

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

## ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ

Υπουργείο 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 σε παράδειγμα εφαρμογής της υποχρέωσης υποβολής έκθεσης τεκμηρίωσης της κλιματικής ανθεκτικότητας, σύμφωνα με το πλαίσιο που αναφέρθηκε, για υποθετικό έργο επεξεργασίας λυμάτων. 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 «Προσωρινού πλαισίου αξιολόγησης» και έχει αναπτυχθεί με την εφαρμογή ποικίλων και αντιπροσωπευτικών παραδειγμάτων έργων επεξεργασίας λυμάτων. 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

<b>Οργάνωση του παρόντος εγγράφου .....</b>	<b>4</b>
<b>1. Εισαγωγή .....</b>	<b>6</b>
1.1. Περιγραφή του Έργου.....	6
1.2. Χωροθέτηση.....	12
1.3. Περιληπτική απόδοση του τρόπου αντιμετώπισης των ζητημάτων κλιματικής αλλαγής.....	14
<b>2. Μετριασμός της κλιματικής αλλαγής .....</b>	<b>17</b>
2.1. Προέλεγχος.....	17
2.2. Λεπτομερής ανάλυση .....	25
2.2.1. Ανθρακικό αποτύπωμα του Έργου .....	26
2.2.2. Σχετικές Εκπομπές του Έργου .....	37
2.2.3. Οικονομική αποτίμηση των εκπομπών.....	38
2.2.4. Συμβατότητα με το στόχο της κλιματικής ουδετερότητας.....	39
<b>3. Προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή .....</b>	<b>42</b>
3.1. Προέλεγχος.....	42
3.2. Λεπτομερής ανάλυση .....	60
3.2.1. Ανάλυση διακινδύνευσης.....	60
3.2.2. Μέτρα για την ενίσχυση της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή .....	67
3.2.3. Πρόγραμμα παρακολούθησης .....	76
3.2.4. Συνέπεια με στρατηγικές και σχέδια προσαρμογής .....	81
<b>7. Βιβλιογραφία.....</b>	<b>83</b>

## Οργάνωση του παρόντος εγγράφου

Στο παρόν έγγραφο αναπτύσσονται παραδείγματα εφαρμογής του πλαισίου αξιολόγησης της κλιματικής ανθεκτικότητας σε Έργα επεξεργασίας λυμάτων.

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 επεξηγηματικά κείμενα παρέχονται ως πληροφοριακό υλικό το οποίο δεν αποτελεί μέρος της έκθεσης που υποβάλλεται από τον δικαιούχο. Τα παραδείγματα πρέπει να εκλαμβάνονται ως ενδεικτικά και μόνο. Οι εκθέσεις κλιματικής ανθεκτικότητας πρέπει να αντανακλούν τις ιδιαιτερότητες του κάθε έργου.

Το παρόν έγγραφο περιλαμβάνει διάφορες περιπτώσεις έργων επεξεργασίας λυμάτων, οι οποίες είναι:

Παράδειγμα	Περιγραφή <sup>1</sup>	Μετριασμός Κλιματικής Αλλαγής	Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή
<b>A</b>	ΕΕΛ 16.000 ι.κ.	✓	✓
<b>B</b>	ΕΕΛ 170.000 ι.κ.	✓	
<b>Γ</b>	ΕΕΛ 230.000 ι.κ.	✓	✓
<b>Δ</b>	Αποχετευτικό δίκτυο	✓	

**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 ΕΕΛ, 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 υποδομής. Σημειώνεται επίσης, ότι σε κάθε περίπτωση οι μελέτες πρέπει να περιλαμβάνουν τουλάχιστο προέλεγχο τόσο για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής όσο και για την προσαρμογή σε αυτή. Στο παρόν έγγραφο τα

<sup>1</sup> ΕΕΛ: Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων  
ι.κ. = ισοδύναμοι κάτοικοι

παραδείγματα δεν αναπτύσσονται πλήρως και κάθε παράδειγμα αφορά ένα συγκεκριμένο τμήμα εφαρμογής του γενικού πλαισίου (μετριασμός ή προσαρμογή).

# 1. Εισαγωγή

## 1.1. Περιγραφή του Έργου

### Επεξηγηματικό Κείμενο 1: Διάγραμμα ροής συστήματος επεξεργασίας λυμάτων

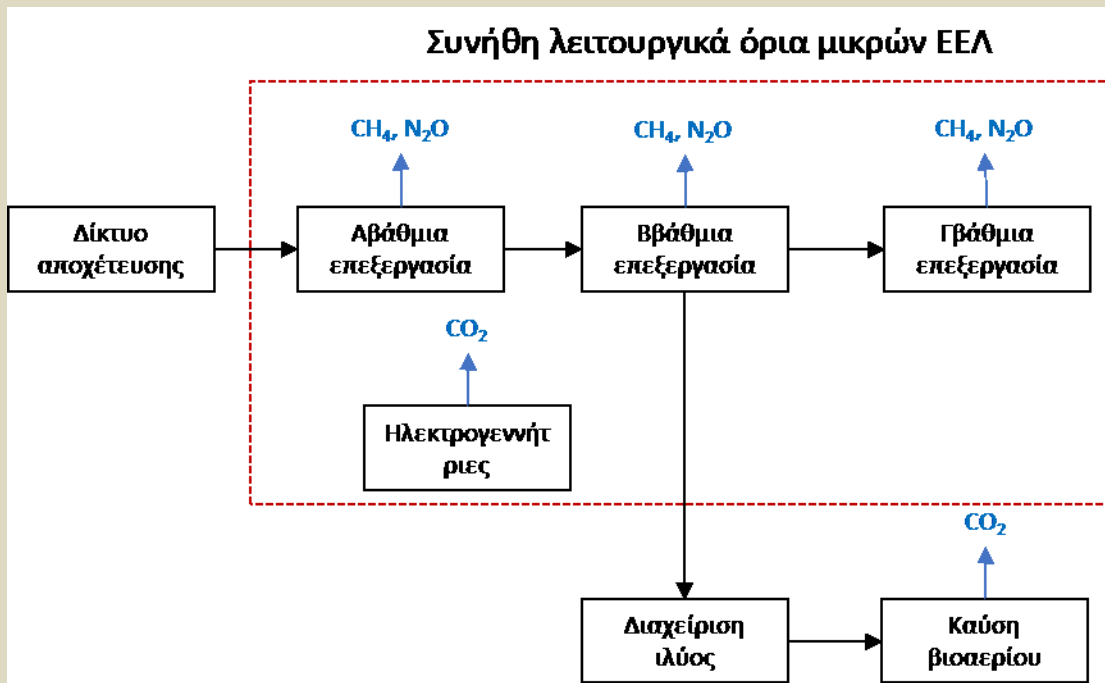
Τα Έργα αυτής της κατηγορίας αφορούν την κατασκευή ή την επέκταση – αναβάθμιση δικτύων αποχέτευσης και εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ) σε οικισμούς Β ή Γ προτεραιότητας. Στην περιγραφή δίνονται συνοπτικά στοιχεία από τεχνικά έγγραφα του φακέλου του Έργου. Περιλαμβάνονται:

- Τίτλος Έργου
- Προϋπολογισμός
- Περιβαλλοντική κατάταξη
- Στοιχεία Σχεδιασμού
- Διάρκεια Ζωής
- Περιγραφή αξιοποιούμενων τεχνολογιών

Σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία<sup>2</sup>, οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων με διάθεση επεξεργασμένων υγρών σε επιφανειακό υδάτινο αποδέκτη ή τη θάλασσα κατατάσσονται στην 4<sup>η</sup> ομάδα έργων και δραστηριοτήτων με α/α 19. Στο σύνολό τους ανήκουν στην κατηγορία Α και διαχωρίζονται στις υποκατηγορίες Α1, Α2 με κριτήριο τον ισοδύναμο πληθυσμό (Π), που μετριέται σε μονάδες ισοδύναμου πληθυσμού (ΜΙΠ). Αν το Έργο εξυπηρετεί  $\Pi \geq 100.000$  κατηγοριοποιείται ως Α1, ενώ αντίθετα ως Α2. Σημειώνεται πως με τις ΕΕΛ συμπαρασύρονται οι κεντρικοί αποχετευτικοί αγωγοί εκτός σχεδίου πόλεων και ορίων οικισμών, ενώ για το εσωτερικό δίκτυο αποχέτευσης δεν απαιτείται περιβαλλοντική αδειοδότηση.

<sup>2</sup> Σύμφωνα με την Αριθμ. ΥΠΕΝ/ΔΙΠΑ/17185/1069 (ΦΕΚ 841 Β/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)»

Τυπικά, ένα σύστημα επεξεργασίας λυμάτων περιλαμβάνει το σύστημα αποχέτευσης που μεταφέρει τα λύματα στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ), την ίδια την ΕΕΛ και τη διαχείριση της παραγόμενης ιλύος. Στην επόμενη εικόνα δίνεται σχηματικά το σύστημα:



Το δίκτυο αποχέτευσης περιλαμβάνει σωληνώσεις και αντλιοστάσια και θεωρείται ότι έχει μόνο έμμεσες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στα αντλιοστάσια. Ενδεχομένως έχει και άμεσες εκπομπές από την καύση ορυκτών καυσίμων για τη λειτουργία ηλεκτρογεννητριών έκτακτης ανάγκης.

Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων περιλαμβάνουν τουλάχιστο Αβάρθμια και Ββάρθμια επεξεργασία (βλέπε Παράδειγμα 1) για την απομάκρυνση του χημικού και βιολογικού φορτίου των λυμάτων. Επιπλέον, μπορεί να περιλαμβάνουν και Γβάρθμια επεξεργασία για την επιπλέον απομάκρυνση αζώτου και φωσφόρου. Οι εκπομπές CO<sub>2</sub> είναι βιογενείς, προέρχονται από την αποσύνθεση της οργανικής ύλης (οργανικό φορτίο λυμάτων), δεν επιδρούν στο ατμοσφαιρικό ισοζύγιο του άνθρακα, δεν προκαλούν αύξηση της συγκέντρωσης του CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα και συνεπώς δε συμβάλλουν στην ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου και στην αλλαγή του κλίματος. Ως εκ τούτου, οι άμεσες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου αφορούν μόνο τα αέρια μεθάνιο (CH<sub>4</sub>) και υποξείδιο του αζώτου (N<sub>2</sub>O) που εκπέμπονται από τις διεργασίες επεξεργασίας των λυμάτων. Οι έμμεσες εκπομπές της ΕΕΛ αφορούν την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από τον μηχανολογικό εξοπλισμό, τα γραφεία και τα εργαστήρια.

Στις μικρές ΕΕΛ, η επεξεργασία της ιλύος περιλαμβάνει μόνο πάχυνση για μείωση του περιεχόμενου νερού και, ενδεχομένως, αφυδάτωση. Τέτοιες φυσικές διεργασίες δεν οδηγούν σε σημαντικές άμεσες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Σε αυτές τις περιπτώσεις μετά τη μείωση του περιεχόμενου νερού, η ιλύς οδηγείται σε άλλες εγκαταστάσεις, εκτός των λειτουργικών (και ενδεχομένως και των οργανωτικών) ορίων των ΕΕΛ. Τέτοιες εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν συνήθως ΧΥΤΥ, μονάδες κομποστοποίησης και μονάδες καύσης. Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι εκπομπές από τη διαχείριση της ιλύος είναι έμμεσες εκπομπές (Πεδίου 3) για τις ίδιες της ΕΕΛ και, συνήθως, χρεώνονται στη μονάδα επεξεργασίας που παρέλαβε την ιλύ και όχι στην ΕΕΛ.

Σε περίπτωση μεγάλων ΕΕΛ, μπορεί να περιλαμβάνονται διεργασίες επεξεργασίας της ιλύος όπως αναερόβια χώνευση και κομποστοποίηση. Η αναερόβια χώνευση έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή βιοαερίου (αέριο μείγμα με υψηλή συγκέντρωση μεθανίου) το οποίο, ανάλογα με την παραγόμενη ποσότητα, είτε απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα ως έχει, είτε καίγεται σε πυρσό προς διοξείδιο του άνθρακα (γιατί το διοξείδιο του άνθρακα έχει πολύ μικρότερο δυναμικό θέρμανσης από το μεθάνιο) είτε, σε περιπτώσεις πολύ μεγάλων ΕΕΛ, χρησιμοποιείται για παραγωγή ενέργειας. Εναλλακτικά θα μπορούσε να αναβαθμιστεί σε βιομεθάνιο με σκοπό την έγχυση του στο δίκτυο φυσικού αερίου ή τη χρήση του ως καύσιμο κίνησης (συνήθως κατόπιν μετατροπής του σε LNG).

#### **Παράδειγμα Α:** Περιγραφή Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων 16.000 ι.κ.

Εξετάζεται η περιγραφή μιας εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων προς κατασκευή σε Δήμο της ηπειρωτικής Ελλάδας που θα εξυπηρετεί τους οικισμούς Α και Β. Ο πληθυσμός των οικισμών ανέρχεται σε 9.500 κατοίκους, ενώ ο ισοδύναμος πληθυσμός σε 16.000 μονάδες ισοδύναμου πληθυσμού (ΜΙΠ). Η εγκατάσταση θα συνδέεται με ήδη υπάρχον δίκτυο αποχέτευσης. Η διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων θα έχει ως αποδέκτη τη θάλασσα. Η σταθεροποιημένη ιλύς θα οδηγείται σε Χώρο Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων (ΧΥΤΥ).

**Τίτλος Έργου:** Κατασκευή Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων σε Δήμο της ηπειρωτικής Ελλάδας

**Προϋπολογισμός:** 4.150.000 €

**Περιβαλλοντική κατάταξη:** Η περιβαλλοντική κατάταξη του υπό μελέτη Έργου, σύμφωνα με την υπ' αριθμόν 37674/2016 (ΦΕΚ 2471 Β') Υπουργική Απόφαση, συνοψίζεται στον ακόλουθο πίνακα:



**Πίνακας:** Περιβαλλοντική κατάταξη Έργου

<b>Ομάδα</b>	4η: Συστήματα Περιβαλλοντικών Υποδομών
<b>Κατηγορία</b>	A
<b>Υποκατηγορία</b>	A2
<b>α/α</b>	19
<b>Είδος Έργου</b>	Εγκατάσταση επεξεργασίας αστικών λυμάτων (πόλεων και οικισμών) με διάθεση επεξεργασμένων υγρών σε επιφανειακό υδάτινο αποδέκτη ή τη θάλασσα
<b>Κριτήρια κατάταξης</b>	Δυναμικότητα (Π) = 16.000 ΜΙΠ (<100.000 ΜΙΠ)

**Στοιχεία Σχεδιασμού:****Πίνακας:** Δεδομένα Σχεδιασμού ΕΕΛ

Παράμετρος	Τιμή
Ισοδύναμος Πληθυσμός	16.000 ΜΙΠ
Ημερήσια παροχή	2.250 m <sup>3</sup> / d
Μέση παροχή	145 m <sup>3</sup> / h
Παροχή Αιχμής	295 m <sup>3</sup> / h
Φορτίο βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου (BOD <sub>5</sub> )	900 kg / d
Φορτίο χημικά απαιτούμενου οξυγόνου (COD)	1.800 kg / d
Φορτίο ολικών αιωρούμενων στερεών (TSS)	1.050 kg / d
Φορτίο ολικού αζώτου (TN)	150 kg / d
Φορτίο ολικού φωσφόρου (TP)	45 kg / d
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς	180 kW
Εκτίμηση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα τυπικό έτος λειτουργίας <sup>3</sup>	450.000 kWh

**Διάρκεια ζωής:** 40 έτη

<sup>3</sup> 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.

**Επεξεργασία:**

Η εγκατάσταση δέχεται υγρά απόβλητα από το αποχετευτικό δίκτυο και βοθρολύματα από βυτιοφόρα οχήματα. Στα υποδεχόμενα λύματα γίνεται προεπεξεργασία με φυσικές διεργασίες για την εσχάρωση, την εξάμωση και τη λιποσυλλογή (πρωτοβάθμια επεξεργασία).

Στη συνέχεια, ακολουθεί η βιολογική επεξεργασία με τη μέθοδο της ενεργοποιημένης ιλύος. Τα λύματα διαχωρίζονται σε δύο όμοιες γραμμές όπου συντελούνται οι διεργασίες της βιοεπιλογής και της βιολογικής απομάκρυνσης φωσφόρου (P) και της νιτροποίησης – απονιτροποίησης. Για την απομάκρυνση φωσφόρου χρησιμοποιούνται δεξαμενές με αναδευτήρες. Η υπερχειλίση των δεξαμενών αυτών οδηγείται στις δεξαμενές νιτροποίησης – απονιτροποίησης. Στο σημείο αυτό, κάθε γραμμή χωρίζεται σε τέσσερα τμήματα που επικοινωνούν. Στο πρώτο τμήμα επικρατούν ανοξικές συνθήκες και εδώ λαμβάνει χώρα η απονιτροποίηση, ενώ στα υπόλοιπα τμήματα παρέχεται αερισμός, οπότε επικρατούν αερόβιες συνθήκες, και πραγματοποιείται η νιτροποίηση. Η έξοδος των τμημάτων νιτροποίησης χωρίζεται σε δύο ρεύματα. Το ένα επανακυκλοφορεί στο τμήμα της απονιτροποίησης και το άλλο σε δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης.

Στις δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης η ιλύς διαχωρίζεται βαρυτικά από τα επεξεργασμένα λύματα τα οποία υπερχειλίζουν προς δεξαμενή χλωρίωσης μαιανδρικής μορφής για την απολύμανσή τους. Η ιλύς αντλείται από τον πυθμένα και διαχωρίζεται σε δύο ρεύματα. Το ένα ρεύμα επανακυκλοφορεί στην αρχή της βιολογικής επεξεργασίας, ενώ το δεύτερο οδηγείται προς τις διατάξεις διαχείρισης ιλύος.

Η παραγόμενη ιλύς ομογενοποιείται με παροχέτευση αέρα και καταλήγει σε διάταξη μηχανικής αφυδάτωσης με σύστημα δύο ταινιοφιλτρώπρεσων. Η σταθεροποιημένη ιλύς αποθηκεύεται προσωρινά και μεταφέρεται τελικά σε ΧΥΤΥ.

Τις ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια σε περίπτωση διακοπής παροχής ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο καλύπτουν δύο ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη (H/Z), με καύσιμο πετρέλαιο 150 kVA και 88 kVA. Τα H/Z αναμένεται να μην λειτουργούν κατά τη διάρκεια ενός τυπικού έτους λειτουργίας.

**Παράδειγμα Γ: Περιγραφή Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων 230.000 ι.κ.**

Εξετάζεται η περιγραφή μιας εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων προς κατασκευή σε Δήμο της ηπειρωτικής Ελλάδας που θα εξυπηρετεί την πόλη και τους διπλανούς οικισμούς. Ο πληθυσμός των οικισμών ανέρχεται σε 150.000 κατοίκους, ενώ ο ισοδύναμος πληθυσμός σε 230.000 μονάδες ισοδύναμου πληθυσμού (ΜΙΠ). Μέρος του Έργου είναι το δίκτυο αποχέτευσης των επιμέρους οικισμών, ο κεντρικός αγωγός αποχέτευσης που οδηγεί τα λύματα στην εγκατάσταση επεξεργασίας, ο αγωγός διάθεσης που εκβάλλει σε παρακείμενο ποταμό, καθώς και τα αντλιοστάσια που εξυπηρετούν το Έργο. Το αποχετευτικό δίκτυο

καλύπτει τις ανάγκες του 85% του εξυπηρετούμενου πληθυσμού. Το υπολειπόμενο ποσοστό λυμάτων φτάνει στην εγκατάσταση με βυτιοφόρα οχήματα ιδιωτών. Η σταθεροποιημένη ιλύς θα οδηγείται σε Χώρο Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων (ΧΥΤΥ).

**Τίτλος Έργου:** Κατασκευή Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων σε Δήμο της ηπειρωτικής Ελλάδας

**Προϋπολογισμός:** 86.700.000 €

**Περιβαλλοντική κατάταξη:** Η περιβαλλοντική κατάταξη του υπό μελέτη Έργου, σύμφωνα με την υπ' αριθμόν 37674/2016 (ΦΕΚ 2471 Β') Υπουργική Απόφαση, συνοψίζεται στον ακόλουθο πίνακα:

**Πίνακας:** Περιβαλλοντική κατάταξη Έργου

<b>Ομάδα</b>	4η: Συστήματα Περιβαλλοντικών Υποδομών
<b>Κατηγορία</b>	A
<b>Υποκατηγορία</b>	A1
<b>α/α</b>	19
<b>Είδος Έργου</b>	Εγκατάσταση επεξεργασίας αστικών λυμάτων (πόλεων και οικισμών) με διάθεση επεξεργασμένων υγρών σε επιφανειακό υδάτινο αποδέκτη ή τη θάλασσα
<b>Κριτήρια κατάταξης</b>	Δυναμικότητα (Π) = 230.000 ΜΙΠ (>100.000 ΜΙΠ)

**Στοιχεία Σχεδιασμού:**

**Πίνακας:** Δεδομένα Σχεδιασμού ΕΕΛ

Παράμετρος	Τιμή
Ισοδύναμος Πληθυσμός	230.000 ΜΙΠ
Μέση παροχή	48.100 m <sup>3</sup> / d
Φορτίο βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου (BOD <sub>5</sub> )	13.900 kg / d
Φορτίο ολικών αιωρούμενων στερεών (TSS)	14.350 kg / d
Φορτίο ολικού αζώτου (TN)	2.340 kg / d
Φορτίο ολικού φωσφόρου (TP)	558 kg / d
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς	750 kW

Εκτίμηση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα τυπικό έτος λειτουργίας <sup>4</sup>	6.500 MWh
<p><b>Διάρκεια ζωής:</b> 40 έτη</p> <p><b>Επεξεργασία:</b></p> <p>Η εγκατάσταση δέχεται υγρά απόβλητα από το αποχετευτικό δίκτυο και βοθρολύματα από βυτιοφόρα οχήματα.</p> <p>Τα εισερχόμενα λύματα υφίστανται προεπεξεργασία (εσχάρωση, εξάμμωση, απολίπανση) και χημικά υποβοηθούμενη πρωτοβάθμια καθίζηση με χημική απομάκρυνση φωσφόρου. Στη συνέχεια επεξεργάζονται δευτερογενώς με μέθοδο ενεργού ιλύος σε δεξαμενές που διαθέτουν κατά σειρά αναερόβιες, ανοξικές και αερόβιες ζώνες όπου επιτυγχάνεται η απομάκρυνση οργανικού άνθρακα, αζώτου και φωσφόρου. Τα λύματα επεξεργάζονται τριτογενώς πριν τη διάθεσή τους στη θάλασσα με διήθηση και υπεριώδη ακτινοβολία.</p> <p>Η παραγόμενη ιλύς, αφού υποστεί πάχυνση, αφυδατώνεται μέσω συστήματος ταινιοφιλτροπρεσών. Η σταθεροποιημένη ιλύς μεταφέρεται σε ΧΥΤΥ με φορτηγά ιδιοκτησίας του Δήμου.</p> <p>Τις ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια σε περίπτωση διακοπής παροχής ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο καλύπτει ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος (H/Z) με καύσιμο πετρέλαιο 600 kVA. Το H/Z αναμένεται να μην λειτουργεί κατά τη διάρκεια ενός τυπικού έτους λειτουργίας.</p>	

## 1.2. Χωροθέτηση

Ορίζεται με σαφήνεια η χωροθέτηση του Έργου καθώς αυτή επηρεάζει την εκτίμηση της κλιματικής του τρωτότητας και ιδίως της έκθεσης (exposure) του στην κλιματική αλλαγή.

### **Παράδειγμα Α:** Χωροθέτηση ΕΕΛ 16.000 ι.κ. και αγωγών όδευσης και διάθεσης λυμάτων

Ακολουθεί η περιγραφή της χωροθέτησης του Έργου του Παραδείγματος Α. Το γήπεδο της εγκατάστασης είναι περίπου 30.000 m<sup>2</sup> και βρίσκεται εκτός των ορίων του εγκεκριμένου σχεδίου της έδρας του Δήμου. Η περιοχή χαρακτηρίζεται ορεινή καθώς βρίσκεται σε υψόμετρο 700 μ. και η κλίση του εδάφους είναι 5%. Η εγκατάσταση χωροθετείται στις παρυφές δάσους της περιοχής. Επισημαίνεται ότι κάθε ΕΕΛ παρουσιάζει τρωτότητα στην κλιματική αλλαγή λόγω της ευαισθησίας της κατασκευής και λειτουργίας της σε

<sup>4</sup> 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.

συγκεκριμένες κλιματικές παραμέτρους και επιπλέον, η τρωτότητα της επηρεάζεται από την έκθεσή της στις πηγές κλιματικού κινδύνου της περιοχής εγκατάστασης της.

Στην εγκατάσταση οδηγούνται αστικά λύματα μέσω του κεντρικού αγωγού λυμάτων μήκους 3.000 m (900 m εκτός ορίων οικισμού) που εξυπηρετείται από τρία αντλιοστάσια εντός των ορίων του οικισμού. Τα επεξεργασμένα λύματα καταλήγουν στον παρακείμενο ποταμό μέσω του αγωγού διάθεσης μήκους 650 m.

Παρατίθενται οι χάρτες που χρησιμοποιούνται στη Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων, όπου αποτυπώνονται το γήπεδο της εγκατάστασης που οριοθετείται με πολύγωνο, οι αγωγοί όδευσης και απόθεσης λυμάτων με γραμμές και τα αντλιοστάσια με σημεία.

Σε συνοδευτικούς πίνακες δίνονται οι συντεταγμένες:

- των κορυφών του γηπέδου,
- της αρχής, του μέσου και του τέλους των αγωγών λυμάτων και
- των αντλιοστασίων.

#### **Παράδειγμα Γ: Χωροθέτηση ΕΕΛ 230.000 ι.κ. και αγωγών όδευσης και διάθεσης λυμάτων**

Ακολουθεί η περιγραφή της χωροθέτησης του Έργου του Παραδείγματος Γ. Το γήπεδο της εγκατάστασης είναι περίπου 61.300 m<sup>2</sup> και βρίσκεται εκτός των ορίων του εγκεκριμένου σχεδίου της έδρας του Δήμου. Το έδαφος της περιοχής δεν παρουσιάζει σημαντική κλίση και η θέση εγκατάστασης δεν βρίσκεται κοντά σε δασική έκταση.

Στην εγκατάσταση οδηγούνται αστικά λύματα μέσω τριών κεντρικών αγωγών λυμάτων συνολικού μήκους 8.300 m. Τα επεξεργασμένα λύματα καταλήγουν στον παρακείμενο ποταμό μέσω του αγωγού διάθεσης μήκους 700 m.

Παρατίθενται οι χάρτες που χρησιμοποιούνται στη Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων, όπου αποτυπώνονται το γήπεδο της εγκατάστασης που οριοθετείται με πολύγωνο, οι αγωγοί όδευσης και απόθεσης λυμάτων με γραμμές και τα αντλιοστάσια με σημεία.

Σε συνοδευτικούς πίνακες δίνονται οι συντεταγμένες:

- των κορυφών του γηπέδου,
- της αρχής, του μέσου και του τέλους των αγωγών λυμάτων και
- των αντλιοστασίων.

### 1.3. Περιληπτική απόδοση του τρόπου αντιμετώπισης των ζητημάτων κλιματικής αλλαγής

Αυτή η παράγραφος έχει σκοπό να λειτουργήσει ως περίληψη όσων αναλυτικά αναφέρονται στα κεφάλαια 2 (μετριάσμος) 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 κλιματικής ανθεκτικότητας

##### Μετριάσμος της κλιματικής αλλαγής

Το προτεινόμενο Έργο αφορά εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων οικισμού Β' προτεραιότητας και **ΔΕΝ** περιλαμβάνεται στην ομάδα του πίνακα προελέγχου για την οποία απαιτείται λεπτομερής ανάλυση του ανθρακικού αποτυπώματος, αφού εξυπηρετεί ισοδύναμο πληθυσμό 16.000 κατοίκων. Στον Πίνακα 1 του Προσωρινού Πλαισίου (σελ.11) αναφέρεται ότι κατά κανόνα δεν θα απαιτείται πλήρης εκτίμηση του αποτυπώματος άνθρακα για «μονάδες μηχανικής και βιολογικής επεξεργασίας αποβλήτων» ενώ κατά κανόνα απαιτείται εκτίμηση του ανθρακικού αποτυπώματος για «μεγάλες μονάδες επεξεργασίας λυμάτων». Επιπλέον, στον Πίνακα 3 (σελ.15) δίνονται ενδεικτικά όρια ισοδυνάμων πληθυσμών ανά τεχνολογία επεξεργασίας λυμάτων, κάτω από τα οποία εκτιμάται ότι δεν απαιτείται αναλυτική εκτίμηση των εκπομπών.

Παρόλο που δεν απαιτείται η ανάλυση αυτή, για λόγους άσκησης εφαρμογής, υπολογίστηκε το ανθρακικό αποτύπωμα της μονάδας σε **734,82 tn CO<sub>2</sub> eq/έτος**. Οι υπολογισμοί παρατίθενται στην επόμενη ενότητα.

##### 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
- Δασική πυρκαγιά
- Κυκλώνας, θύελλα, τυφώνας
- Θύελλα (όπου συμπεριλαμβάνονται χιονοθύελλες, θύελλες σκόνης και αμμοθύελλες)

- Ανεμοστρόβιλος
- Ισχυρός υετός (βροχή, χαλάζι, χιόνι/ πάγος)
- Πλημμύρα
- Μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα ή του νερού
- Μεταβλητότητα του υετού ή υδρολογική μεταβλητότητα

Από την ανάλυση διακινδύνευσης που διενεργείται, αναδεικνύεται η δασική πυρκαγιά ως σημαντικός εγγενής κίνδυνος και ως μέτριοι θεωρούνται οι κίνδυνοι που σχετίζονται με ισχυρά φαινόμενα ανέμου και υετού καθώς και η πλημμύρα. Για το λόγο αυτό, εξετάζονται και κατόπιν ενσωματώνονται/εφαρμόζονται πρόσθετα μέτρα προσαρμογής, ώστε ο κάθε εγγενής κίνδυνος να μειωθεί σε αποδεκτό επίπεδο υπολειπόμενου κινδύνου. Επίσης, εκπονείται πρόγραμμα παρακολούθησης της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή και η συνέπεια του Έργου με στρατηγικές και σχέδια προσαρμογής.

#### **Παράδειγμα Γ: Περίληψη έκθεσης ενίσχυσης κλιματικής ανθεκτικότητας**

##### **Μετριασμός της κλιματικής αλλαγής**

Το προτεινόμενο Έργο αφορά εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων οικισμού Β' προτεραιότητας. Το Έργο περιλαμβάνεται στην ομάδα του πίνακα προελέγχου για την οποία απαιτείται λεπτομερής ανάλυση του ανθρακικού αποτυπώματος, αφού εξυπηρετεί ισοδύναμο πληθυσμό 230.000 κατοίκων. Εφαρμόζοντας το διεθνές πρότυπο ISO 14064 για το ανθρακικό αποτύπωμα του Έργου, υπολογίζονται εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ίσες με **22.143 tn CO<sub>2</sub> eq**. Οι εκπομπές προέκυψαν από την συμπερίληψη των:

- Άμεσων εκπομπών μεθανίου και υποξειδίου του αζώτου από τις βιολογικές διεργασίες επεξεργασίας των λυμάτων.
- Έμμεσων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από την ανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.
- Έμμεσων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που λαμβάνεται από το δίκτυο και καταναλώνεται στην εγκατάσταση.
- Έμμεσων εκπομπών από τη διαχείριση της λύσης και τις μετακινήσεις βυτιοφόρων που μεταφέρουν λύματα στην ΕΕΛ.

Οι εκπομπές CO<sub>2</sub> των ΕΕΛ δεν λαμβάνονται υπόψιν καθώς είναι βιογενείς, δηλαδή προέρχονται από την αποσύνθεση του οργανικού φορτίου των λυμάτων και συνεπώς δεν επηρεάζουν το ισοζύγιο και τη συγκέντρωση CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα (περισσότερες πληροφορίες δίνονται Επεξηγηματικό Κείμενο 2 κατωτέρω).

Η διενέργεια οικονομικής αποτίμησης, όπου στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου αποδίδεται οικονομικό αντίτιμο μέσω του σκιώδους κόστους άνθρακα, έδειξε ότι το έτος 2025 το κόστος άνθρακα θα είναι **3.653.670 €** και το έτος 2050 το κόστος άνθρακα θα είναι **17.714.764 €**.

#### 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
- Δασική πυρκαγιά
- Κυκλώνας, θύελλα, τυφώνας
- Θύελλα (όπου συμπεριλαμβάνονται χιονοθύελλες, θύελλες σκόνης και αμμοθύελλες)
- Ανεμοστρόβιλος
- Ισχυρός υετός (βροχή, χαλάζι, χιόνι/ πάγος)
- Πλημμύρα
- Μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα ή του νερού
- Μεταβλητότητα του υετού ή υδρολογική μεταβλητότητα

Από την ανάλυση διακινδύνευσης που διενεργείται, αναδεικνύεται η πλημμύριση του παρακείμενου ποταμού ως σημαντικός εγγενής κίνδυνος και ως μέτριοι κίνδυνοι που σχετίζονται με ισχυρά φαινόμενα ανέμου και υετού. Για το λόγο αυτό, εξετάζονται και κατόπιν ενσωματώνονται/εφαρμόζονται πρόσθετα μέτρα προσαρμογής, ώστε ο κάθε εγγενής κίνδυνος να μειωθεί σε αποδεκτό επίπεδο υπολειπόμενου κινδύνου. Επίσης, δίνεται πρόγραμμα παρακολούθησης της προσαρμογής στην κλιματικής αλλαγή και η συνέπεια του Έργου με στρατηγικές και σχέδια προσαρμογής.



## 2. Μετριάσμός της κλιματικής αλλαγής

### 2.1. Προέλεγχος

Ο κατάλογος προελέγχου της Τεχνικής Οδηγίας<sup>5</sup> κατηγοριοποιεί τις ΕΕΛ μικρής κλίμακας ως Έργα για τα οποία δεν απαιτείται υπολογισμός του αποτυπώματος άνθρακα. Ακόμα, τα δίκτυα αποχέτευσης δεν αντιμετωπίζονται ως πηγές εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (ΑΘ).

Ανάλογα με τις χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες, εγκαταστάσεις επεξεργασίας μπορούν να ξεπεράσουν το όριο εκπομπών των 20.000 tn CO<sub>2</sub> eq ετησίως, όταν ο ισοδύναμος πληθυσμός (ΙΠ) ξεπεράσει μια κρίσιμη τιμή. Πραγματοποιείται προκαταρκτική εκτίμηση του επιπέδου των εκπομπών και από την εκτίμηση αυτή κρίνεται τελικώς αν απαιτείται ο προσδιορισμός του ανθρακικού αποτυπώματος του Έργου. Στον πίνακα 3 του «προσωρινού πλαισίου αξιολόγησης της κλιματικής ανθεκτικότητας έργων που υποβάλλονται προς χρηματοδότηση από το ΕΣΠΑ 2021-2027» δίνονται ενδεικτικοί ισοδύναμοι πληθυσμοί ανά είδος τεχνολογίας επεξεργασίας λυμάτων και απόρριψης της ιλύος για τους οποίους οι εκπομπές ενδέχεται να ξεπερνούν του 20.000 tnCO<sub>2</sub> eq/έτος.

#### Επεξηγηματικό Κείμενο 2: Μεθοδολογία για την προκαταρκτική εκτίμηση εκπομπών

Στα αέρια του θερμοκηπίου που εκλύονται από την επεξεργασία λυμάτων περιλαμβάνονται το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), το μεθάνιο (CH<sub>4</sub>) και το υποξείδιο του αζώτου (N<sub>2</sub>O). Κατά γενικό κανόνα, N<sub>2</sub>O εκλύεται σε αερόβιες διεργασίες, ενώ CO<sub>2</sub> και CH<sub>4</sub> εκλύονται σε κάθε διεργασία σε κυμαινόμενα επίπεδα (περισσότερες εκπομπές CO<sub>2</sub> και CH<sub>4</sub> σε αναερόβιες ή ανοξικές συνθήκες). Οι εκπομπές αυτές είναι βιογενείς, προέρχονται δηλαδή από βιομάζα (από την αποσύνθεση του οργανικού φορτίου των λυμάτων). Το βιογενές CO<sub>2</sub> που παράγεται είναι μέρος του «σύντομου» κύκλου άνθρακα του πλανήτη – το CO<sub>2</sub> δεσμεύεται στα κύτταρα των οργανισμών από την ατμόσφαιρα μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης και στη συνέχεια αποδίδεται πίσω στην ατμόσφαιρα μέσω της διαδικασίας της αναπνοής και της αποσύνθεσης της οργανικής ύλης (συμπεριλαμβανομένης της καύσης) – και συνεπώς δεν επηρεάζει το ισοζύγιο και τη συγκέντρωση CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα, δεν προκαλεί ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου και δεν συμβάλλει στην αλλαγή του κλίματος. Αντιθέτως, οι εκπομπές CO<sub>2</sub> από ορυκτά καύσιμα όπου ο άνθρακας ήταν δεσμευμένος σε γεωλογικούς σχηματισμούς για χιλιετίες – «μακρύς» κύκλος άνθρακα – αυξάνουν τη συγκέντρωση CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα, διαταράσσουν το ατμοσφαιρικό ισοζύγιο

<sup>5</sup> Τεχνικές κατευθυντήριες οδηγίες σχετικά με την ενίσχυση της ανθεκτικότητας των υποδομών στην κλιματική αλλαγή κατά την περίοδο 2021-2027 (2021/C 373/01)

του άνθρακα, προκαλούν την ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου και την αλλαγή του κλίματος. Για το λόγο αυτό, οι δημοσιευμένες μεθοδολογίες και τα διεθνή πρότυπα δεν λαμβάνουν υπόψη το βιογενές CO<sub>2</sub> κατά την εκτίμηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ή προτείνουν τον προσδιορισμό αυτού για λόγους αναφοράς ξεχωριστά από της υπόλοιπες εκπομπές.

Επομένως, η προκαταρκτική εκτίμηση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από την επεξεργασία λυμάτων περιλαμβάνει μόνο τις εκπομπές μεθανίου και υποξειδίου του αζώτου. Ο προσδιορισμός βασίζεται στον ισοδύναμο πληθυσμό ή το οργανικό φορτίο για το οποίο σχεδιάζεται η εγκατάσταση και σε κατάλληλους συντελεστές που εφαρμόζει η Ελλάδα στον ετήσιο εθνικό κατάλογο απογραφής εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (National Inventory Report, NIR) ακολουθώντας τη μεθοδολογία της IPCC<sup>6</sup>.

Συγκεκριμένα:

#### Άμεσες εκπομπές – μεθάνιο:

$$Εκπομπές CH_4 = TOW \times EF - MR$$

Όπου

- TOW (Total Organic Waste): Το συνολικό οργανικό φορτίο των λυμάτων σε τη BOD/έτος που είτε προκύπτει από οργανικό φορτίο για το οποίο έχει σχεδιαστεί η εγκατάσταση (συνηθέστερα σε kg BOD/ημέρα), είτε από τον ισοδύναμο πληθυσμό σχεδιασμού (ΙΠ) πολλαπλασιάζοντας επί το κατά κεφαλήν διασπώμενο οργανικό περιεχόμενο (D<sub>dom</sub>). Λαμβάνεται D<sub>dom</sub> = 0,057kg BOD/ κάτοικο/ ημέρα<sup>7</sup>.

Οπότε,

$$TOW = ΙΠ \times D_{dom}$$

- EF (Emission Factor): Συντελεστής εκπομπών που λαμβάνει υπόψη το δυναμικό παραγωγής μεθανίου από τα λύματα, B<sub>0</sub> = 0,6 kg CH<sub>4</sub>/ kg BOD<sup>8</sup> και κατάλληλο συντελεστή μετατροπής μεθανίου (methane conversion factor, MCF) ανάλογα με τον τρόπο επεξεργασίας των λυμάτων. Τυπική τιμή είναι 0,03<sup>9</sup> για ως επί το πλείστο αερόβιες διεργασίες. Δηλαδή:

$$EF_{CH_4} = B_0 \times MCF = 0,018 \text{ kg CH}_4 / \text{kg BOD}$$

<sup>6</sup> 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol. 5 Waste, Ch. 6 Wastewater Treatment and Discharge.

<sup>7</sup> NIR Greece 2022, 7.5.2, CH<sub>4</sub> emissions from domestic and commercial wastewater handling, p.448

<sup>8</sup> NIR Greece 2022, 7.5.2, CH<sub>4</sub> emissions from domestic and commercial wastewater handling, p.448

<sup>9</sup> 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Table 6.3, p. 6.20

- MR (methane recovered): το μεθάνιο που ανακτάται κατά την επεξεργασία των λυμάτων. Θεωρείται μηδενική ανάκτηση μεθανίου. Δεν θα πρέπει να συγχέεται με την παραγωγή βιοαερίου κατά την αναερόβιο χώνευση της υλούς. Κατά συνέπεια η αρχική εξίσωση απλουστεύεται στην ακόλουθη:

$$Εκπομπές CH_4 = TOW \times EF_{CH_4}$$

#### Άμεσες εκπομπές – υποξείδιο αζώτου:

Οι εκπομπές N<sub>2</sub>O οφείλονται στο άζωτο που περιέχεται στις πρωτεΐνες των τροφίμων και καταλήγει στα λύματα. Για τον υπολογισμό τους χρησιμοποιείται ο ισοδύναμος πληθυσμός σχεδιασμού, παράγοντες μετατροπής της πρωτεΐνης των τροφών σε άζωτο στην αποχέτευση, και ο συντελεστής εκπομπών N<sub>2</sub>O από την επεξεργασία.

$$Εκπομπές N_2O = TN \times EF_{N_2O}$$

Όπου,

- TN (total nitrogen): Το ολικό άζωτο που περιέχεται στα λύματα, σε tn N / έτος. Υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$TN = IP \times Πρωτεΐνη \times F_{NPR} \times F_{NON-CON} \times F_{IND-COM}$$

- ο IP: Ισοδύναμος πληθυσμός (κάτοικοι)
- ο Πρωτεΐνη: η ετήσια κατανάλωση πρωτεΐνης. Λαμβάνεται η τιμή 39,71<sup>10</sup> kg/ κάτοικο/ έτος
- ο F<sub>NPR</sub>: κλάσμα αζώτου στην πρωτεΐνη. Λαμβάνεται η τιμή 0,16<sup>11</sup> kg N/ kg πρωτεΐνης κατά τη μεθοδολογία της IPCC.
- ο F<sub>NON-CON</sub>: συντελεστής για την πρωτεΐνη που δεν έχει καταναλωθεί αλλά καταλήγει στην αποχέτευση με τιμή 1,4<sup>11</sup>.
- ο F<sub>IND-COM</sub>: συντελεστής για το συνυπολογισμό πρωτεΐνης βιομηχανικής ή εμπορικής προέλευσης που καταλήγει στο αστικό αποχετευτικό δίκτυο. Λαμβάνει την τιμή 1,25<sup>11</sup>.
- EF<sub>N<sub>2</sub>O</sub>: συντελεστής εκπομπών N<sub>2</sub>O. Εκφράζεται συνηθέστερα σε kg N<sub>2</sub>O-N/kg N (kg περιεχόμενου αζώτου στο υποξείδιο του αζώτου/ kg ολικού αζώτου) και για τη μετατροπή σε kg N<sub>2</sub>O/ kg N χρησιμοποιείται ο στοιχειομετρικός συντελεστής μετατροπής 44/28 αζώτου σε υποξείδιο του αζώτου, βάση των μοριακών βαρών των

<sup>10</sup> NIR Greece 2022, 7.5.2 N<sub>2</sub>O emissions from domestic wastewater handling, table 7.24, p. 451

<sup>11</sup> 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol. 5 Waste, Ch. 6 Wastewater Treatment and Discharge. Table 6.11, p. 6.27

ενώσεων. Τυπική τιμή για το συντελεστή εκπομπών είναι  $0,005 \text{ kg N}_2\text{O-N/kg N}^{11}$ .

### Έμμεσες εκπομπές – ηλεκτρική ενέργεια

Η βασική εξίσωση υπολογισμού των εκπομπών είναι:

$$(\text{Εκπομπές}) = (\text{προμήθεια ενέργειας}) \times (\text{συντελεστής εκπομπών})$$

Όσον αφορά την ηλεκτρική ενέργεια, για 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  $\text{CO}_2$  ( $\text{grCO}_2/\text{kWh}$ ) λαμβάνεται από την ετήσια έκθεση<sup>12</sup> του Διαχειριστή ΑΠΕ και Εγγυήσεων Προέλευσης (ΔΑΠΕΕΠ) για το ενεργειακό μείγμα του προηγούμενου έτους.

Σε περίπτωση που δεν είναι διαθέσιμη εκτίμηση για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα τυπικό έτος λειτουργίας, εξάγεται προσεγγιστικό αποτέλεσμα βάσει του ισοδύναμου πληθυσμού, χρησιμοποιώντας την μεθοδολογία του Κανονισμού 2021/2139<sup>13</sup> της ΕΕ. Εκεί, δίνεται εκτίμηση για την μέγιστη κατανάλωση ενέργειας ανά κάτοικο ανά έτος για ΕΕΛ.

**Πίνακας:** Κατανάλωση ενέργειας ανά κάτοικο

Ισοδύναμος πληθυσμός (ΙΠ)	Κατανάλωση ενέργειας ανά κάτοικο σε ένα έτος ( $\text{kWh}/\text{κάτοικο}/\text{έτος}$ )
$\text{ΙΠ} \leq 10.000$	35
$10.000 < \text{ΙΠ} \leq 100.000$	25
$\text{ΙΠ} > 100.000$	20

<sup>12</sup> Γράφημα 2, παράρτημα 1, υπολειπόμενο ενεργειακό μείγμα, ΔΑΠΕΕΠ

<sup>13</sup> Κατ' εξουσιοδότηση Κανονισμός (ΕΕ) 2021/2139 της Επιτροπής της 4<sup>ης</sup> Ιουνίου 2021 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, Παράρτημα Ι, κεφάλαιο 5.3, σελ. 92

Οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου εκφράζονται σε ισοδύναμους τόνους διοξειδίου του άνθρακα (tn CO<sub>2</sub> eq) για να καταστούν συγκρίσιμες μεταξύ τους. Για την μετατροπή από τόνους συγκεκριμένου ΑΘ σε ισοδύναμους τόνους CO<sub>2</sub> χρησιμοποιείται το δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη (Global Warming Potential, GWP) όπως δίνεται στην πέμπτη αναφορά αξιολόγησης της IPCC<sup>14</sup>.

Οι τιμές του δυναμικού υπερθέρμανσης για το CH<sub>4</sub> και το N<sub>2</sub>O είναι:

- CO<sub>2</sub>: 1 tnCO<sub>2</sub>eq/tnCO<sub>2</sub>
- CH<sub>4</sub>: 28 tnCO<sub>2</sub>eq/tnCH<sub>4</sub>
- N<sub>2</sub>O: 265 tnCO<sub>2</sub>eq/tnN<sub>2</sub>O

Στη συνέχεια ακολουθούν τρία παραδείγματα εφαρμογής της μεθοδολογίας που αναπτύχθηκε παραπάνω. Το πρώτο παράδειγμα αφορά ΕΕΛ που εξυπηρετεί ισοδύναμο πληθυσμό 16.000 και πρόκειται ουσιαστικά για μια σχετικά μικρή εγκατάσταση. Το δεύτερο παράδειγμα αφορά ΕΕΛ που εξυπηρετεί ισοδύναμο πληθυσμό 170.000 και αφορά ουσιαστικά μια ΕΕΛ μεσαίου μεγέθους. Το τρίτο παράδειγμα αφορά ένα αποχετευτικό δίκτυο.

**Τα παραδείγματα αυτά αφορούν σε έργα υποδομής, το μέγεθος των οποίων δεν εμπίπτει στην διαδικασία λεπτομερούς ανάλυσης, σύμφωνα με τον αντίστοιχο πίνακα του προσωρινού πλαισίου, αλλά παρατίθενται σαν ασκήσεις υπολογισμού των εκπομπών.**

**Παράδειγμα Α: Προέλεγχος για τον μετρίασμό – Έργο που εξυπηρετεί Ισοδύναμο Πληθυσμό 16.000 κατοίκων**

Γενικά, μια εγκατάσταση αυτού του μεγέθους αναμένεται να έχει εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου πολύ μικρότερες από το όριο των 20.000 tnCO<sub>2</sub>eq ανά τυπικό έτος λειτουργίας. Οι υπολογισμοί παρατίθενται σαν άσκηση εφαρμογής.

**Για τις άμεσες εκπομπές:**

<sup>14</sup> 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

$TOW = 16.000 \text{ κάτοικοι} \times 0,057 \text{ kg BOD/ κάτοικο/ ημέρα} \times 365 \text{ ημέρες} \div 1000 \text{ kg BOD/ tn BOD}$   
 $= 332,88 \text{ tn BOD/ έτος}$

**Εκπομπές  $CH_4$**  =  $TOW \times EF_{CH_4} = 332,18 \text{ tn BOD/ έτος} \times 0,018 \text{ kg } CH_4 / \text{ kg BOD} = 5,99 \text{ tn } CH_4 /$   
 έτος ή **167,77 tn  $CO_2$  eq/ έτος**

$TN = IP \times \text{πρωτεΐνη} \times F_{NPR} \times F_{NON-CON} \times F_{IND-COM} = 16.000 \text{ κάτοικοι} \times 39,71 \text{ kg πρωτεΐνης/έτος} \times$   
 $0,16 \text{ kg N / kg N / kg πρωτεΐνης} \times 1,4 \times 1,25 = 177,9 \text{ tn N/ έτος}$

**Εκπομπές  $N_2O$**  =  $TN \times EF_{N_2O} = 177,9 \text{ tn N/ έτος} \times 0,005 \text{ kg } N_2O-N / \text{ kg N} \times 44/28 \text{ kg } N_2O / \text{ kg } N_2O-N$   
 $= 1,40 \text{ tn } N_2O$  ή **370,4 tn  $CO_2$  eq/ έτος**

**Για τις έμμεσες εκπομπές:**

**Εκπομπές  $CO_2$**  =  $\text{κατανάλωση ενέργειας} \times \text{συντελεστής εκπομπών} = 450.000 \text{ kWh} \times 0,437 \text{ kg/}$   
 $\text{kWh} = 196,65 \text{ tn } CO_2$  ή **196,65 tn  $CO_2$  eq**

**Συνολικές εκπομπές:**

Εκπομπές ΑΘ = (Άμεσες εκπομπές) + (Έμμεσες εκπομπές) =  
 $= (167,77 + 370,40) + 196,65 = \mathbf{734,82 \text{ tn } CO_2 \text{ eq/έτος}}$

Καθώς από την προκαταρκτική εκτίμηση, οι εκπομπές απέχουν σημαντικά από το όριο των 20.000 tn  $CO_2$  eq, για το Έργο, η αξιολόγηση του μετριασμού ολοκληρώνεται στο στάδιο του προελέγχου. Δεν απαιτείται ο προσδιορισμός του αποτυπώματος άνθρακα, ούτε περαιτέρω λεπτομερής ανάλυση της συνεισφοράς στον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής, επειδή οι εκπομπές ΑΘ κρίνονται χαμηλές.

**Παράδειγμα Β: Προέλεγχος για τον μετριασμό – Έργο που εξυπηρετεί Ισοδύναμο Πληθυσμό 170.000 κατοίκων**

Μελετάται η κατασκευή ΕΕΛ που εξυπηρετεί πόλη της ηπειρωτικής χώρας και διπλανούς οικισμούς συνολικού ισοδύναμου πληθυσμού 170.000 μονάδων. Μέρος του Έργου είναι το δίκτυο αποχέτευσης των επιμέρους οικισμών, ο κεντρικός αγωγός αποχέτευσης που οδηγεί τα λύματα στην εγκατάσταση επεξεργασίας, ο αγωγός διάθεσης που εκβάλλει σε παρακείμενο ποταμό, καθώς και τα αντλιοστάσια που εξυπηρετούν το Έργο.

Τα εισερχόμενα λύματα υφίστανται προεπεξεργασία (εσχάρωση, εξάμμωση, απολίπανση) και χημικά υποβοηθούμενη πρωτοβάθμια καθίζηση με χημική απομάκρυνση φωσφόρου.

Στη συνέχεια επεξεργάζονται δευτερογενώς με μέθοδο ενεργού ιλύος σε πέντε δεξαμενές που διαθέτουν κατά σειρά αναερόβιες, ανοξικές και αερόβιες ζώνες όπου επιτυγχάνεται η απομάκρυνση οργανικού άνθρακα, αζώτου και φωσφόρου. Τα λύματα επεξεργάζονται τριτογενώς πριν τη διάθεση στη θάλασσα με διήθηση και υπεριώδη ακτινοβολία.

Η παραγόμενη ιλύς, αφού υποστεί πάχυνση, αφυδατώνεται μέσω συστήματος ταινιοφιλτροπρεσσών. Η σταθεροποιημένη ιλύς μεταφέρεται σε ΧΥΤΥ, κατόπιν προσωρινής αποθήκευσης.

Σύμφωνα με τον πίνακα 3 του Προσωρινού Πλαισίου, η δυναμικότητα της ΕΕΛ σε συνδυασμό με την μέθοδο επεξεργασίας δεν επιτρέπει μία ασφαλή πρόβλεψη εκπομπών. Για τον λόγο αυτό απαιτείται να γίνει προέλεγχος. Συγκεκριμένα, η ΕΕΛ περιλαμβάνει δευτεροβάθμια επεξεργασία χωρίς αναερόβια χώνευση της ιλύος, για την οποία στον Πίνακα 3 αναφέρεται ότι απαιτείται αναλυτικός υπολογισμός των εκπομπών για ΙΠ μεγαλύτερους από 136.000, όταν θεωρείται πως η ιλύς θα μεταφέρεται σε ΧΥΤΥ.

Για ένα τυπικό έτος λειτουργίας η κατανάλωση ενέργειας εκτιμάται 5.500.000 kWh. Από τη μεθοδολογία προκαταρκτικής εκτίμησης προκύπτουν τα ακόλουθα:

#### Για τις άμεσες εκπομπές:

$TOW = 170.000 \text{ κάτοικοι} \times 0,057 \text{ kg BOD/ κάτοικο/ ημέρα} \times 365 \text{ ημέρες} \div 1000 \text{ kg BOD/ tn BOD} = 3.536,85 \text{ tn BOD/ έτος}$

**Εκπομπές  $CH_4$**  =  $TOW \times EF_{CH_4} = 3.536,85 \text{ tn BOD/ έτος} \times 0,018 \text{ kg } CH_4 / \text{ kg BOD} = 63,66 \text{ tn } CH_4 / \text{ έτος}$  ή **1.782,57 tn  $CO_2$  eq/ έτος**

$TN = IP \times \text{πρωτεΐνη} \times F_{NPR} \times F_{NON-CON} \times F_{IND-COM} = 170.000 \text{ κάτοικοι} \times 39,71 \text{ kg πρωτεΐνης/έτος} \times 0,16 \text{ kg N / kg N} \times \text{kg πρωτεΐνης} \times 1,4 \times 1,25 = 1.890,20 \text{ tn N/ έτος}$

**Εκπομπές  $N_2O$**  =  $TN \times EF_{N_2O} = 1.890,20 \text{ tn N/ έτος} \times 0,005 \text{ kg } N_2O-N / \text{ kg N} \times 44/28 \text{ kg } N_2O / \text{ kg } N_2O-N = 14,85 \text{ tn } N_2O$  ή **3.935,66 tn  $CO_2$  eq/ έτος**

#### Για τις έμμεσες εκπομπές:

**Εκπομπές  $CO_2$**  = κατανάλωση ενέργειας x συντελεστής εκπομπών =  $5.500.000 \text{ kWh} \times 0,437 \text{ kg/ kWh} = 2.403,50 \text{ tn } CO_2$  ή **2.403,50 tn  $CO_2$  eq/έτος**

Στις έμμεσες εκπομπές δεν έχουν περιληφθεί οι εκπομπές ΑΘ της ιλύος που παράγονται κατά τη διαχείρισή της στο ΧΥΤΥ.

#### Συνολικές εκπομπές:



Εκπομπές ΑΘ = (Άμεσες εκπομπές) + (Έμμεσες εκπομπές) =

$$= (1.782,57 + 3.935,66) + 2.403,50 = \mathbf{8.121,73 \text{ tn CO}_2 \text{ eq/έτος}}$$

Το περιγραφόμενο Έργο δεν ξεπερνά τους 20.000 tn CO<sub>2</sub> eq σε εκπομπές οπότε ο προσδιορισμός του ανθρακικού αποτυπώματος δεν είναι απαραίτητος. Η αξιολόγηση της συνεισφοράς του Έργου στον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής ολοκληρώνεται στη φάση του προελέγχου, επειδή οι εκπομπές είναι χαμηλότερες του ορίου και δεν γίνεται περαιτέρω λεπτομερής ανάλυση.

**Σημείωση 1:** Η οργάνωση μιας ΕΕΛ μπορεί να διαφέρει από περίπτωση σε περίπτωση. Τα παραπάνω αποτελούν μια ενδεικτική μόνο περίπτωση. Σε άλλες περιπτώσεις είναι δυνατό να χρησιμοποιούνται τεχνολογίες που έχουν ως αποτέλεσμα διαφορετικές εκπομπές.

**Σημείωση 2:** Στα παραδείγματα Α και Β έχει θεωρηθεί ότι δεν γίνεται επεξεργασία της ιλύος στην ΕΕΛ. Η ιλύς μετά την αφυδάτωσή της μεταφέρεται σε ΧΥΤΥ προς διάθεση. Στην περίπτωση που στην ΕΕΛ γίνεται περαιτέρω επεξεργασία της ιλύος (π.χ. αναερόβια χώνευση) πριν την μεταφορά της σε άλλη εγκατάσταση (π.χ. ΧΥΤΥ), τότε οι εκπομπές θα είναι μεγαλύτερες. Αυτό συμβαίνει γιατί στις εκπομπές που υπολογίστηκαν παραπάνω πρέπει να προστεθούν και οι εκπομπές από την επεξεργασία της ιλύος. Σε αυτή την περίπτωση εκτιμάται ότι ο ισοδύναμος πληθυσμός πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 140.000 για να απαιτείται ο προσδιορισμός του ανθρακικού αποτυπώματος. Για οικισμούς Γ προτεραιότητας πιθανότατα δεν θα απαιτείται ο προσδιορισμός του ανθρακικού αποτυπώματος ακόμη και στην περίπτωση σηπτικών δεξαμενών.

#### **Παράδειγμα Γ: Προέλεγχος για τον μετριασμό – Έργο που εξυπηρετεί Ισοδύναμο Πληθυσμό 230.000 κατοίκων**

Σύμφωνα με τον πίνακα 3 του Προσωρινού Πλαισίου, η δυναμικότητα της ΕΕΛ σε συνδυασμό με την μέθοδο επεξεργασίας οδηγούν στο συμπέρασμα, ότι θα πρέπει να γίνει λεπτομερής ανάλυση και υπολογισμός του ανθρακικού αποτυπώματος. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τον Πίνακα 3, προτείνεται να γίνεται αναλυτικός υπολογισμός του ανθρακικού αποτυπώματος για ΙΠ μεγαλύτερους από 136.000 – 220.000 ΙΠ ανάλογα με την τεχνολογία επεξεργασίας της ιλύος εκτός της περίπτωσης της αποτέφρωσης της ιλύος, όπου το όριο είναι 276.000 ΙΠ.



**Παράδειγμα Δ: Προέλεγχος για τον μετριασμό – Επέκταση αποχετευτικού δικτύου**

Το αποχετευτικό δίκτυο Δήμου της ηπειρωτικής χώρας επεκτείνεται για να εξυπηρετήσει οικισμούς που συνορεύουν με την έδρα του Δήμου. Κατασκευάζονται πέντε επιμέρους εσωτερικά δίκτυα ακαθάρτων και συνδέονται με το υπάρχον δίκτυο αποχέτευσης που καταλήγει σε εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων. Το Έργο περιλαμβάνει επίσης πέντε αντλιοστάσια μεταφοράς.

Αρχικά από την ΥΑ ΥΠΕΝ/ΔΙΠΑ/17185/1069 (ΦΕΚ 841 Β/22-02-2022), όπως φαίνεται στην παρατήρηση γ) για την δραστηριότητα α/α 19 της τέταρτης ομάδας του Παραρτήματος IV, για εσωτερικά δίκτυα αποχέτευσης δεν απαιτείται περιβαλλοντική αδειοδότηση. Κατά συνέπεια το Έργο δεν εμπίπτει στο άρθρο 18 του Εθνικού Κλιματικού Νόμου. Από τον πίνακα προελέγχου της Τεχνικής Οδηγίας προκύπτει ότι δεν απαιτείται προσδιορισμός του ανθρακικού αποτυπώματος.

Ακόμη, ενώ γενικά υπάρχει παραγωγή μεθανίου στα αποχετευτικά δίκτυα, το μεθάνιο παραμένει διαλυμένο στο υγρό απόβλητο σε μεγάλο βαθμό όταν τα ακάθαρτα δεν είναι στάσιμα. Δεν έχει αναπτυχθεί μέθοδος προσδιορισμού των εκπομπών από αποχετευτικό δίκτυο και λογίζονται μηδενικές. Οι εκπομπές από το διαλυμένο μεθάνιο συνυπολογίζονται στις πρωτοβάθμιες εκπομπές μονάδων επεξεργασίας λυμάτων, άρα θεωρούνται εκτός ορίων του Έργου επέκτασης του αποχετευτικού δικτύου.

Τα υπο-Έργα μεταφοράς των λυμάτων (πέντε αντλιοστάσια) δεν είναι ικανά να προκαλέσουν έμμεσες εκπομπές από την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνουν, οι οποίες να ξεπερνούν το όριο των 20.000 τόνων CO<sub>2</sub>eq/έτος. Συγκεκριμένα, αν θεωρηθεί ο συντελεστής εκπομπών 0,437 tnCO<sub>2</sub>/MWh που αναφέρθηκε στο Παράδειγμα Β, τότε η συνολική ανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από τα αντλιοστάσια θα πρέπει να ξεπερνά τις 45.700 MWh έτσι ώστε να απαιτείται αναλυτικός υπολογισμός των εκπομπών. Μια τέτοια ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας είναι πολύ μεγαλύτερη από την κατανάλωση ενός τυπικού αντλιοστασίου λυμάτων.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, δεν απαιτείται πλήρης εκτίμηση του αποτυπώματος άνθρακα. Η αξιολόγηση της συνεισφοράς του Έργου στον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής ολοκληρώνεται στη φάση του προελέγχου.

## 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

και ελέγχεται η συνέπειά τους με τους Ευρωπαϊκούς και Ελληνικούς στόχους μετριασμού της κλιματικής αλλαγής.

### 2.2.1. Ανθρακικό αποτύπωμα του Έργου

#### **Επεξηγηματικό κείμενο 3: Υπολογισμός εκπομπών με τη χρήση προτύπων**

Στην περίπτωση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας αστικών λυμάτων, 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.

**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 ΕΕΛ 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. Σε μια ΕΕΛ οι εκπομπές ΑΘ είναι άμεσες διάχυτες εκπομπές διεργασίας. Συγκεκριμένα:
  - ❖  $N_2O$  και  $CH_4$  εκλύονται από την επεξεργασία των λυμάτων (Αβάθμια, Ββάθμια και Γβάθμια επεξεργασία).
  - ❖ Εκπομπές κυρίως  $CH_4$  εκλύονται από τη διαχείριση της παραγόμενης ιλύος, εφόσον αυτή γίνεται εντός της ΕΕΛ (αν δεν γίνεται διαχείριση της ιλύος εντός της ΕΕΛ αλλά αποστέλλεται σε εξωτερική μονάδα, όπως σε ΧΥΤΥ ή μονάδα κομποστοποίησης), ο δικαιούχος θα πρέπει να αποφασίσει αν θα θεωρήσει τις συγκεκριμένες εκπομπές ως εκπομπές Πεδίου 3).
  - ❖ Εκπομπές  $CO_2$  από την καύση του βιοαερίου, εφόσον μια τέτοια διεργασία περιλαμβάνεται εντός των λειτουργικών ορίων του Έργου.
  - ❖ Εκπομπές  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $N_2O$  από καύση ορυκτών καυσίμων. Αυτές οι εκπομπές σε μια ΕΕΛ αντιστοιχούν στη λειτουργία ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους και χρήση μηχανημάτων Έργου εντός λειτουργικών ορίων του Έργου.

Σημειώνεται πως όπως αναφέρεται και παραπάνω, στις εκπομπές από την επεξεργασία

λυμάτων περιλαμβάνεται και CO<sub>2</sub>, ωστόσο θεωρείται στο σύνολό του βιογενές και για το λόγο αυτό, οι δημοσιευμένες μεθοδολογίες και τα διεθνή πρότυπα δεν το λαμβάνουν υπόψη στην εκτίμηση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου 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 λυμάτων 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. Στις ελληνικές ΕΕΛ, η διάθεση της σταθεροποιημένης ή μη ιλύος γίνεται συνήθως εκτός των λειτουργικών ορίων του Έργου. Ωστόσο, οι μονάδες υποδοχής της ιλύος συχνά βρίσκονται εντός των οργανωσιακών ορίων του φορέα στον οποίο ανήκει και το Έργο.

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 ΕΕΛ σε σχέση με:

- ❖ Μεταφορά βοθρολυμάτων με βυτιοφόρα οχήματα στην εγκατάσταση.
- ❖ Μεταφορά σταθεροποιημένης ιλύος προς άλλο φορέα.

- ❖ Μετακινήσεις προσωπικού από/προς την εγκατάσταση.
- ❖ Εκπομπές από την παραγόμενη ιλύ σε εγκαταστάσεις άλλου φορέα (κομποστοποίηση, υγειονομική ταφή, πυρόλυση).

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

#### **Επεξηγηματικό Κείμενο 4: Μεθοδολογία υπολογισμού Εκπομπών ΑΘ σε ΕΕΛ ανά πεδίο**

##### **A. Εκπομπές Πεδίου (Κατηγορίας) 1**

###### *Επεξεργασία Λυμάτων*

Στα αέρια του θερμοκηπίου που εκλύονται από την επεξεργασία λυμάτων περιλαμβάνονται το διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ), το μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ) και το υποξείδιο του αζώτου ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Κατά γενικό κανόνα,  $\text{N}_2\text{O}$  εκλύεται σε αερόβιες διεργασίες, ενώ  $\text{CO}_2$  και  $\text{CH}_4$  εκλύονται σε κάθε διεργασία σε κυμαινόμενα επίπεδα (περισσότερες εκπομπές  $\text{CO}_2$  και  $\text{CH}_4$  σε αναερόβιες ή ανοξικές συνθήκες). Οι εκπομπές αυτές είναι βιογενείς, προέρχονται δηλαδή από βιομάζα (από την αποσύνθεση του οργανικού φορτίου των λυμάτων). Το βιογενές  $\text{CO}_2$  που παράγεται είναι μέρος του «σύντομου» κύκλου άνθρακα του πλανήτη – το  $\text{CO}_2$  δεσμεύεται στα κύτταρα των οργανισμών από την ατμόσφαιρα μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης και στη συνέχεια αποδίδεται στην ατμόσφαιρα μέσω της διαδικασίας της αναπνοής και της αποσύνθεσης της οργανικής ύλης (συμπεριλαμβανομένης της καύσης)- και συνεπώς δεν επηρεάζει το ισοζύγιο και τη συγκέντρωση  $\text{CO}_2$  στην ατμόσφαιρα, δεν προκαλεί ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου και δεν συμβάλλει στην αλλαγή του κλίματος. Αντιθέτως, οι εκπομπές  $\text{CO}_2$  από ορυκτά καύσιμα όπου ο άνθρακας ήταν δεσμευμένος σε γεωλογικούς σχηματισμούς για χιλιετίες – «μακρύς» κύκλος άνθρακα- αυξάνουν τη συγκέντρωση  $\text{CO}_2$  στην ατμόσφαιρα, διαταράσσουν το ατμοσφαιρικό ισοζύγιο του άνθρακα, προκαλούν την ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου και την αλλαγή του κλίματος. Για το λόγο αυτό, οι δημοσιευμένες μεθοδολογίες και τα διεθνή πρότυπα δεν λαμβάνουν υπόψη το βιογενές  $\text{CO}_2$  κατά την εκτίμηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ή προτείνουν τον προσδιορισμό αυτού για λόγους αναφοράς ξεχωριστά από τις υπόλοιπες εκπομπές.

Επομένως, στον υπολογισμό των εκπομπών ΑΘ από την επεξεργασία λυμάτων περιλαμβάνονται μόνο οι εκπομπές μεθανίου και υποξειδίου του αζώτου. Ο προσδιορισμός βασίζεται στον ισοδύναμο πληθυσμό ή το οργανικό φορτίο για το οποίο σχεδιάζεται η εγκατάσταση και σε κατάλληλους συντελεστές που εφαρμόζει η Ελλάδα στον ετήσιο εθνικό

κατάλογο απογραφής (National Inventory Report, NIR) ακολουθώντας τη μεθοδολογία της IPCC<sup>15</sup>.

#### Μεθάνιο:

$$\text{Εκπομπές } CH_4 = TOW \times EF - MR$$

Όπου

- TOW (Total Organic Waste): Το συνολικό οργανικό φορτίο των λυμάτων σε τη BOD /έτος που είτε προκύπτει από οργανικό φορτίο για το οποίο έχει σχεδιαστεί η εγκατάσταση (συνηθέστερα σε kg BOD/ ημέρα), είτε από τον ισοδύναμο πληθυσμό σχεδιασμού (ΙΠ), πολλαπλασιάζοντας επί το κατά κεφαλήν διασπώμενο οργανικό περιεχόμενο ( $D_{dom}$ ). Λαμβάνεται  $D_{dom} = 0,057 \text{ kg BOD/ κάτοικο/ ημέρα}$ <sup>16</sup>.

Οπότε,

$$TOW = IP \times D_{dom}$$

- EF (Emission Factor): Συντελεστής εκπομπών που λαμβάνει υπόψη το δυναμικό παραγωγής μεθανίου από τα λύματα,  $B_0 = 0,6 \text{ kg } CH_4/ \text{ kg BOD}$ <sup>17</sup> και κατάλληλο συντελεστή μετατροπής μεθανίου (methane conversion factor, MCF) ανάλογα με τον τρόπο επεξεργασίας των λυμάτων. Τυπική τιμή είναι  $0,03$ <sup>18</sup> για ως επί το πλείστο αερόβιες διεργασίες. Δηλαδή:

$$EF_{CH_4} = B_0 \times MCF = 0,018 \text{ kg } CH_4/ \text{ kg BOD}$$

- MR (methane recovered): το μεθάνιο που ανακτάται κατά την επεξεργασία των λυμάτων. Θεωρείται μηδενική ανάκτηση μεθανίου. Δεν θα πρέπει να συγχέεται με την παραγωγή βιοαερίου κατά την αναερόβιο χώνευση της ιλύος. Κατά συνέπεια η αρχική εξίσωση απλουστεύεται στην ακόλουθη:

$$\text{Εκπομπές } CH_4 = TOW \times EF_{CH_4}$$

#### Υποξείδιο του αζώτου:

Οι εκπομπές  $N_2O$  οφείλονται στο άζωτο που περιέχεται στις πρωτεΐνες των τροφίμων και καταλήγει στα λύματα. Για τον υπολογισμό τους χρησιμοποιείται ο ισοδύναμος πληθυσμός

<sup>15</sup> 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol. 5 Waste, Ch. 6 Wastewater Treatment and Discharge.

<sup>16</sup> NIR Greece 2022, 7.5.2,  $CH_4$  emissions from domestic and commercial wastewater handling, p.448

<sup>17</sup> NIR Greece 2022, 7.5.2,  $CH_4$  emissions from domestic and commercial wastewater handling, p.448

<sup>18</sup> 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Table 6.3, p. 6.20

σχεδιασμού, παράγοντες μετατροπής της πρωτεΐνης των τροφών σε άζωτο στην αποχέτευση, και ο συντελεστής εκπομπών  $N_2O$  από την επεξεργασία.

$$Εκπομπές N_2O = TN \times EF_{N_2O}$$

Όπου,

- TN (total nitrogen): Το ολικό άζωτο που περιέχεται στα λύματα, σε tn N / έτος. Υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$TN = IP \times Πρωτεΐνη \times F_{NPR} \times F_{NON-CON} \times F_{IND-COM}$$

- ο IP: Ισοδύναμος πληθυσμός (κάτοικοι)
- ο Πρωτεΐνη: η ετήσια κατανάλωση πρωτεΐνης. Λαμβάνεται η τιμή 39,71<sup>19</sup> kg/ κάτοικο/ έτος
- ο  $F_{NPR}$ : κλάσμα αζώτου στην πρωτεΐνη. Λαμβάνεται η τιμή 0,16<sup>20</sup> kg N/ kg πρωτεΐνης κατά τη μεθοδολογία της IPCC.
- ο  $F_{NON-CON}$ : συντελεστής για την πρωτεΐνη που δεν έχει καταναλωθεί αλλά καταλήγει στην αποχέτευση με τιμή 1,4<sup>20</sup>.
- ο  $F_{IND-COM}$ : συντελεστής για το συνυπολογισμό πρωτεΐνης βιομηχανικής ή εμπορικής προέλευσης που καταλήγει στο αστικό αποχετευτικό δίκτυο. Λαμβάνει την τιμή 1,25<sup>20</sup>.
- $EF_{N_2O}$ : συντελεστής εκπομπών  $N_2O$ . Εκφράζεται συνηθέστερα σε kg  $N_2O$ -N/kg N (kg περιεχόμενου αζώτου στο υποξείδιο του αζώτου/ kg ολικού αζώτου) και για τη μετατροπή σε kg  $N_2O$ / kg N χρησιμοποιείται ο στοιχειομετρικός συντελεστής μετατροπής 44/28 αζώτου σε υποξείδιο του αζώτου, βάση των μοριακών βαρών των ενώσεων. Τυπική τιμή για το συντελεστή εκπομπών είναι 0,005<sup>20</sup> kg  $N_2O$ -N/kg N.

#### Καύση ορυκτών καυσίμων

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

Οι συντελεστές αυτοί είναι:

- η κατώτερη θερμογόνο δύναμη (NCV),

<sup>19</sup> NIR Greece 2022, 7.5.2  $N_2O$  emissions from domestic wastewater handling, Table 7.24, p. 451

<sup>20</sup> 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol. 5 Waste, Ch. 6 Wastewater Treatment and Discharge. Table 6.11, p. 6.27

- ο συντελεστής εκπομπών (EF)
- και ο συντελεστής οξείδωσης του καυσίμου (OF)

Η βασική εξίσωση υπολογισμού των εκπομπών είναι:

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

Η κατανάλωση 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 UNFCCC<sup>21</sup>. Επίσης, από τις κατευθυντήριες οδηγίες της IPCC<sup>22</sup>, σε περίπτωση που δεν περιλαμβάνονται στο NIR.

#### B. Εκπομπές Πεδίου (Κατηγορίας) 2 σε ΕΕΛ

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:

$$\text{(Εκπομπές)} = (\text{προμήθεια ενέργειας}) \times (\text{συντελεστής εκπομπών})$$

Όσον αφορά την 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 CO<sub>2</sub> (gCO<sub>2</sub>/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 (CH<sub>4</sub>) και το υποξείδιο του αζώτου (N<sub>2</sub>O) 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 CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O που σχετίζονται με το ισοζύγιο εισαγωγών και εξαγωγών ηλεκτρικής

<sup>21</sup> 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

<sup>22</sup> 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, chapter 2: stationary combustion



ενέργειας της χώρας. Ωστόσο, η διαφορά αυτή θεωρείται μικρή, μικρότερη από 1% στο σύνολο των εκπομπών CO<sub>2</sub>eq. Το υπολειπόμενο ενεργειακό μείγμα λαμβάνεται από την ετήσια αναφορά του ΔΑΠΕΕΠ<sup>23</sup>. Οι εθνικές εκπομπές λαμβάνονται από τον ετήσιο κατάλογο αναφοράς της Ελλάδας (NIR)<sup>24</sup>. Γενικά, οι έμμεσες εκπομπές CH<sub>4</sub> και N<sub>2</sub>O που προκύπτουν από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι πολύ μικρότερες από τις εκπομπές CO<sub>2</sub>.

#### Γ. Εκπομπές Πεδίου 3 (GHGr)

Οι εκπομπές πεδίου 3 μπορεί να προέρχονται από πολλές διαφορετικές πηγές. Κοινό χαρακτηριστικό τους είναι ότι αποτελούν έμμεσες εκπομπές, δηλαδή δεν βρίσκονται υπό τον έλεγχο της ΕΕΛ. Σημαντική πηγή εκπομπών Πεδίου 3 είναι η διαχείριση της ιλύος, εφόσον γίνεται εκτός των λειτουργικών ορίων της ΕΕΛ και εφόσον ο δικαιούχος πρέπει να τις συνυπολογίσει τις συνολικές εκπομπές ΑΘ του Έργου. Στη συνέχεια δίνεται μια γρήγορη μεθοδολογία υπολογισμού των εκπομπών αυτών που εξαρτώνται από τις χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες διαχείρισης.

#### *Εκπομπές από τη διαχείριση της παραγόμενης ιλύος*

Οι έμμεσες εκπομπές από τη διαχείριση της παραγόμενης ιλύος διαφοροποιούνται σημαντικά ανάλογα με τον τρόπο διαχείρισης. Η εξαγόμενη ιλύς από τις ΕΕΛ της χώρας διατίθεται συνήθως προς υγειονομική ταφή, ενώ αναφέρονται και περιπτώσεις μονάδων κομποστοποίησης και πυρόλυσης.

Η βασική εξίσωση προσδιορισμού των εκπομπών είναι

$$(\text{Εκπομπές}) = (\text{Ισοδύναμος Πληθυσμός}) \times (\text{Συντελεστής Εκπομπών}_{\text{ιλύς}})$$

Ο συντελεστής εκπομπών εκφράζεται σε tn CO<sub>2</sub> eq/ ΜΙΠ/ έτος. Τιμές για τον Συντελεστή Εκπομπών λαμβάνονται από τον πίνακα του Παραρτήματος 6 του Οδηγού μεθοδολογιών της ΕΤΕπ<sup>25</sup>. Επιλέγονται κατάλληλοι συντελεστές από τη στήλη CFSD ανάλογα με τον τρόπο επεξεργασίας των λυμάτων, την σταθεροποίηση της ιλύος και τον τρόπο διάθεσής της.

#### *Εκπομπές από τις μεταφορές*

<sup>23</sup> Συνήθως γράφημα 2, παράρτημα 1. Συνήθως δημοσιεύεται το καλοκαίρι του επόμενου έτους

<sup>24</sup> NIR Greece, 3.2.4.3 Energy Industries, table 3.15

<sup>25</sup> EIB Project Carbon Footprint Methodologies, v 11.2, February 2022, Annex 6



Στην περίπτωση των μεταφορών, οι εκπομπές υπολογίζονται από την κατανάλωση καυσίμου, σύμφωνα με τη βασική εξίσωση που αναφέρθηκε παραπάνω (πεδίο 1). Επομένως, ο δικαιούχος πρέπει να καθορίσει την κατανάλωση 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 IPCC<sup>26</sup>, σε περίπτωση που ένα καύσιμο δεν αναφέρεται στο NIR. Το ίδιο ισχύει και για τις μετακινήσεις του προσωπικού.

#### Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη

Οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου εκφράζονται σε ισοδύναμους τόνους διοξειδίου του άνθρακα (tn CO<sub>2</sub> eq). Για την μετατροπή από τόνους συγκεκριμένου ΑΘ σε tn CO<sub>2</sub> eq χρησιμοποιείται το δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη (Global Warming Potential, GWP) όπως δίνεται στην πέμπτη αναφορά αξιολόγησης της IPCC<sup>27</sup>.

Οι τιμές του δυναμικού υπερθέρμανσης για το CH<sub>4</sub> και το N<sub>2</sub>O είναι:

CO<sub>2</sub>: 1 tn CO<sub>2</sub>eq/ tn CO<sub>2</sub>

CH<sub>4</sub>: 28 tn CO<sub>2</sub>eq/ tn CH<sub>4</sub>

N<sub>2</sub>O: 265 tn CO<sub>2</sub>eq/ tn N<sub>2</sub>O

#### Παράδειγμα Γ: Αναλυτικός υπολογισμός ανθρακικού αποτυπώματος – ΕΕΛ που εξυπηρετεί Ισοδύναμο Πληθυσμό 230.000

Μελετάται η κατασκευή ΕΕΛ που εξυπηρετεί πόλη και διπλανούς οικισμούς συνολικού ισοδύναμου πληθυσμού 230.000 μονάδων. Μέρος του Έργου είναι το δίκτυο αποχέτευσης των επιμέρους οικισμών, ο κεντρικός αγωγός αποχέτευσης που οδηγεί τα λύματα στην

<sup>26</sup> 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, chapter 2: mobile combustion, table 3.2.2

<sup>27</sup> 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

εγκατάσταση επεξεργασίας, ο αγωγός διάθεσης που εκβάλλει σε παρακείμενο ποταμό, καθώς και τα αντλιοστάσια που εξυπηρετούν το Έργο. Το αποχετευτικό δίκτυο καλύπτει τις ανάγκες του 85% του εξυπηρετούμενου πληθυσμού. Το υπολειπόμενο ποσοστό λυμάτων φτάνει στην εγκατάσταση με βυτιοφόρα οχήματα ιδιωτών. Η εγκατάσταση δέχεται 6 βυτιοφόρα την ημέρα που έχουν διανύσει μέση απόσταση 15 km.

Τα εισερχόμενα λύματα υφίστανται προεπεξεργασία (εσχάρωση, εξάμμωση, απολίπανση) και χημικά υποβοηθούμενη πρωτοβάθμια καθίζηση με χημική απομάκρυνση φωσφόρου. Στη συνέχεια επεξεργάζονται δευτερογενώς με μέθοδο ενεργού ιλύος σε δεξαμενές που διαθέτουν κατά σειρά αναερόβιες, ανοξικές και αερόβιες ζώνες όπου επιτυγχάνεται η απομάκρυνση οργανικού άνθρακα, αζώτου και φωσφόρου. Τα λύματα επεξεργάζονται τριτογενώς πριν τη διάθεσή τους στη θάλασσα με διήθηση και υπεριώδη ακτινοβολία.

Η παραγόμενη ιλύς, αφού υποστεί πάχυνση, αφυδατώνεται μέσω συστήματος ταινιοφιλτροπρεσών. Η σταθεροποιημένη ιλύς μεταφέρεται σε ΧΥΤΥ με φορτηγά ιδιοκτησίας του Δήμου. Στον ΧΥΤΥ φτάνουν 2 φορτηγά με ιλύ το μήνα έχοντας διανύσει απόσταση 30 km.

Οι ανάγκες της εγκατάστασης σε ηλεκτρική ενέργεια ανέρχονται σε 6.500 MWh. Για την υποστήριξη του Έργου σε περίπτωση διακοπής της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας υπάρχουν δύο ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη. Από τα Η/Ζ εκτιμάται πως καταναλώνονται 12 tn πετρέλαιο diesel.

Για τον προσδιορισμό των ορίων αναφοράς των εκπομπών και την ποσοτικοποίησή τους χρησιμοποιείται το ISO 14064:2018.

Οι συντελεστές υπολογισμού κάθε κατηγορίας εκπομπών προέρχονται από τις πηγές που παρουσιάστηκαν προηγουμένως (ως υποσημειώσεις) στην ανάλυση των εκπομπών σε πεδία (κατηγορίες).

Ο υπολογισμός των εκπομπών για ένα τυπικό έτος λειτουργίας έχει ως εξής:

### Εκπομπές Πεδίου (Κατηγορίας) 1

Στις άμεσες εκπομπές Πεδίου (Κατηγορίας) 1 περιλαμβάνονται κατά κύριο λόγο οι εκπομπές μεθανίου και υποξειδίου του αζώτου που προκαλούνται από τη φυσικοχημική και βιολογική επεξεργασία των λυμάτων στην ΕΕΛ. Επίσης, στην ίδια κατηγορία περιλαμβάνονται οι άμεσες εκπομπές από τη λειτουργία ηλεκτρογεννητριών έκτακτης ανάγκης.

❖ Άμεσες εκπομπές από την επεξεργασία των αποβλήτων:

Μεθάνιο:

$TOW = 230.000 \text{ κάτοικοι} \times 0,057 \text{ kg BOD/ κάτοικο/ ημέρα} \times 365 \text{ ημέρες} \div 1000 \text{ kg BOD/ tn BOD} = 4.785,15 \text{ tn BOD/έτος}$

$\text{Εκπομπές } CH_4 = TOW \times EF_{CH_4} = 4.785,15 \text{ tn BOD/ έτος} \times 0,018 \text{ kg } CH_4 / \text{ kg BOD} = 86,13 \text{ tn } CH_4/$

έτος ή 2.411,72 tn CO<sub>2</sub> eq/έτος

Υποξείδιο του αζώτου:

$TN = IP \times \text{πρωτεΐνη} \times F_{NPR} \times F_{NON-CON} \times F_{IND-COM} = 230.000 \text{ κάτοικοι} \times 39,71 \text{ kg πρωτεΐνης/έτος} \times 0,16 \text{ kg N / kg N} \times \text{kg πρωτεΐνης} \times 1,4 \times 1,25 = 2.557,32 \text{ tn N/έτος}$

**Εκπομπές N<sub>2</sub>O** =  $TN \times EF_{N_2O} = 2.557,32 \text{ tn N/έτος} \times 0,005 \text{ kg N}_2\text{O-N/ kg N} \times 44/28 \text{ kg N}_2\text{O/kg N}_2\text{O-N} = 20,09 \text{ tn N}_2\text{O}$  ή 5.324,71 tn CO<sub>2</sub> eq/έτος

❖ Άμεσες εκπομπές από την καύση ορυκτών καυσίμων:

- **Εκπομπές CO<sub>2</sub>** =  $\text{ανάλωση} \times NCV \times EF \times OF = 12 \text{ tn} \times 0,0428 \text{ TJ/tn} \times 73,78 \text{ tn CO}_2\text{/TJ} \times 1 = 37,89 \text{ tn CO}_2$  / έτος ή 37,89 tn CO<sub>2</sub> eq/έτος
- **Εκπομπές CH<sub>4</sub>** =  $\text{ανάλωση} \times NCV \times EF \times OF = 12 \text{ tn} \times 0,0428 \text{ TJ/tn} \times 10,00 \text{ kg CH}_4\text{/TJ} \times 1 = 0,00514 \text{ tn CH}_4$ / έτος ή 0,14 tn CO<sub>2</sub> eq/έτος
- **Εκπομπές N<sub>2</sub>O** =  $\text{ανάλωση} \times NCV \times EF \times OF = 12 \text{ tn} \times 0,0428 \text{ TJ/tn} \times 0,60 \text{ kg N}_2\text{O/TJ} \times 1 = 0,00031 \text{ tn N}_2\text{O}$ / έτος ή 0,08 tn CO<sub>2</sub> eq/έτος

Επομένως, οι συνολικές εκπομπές Πεδίου (Κατηγορίας) 1 είναι:

Εκπομπές Πεδίου 1 =  $(2.411,72 + 5.324,71) + (37,89 + 0,14 + 0,08) = 7.774,55 \text{ tnCO}_2\text{eq/έτος}$

**Εκπομπές Πεδίου (Κατηγορίας) 2:**

Στις εκπομπές Πεδίου (Κατηγορίας) 2 περιλαμβάνονται οι έμμεσες εκπομπές από την ανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που η ΕΕΛ λαμβάνει από το δίκτυο ηλεκτροδότησης.

❖ Έμμεσες εκπομπές από την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτεί η λειτουργία της εγκατάστασης:

- **Εκπομπές CO<sub>2</sub>** =  $\text{κατανάλωση ενέργειας} \times \text{συντελεστής εκπομπών} = 6.500.000 \text{ kWh} \times 0,437 \text{ kg/ kWh} = 2.840,50 \text{ tn CO}_2$  ή 2.840,50 tn CO<sub>2</sub> eq/έτος
- **Εκπομπές CH<sub>4</sub>** =  $\text{κατανάλωση ενέργειας} \times \text{συντελεστής εκπομπών} = 5.500 \text{ MWh} \times 6,43 \text{ g CH}_4\text{/MWh} = 0,04 \text{ tn CH}_4$  ή 1,17 tn CO<sub>2</sub> eq/έτος
- **Εκπομπές N<sub>2</sub>O** =  $\text{κατανάλωση ενέργειας} \times \text{συντελεστής εκπομπών} = 5.500 \text{ MWh} \times 2,73 \text{ g N}_2\text{O/MWh} = 0,02 \text{ tn N}_2\text{O}$  ή 4,70 tn CO<sub>2</sub> eq/έτος

Επομένως, οι συνολικές εκπομπές Πεδίου (Κατηγορίας) 2 είναι:

Εκπομπές Πεδίου 2 =  $2.840,50 + 1,17 + 4,70 = 2.846,37 \text{ tn CO}_2\text{eq/έτος}$

**Εκπομπές Πεδίου 3:**

Εκτιμάται ότι οι σημαντικότερες έμμεσες εκπομπές Πεδίου 3 είναι αυτές που προκαλούνται από τη διάθεση της ιλύος και τις μεταφορές των βυτιοφόρων προς την ΕΕΛ και της ιλύος από την ΕΕΛ προς τον τοπικό ΧΥΤΥ.

❖ Έμμεσες εκπομπές από τη διάθεση της ιλύος:

$$\text{Εκπομπές} = \text{ΙΠ} \times \text{ΣΕ}_{\text{ιλύς}} = 230.000 \text{ ΜΙΠ} \times 0,050 \text{ tn CO}_2 \text{ eq/ ΜΙΠ/ έτος} = 11.500 \text{ tn CO}_2 \text{ eq/έτος}$$

❖ Έμμεσες εκπομπές από βυτιοφόρα οχήματα:

Έξι βυτιοφόρα κατά μέσο όρο φτάνουν καθημερινώς στη εγκατάσταση, έχοντας διανύσει μέση απόσταση 15 km, με κατανάλωση καυσίμου 30 lt/ 100 km. Το χρησιμοποιούμενο καύσιμο είναι πετρέλαιο diesel με πυκνότητα 0,845 <sup>28</sup> tn/m<sup>3</sup>. Υπολογίζεται η κατανάλωση καυσίμου:

$$\text{Κατανάλωση} = 6 \text{ βυτιοφόρα/ ημέρα} \times 300 \text{ ημέρες/ έτος} \times 15 \text{ km} \times 30 \text{ lt/ 100 km} \times 0,845 \text{ tn/ m}^3 \times 1 \text{ m}^3 / 1000 \text{ lt} = 6,845 \text{ tn diesel/έτος}$$

- **Εκπομπές CO<sub>2</sub>** = ανάλωση x NCV x EF x OF = 6,845 tn x 0,0428 TJ/tn x 73,78 tn CO<sub>2</sub>/TJ x 1 = 21,615 tn CO<sub>2</sub>/ έτος ή 21,615 tn CO<sub>2</sub> eq/έτος
- **Εκπομπές CH<sub>4</sub>** = ανάλωση x NCV x EF x OF = 6,845 tn x 0,0428 TJ/tn x 3,9 kg CH<sub>4</sub>/TJ x 1 = 0,001 tn CH<sub>4</sub>/ έτος ή 0,032 tn CO<sub>2</sub> eq/έτος
- **Εκπομπές N<sub>2</sub>O** = ανάλωση x NCV x EF x OF = 6,845 tn x 0,0428 TJ/tn x 3,9 kg N<sub>2</sub>O/TJ x 1 = 0,001 tn N<sub>2</sub>O/ έτος ή 0,303 tn CO<sub>2</sub> eq/έτος

❖ Έμμεσες εκπομπές από τη μεταφορά της χωνεμένης ιλύος:

Η ιλύς απομακρύνεται με δύο φορτηγά οχήματα μηνιαίως από την εγκατάσταση, που διανύουν μέση απόσταση 30 km ως τον ΧΥΤΥ, με κατανάλωση καυσίμου 30 lt/ 100 km. Το χρησιμοποιούμενο καύσιμο είναι πετρέλαιο diesel με πυκνότητα 0,845 tn/m<sup>3</sup>. Υπολογίζεται η κατανάλωση καυσίμου:

$$\text{Κατανάλωση} = 2 \text{ φορτηγά/ μήνα} \times 12 \text{ μήνες/ έτος} \times 30 \text{ km} \times 30 \text{ lt/ 100 km} \times 0,845 \text{ tn/ m}^3 \times 1 \text{ m}^3 / 1000 \text{ lt} = 0,183 \text{ tn diesel/έτος}$$

Οπότε:

- **Εκπομπές CO<sub>2</sub>** = ανάλωση x NCV x EF x OF = 0,183 tn x 0,0428 TJ/tn x 73,78 tn CO<sub>2</sub>/TJ x 1 = 0,578 tn CO<sub>2</sub>/ έτος ή 0,578 tn CO<sub>2</sub> eq/έτος

<sup>28</sup> ΚΥΑ 76/2016 (ΦΕΚ Β 4217/28.12.2016)

- **Εκπομπές CH<sub>4</sub>** =  $\text{ανάλωση} \times \text{NCV} \times \text{EF} \times \text{OF} = 0,183 \text{ tn} \times 0,0428 \text{ TJ/tn} \times 3,9 \text{ kg CH}_4/\text{TJ} \times 1 = 0,00003 \text{ tn CH}_4/\text{έτος}$  ή  $0,0008 \text{ tn CO}_2 \text{ eq/έτος}$
- **Εκπομπές N<sub>2</sub>O** =  $\text{ανάλωση} \times \text{NCV} \times \text{EF} \times \text{OF} = 0,183 \text{ tn} \times 0,0428 \text{ TJ/tn} \times 3,9 \text{ kg N}_2\text{O}/\text{TJ} \times 1 = 0,00003 \text{ tn N}_2\text{O}/\text{έτος}$  ή  $0,0081 \text{ tn CO}_2 \text{ eq/έτος}$

Συνεπώς, οι συνολικές εκπομπές του Πεδίου 3 είναι:

$$\begin{aligned} \text{Εκπομπές Πεδίου 3} &= 11.500 + (21,615 + 0,032 + 0,303) + (0,578 + 0,0008 + 0,0081) \\ &= \mathbf{11.522,53 \text{ tnCO}_2\text{eq/έτος}} \end{aligned}$$

Συνεπώς, οι συνολικές εκπομπές είναι:

$$\begin{aligned} (\text{Συνολικές εκπομπές}) &= (\text{Πεδίο 1}) + (\text{Πεδίο 2}) + (\text{Πεδίο 3}) \\ &= 7.774,55 + 2.846,37 + 11.522,53 = \mathbf{22.143,45 \text{ tnCO}_2\text{eq/έτος}} \end{aligned}$$

**Σημείωση:** Ένα σημαντικό ποσοστό των εκπομπών προέρχεται από τη διαχείριση της ιλύος που στο συγκεκριμένο παράδειγμα έχει θεωρηθεί ότι διατίθεται σε ΧΥΤΥ. Το ανθρακικό αποτύπωμα της ΕΕΛ θα μειωθεί σημαντικά αν ληφθούν μέτρα όπως η χώνευση της ιλύος με παράλληλη συλλογή του παραγόμενου βιοαερίου (υψηλής συγκέντρωσης CH<sub>4</sub>) το οποίο είτε μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας για παραγωγή ενέργειας είτε να καεί σε πυρσό και να μετατραπεί σε διοξείδιο του άνθρακα που έχει 28 φορές μικρότερο δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη (GWP) από το μεθάνιο. Εναλλακτικά θα μπορούσε να αναβαθμιστεί σε βιομεθάνιο με σκοπό είτε την έγχυση του στο δίκτυο φυσικού αερίου είτε τη χρήση του ως καύσιμο κίνησης (συνήθως σε υγροποιημένη μορφή).

Επίσης, ένα σημαντικό ποσοστό των εκπομπών προέρχεται από έμμεσες εκπομπές λόγω της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Η παράλληλη εγκατάσταση μιας μορφής ανανεώσιμης πηγής ενέργειας (π.χ. φωτοβολταϊκά) θα μπορούσε να μειώσει τις έμμεσες εκπομπές και παράλληλα να αυξήσει την ασφάλεια εφοδιασμού ηλεκτρικής ενέργειας της εγκατάστασης.

## 2.2.2. Σχετικές Εκπομπές του Έργου

### **Επεξηγηματικό κείμενο 5: Υπολογισμός σχετικών εκπομπών ΕΕΛ**

#### **Κατασκευή νέας ΕΕΛ:**

Η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων και το συνοδευτικό αποχετευτικό δίκτυο κατασκευάζονται σε οικισμό που μέχρι πρότινος δεν διέθετε ΕΕΛ και τα λύματα κατευθύνονταν σε οικιακούς σηπτικούς βόθρους. Στην περίπτωση αυτή οι βασικές εκπομπές μπορούν να θεωρηθούν μηδενικές και άρα:

**(Σχετικές εκπομπές) = (απόλυτες εκπομπές)**

**Επέκταση ΕΕΛ με μονάδα προηγμένης τεχνολογίας:**

Υπάρχουσα εγκατάσταση επεκτείνεται για να καλύψει τον ισοδύναμο πληθυσμό σχεδίασης της επόμενης φάσης λειτουργίας της. Μέρος της αυξημένης παροχής λυμάτων θα διέρχεται από νέα μονάδα επεξεργασίας με τεχνολογία που επιτυγχάνει μείωση του οργανικού φορτίου αποδοτικότερα από άποψη ενεργειακών απαιτήσεων. Αναμένεται η μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων για τον αερισμό στο υπάρχον τμήμα και πρόσθετες απαιτήσεις ηλεκτρικής ενέργειας για τη λειτουργία της νέας μονάδας που ωστόσο θα είναι μικρότερες ανά ΜΙΠ από αυτές της υπάρχουσας μονάδας. Οι σχετικές εκπομπές θα βοηθήσουν στην κατανόηση της μεταβολής των εκπομπών στην εγκατάσταση.

**(Σχετικές εκπομπές) = (Εκπομπές μετά την αναβάθμιση) – (Εκπομπές πριν την αναβάθμιση)**

### 2.2.3. Οικονομική αποτίμηση των εκπομπών

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

**Παράδειγμα Β: Οικονομική αποτίμηση εκπομπών**

Γίνεται η υπόθεση ότι το Έργο του παραδείγματος Β, αιτήθηκε προς αξιολόγηση το 2021, και θα χρειαστούν τέσσερα έτη για την κατασκευή και κατόπιν το Έργο θα αρχίσει να λειτουργεί από το 2025 για 25 έτη, δηλαδή έως το 2050. Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου εκτιμήθηκαν σε 22.143,45 tn CO<sub>2</sub>eq και θεωρείται ότι διατηρούνται σταθερές στο διάστημα λειτουργίας 2025-2050. Έτσι, με βάση τον πίνακα 4 του προσωρινού πλαισίου, το έτος 2025 το κόστος εκπομπών θα είναι 3.653.670 € και το έτος 2050 το κόστος εκπομπών θα είναι 17.714.764 €. Το κόστος άνθρακα για κάθε έτος λειτουργίας παρουσιάζεται στο ακόλουθο διάγραμμα.



#### 2.2.4. Συμβατότητα με το στόχο της κλιματικής ουδετερότητας

Το τελευταίο βήμα στη διασφάλιση της κλιματικής ουδετερότητας είναι η επιβεβαίωση της συμβατότητας του Έργου με μια ρεαλιστική πορεία επίτευξης των στόχων της Ελλάδας<sup>29</sup> και της Ε.Ε. για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για το 2030, 2040 και το 2050, των στόχων της Συμφωνίας των Παρισιών και των διατάξεων του Ευρωπαϊκού νόμου για το κλίμα<sup>30</sup>. Ακόμη, η πορεία του Έργου προς την κλιματική ουδετερότητα οφείλει να συμβαδίζει με τους στόχους που θέτει το ισχύον Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) για το 2030, η Μακροχρόνια Στρατηγική για το έτος 2050 (ΜΣ50) και ο Εθνικός Κλιματικός Νόμος (ΕΚΝ) 4936/2022.

Για «την κλιματική αλλαγή, τις εκπομπές και απορροφήσεις των αερίων του θερμοκηπίου», το ΕΣΕΚ προτείνει 10 βασικές προτεραιότητες πολιτικής (ΠΠ) για το 2030, ορισμένες εκ των οποίων συνδέονται με τα έργα επεξεργασίας λυμάτων, όπως η ΠΠ1.3. Δράσεις για τη μείωση εκπομπών στον τομέα των μεταφορών, ΠΠ1.6 Σχέδια στρατηγικής για τη διαχείριση των αποβλήτων, ΠΠ1.7 σχέδια στρατηγικής για την κυκλική οικονομία και ΠΠ1.8 αστικές

<sup>29</sup> 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

<sup>30</sup> Κανονισμός (ΕΕ) 2021/2119 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»)



βιοκλιματικές αναπλάσεις και έξυπνες πόλεις. Συγκεκριμένα το ΕΣΕΚ προωθεί την παραγωγή βιομεθανίου από οργανικά απόβλητα και την έγχυση του στο δίκτυο φυσικού αερίου ή τη χρήση του ως καύσιμο κίνησης, τη χρήση εναλλακτικών καυσίμων στις μεταφορές (π.χ. ηλεκτρική ενέργεια, βιοκαύσιμα και βιομεθάνιο), την επαναχρησιμοποίηση του νερού και της ιλύος στις Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ), καθώς και τα έξυπνα δίκτυα, συμπεριλαμβανομένων των υδραυλικών δικτύων.

Η Μακροχρόνια Στρατηγική για το έτος 2050 (ΜΣ50) προβλέπει, μεταξύ άλλων, τη μεγάλη αύξηση της κατανάλωσης βιομάζας, βιοκαυσίμων και βιοαερίου σε όλους τους τομείς του ενεργειακού συστήματος. Τα δίκτυα αερίου προοδευτικά θα ενσωματώσουν προσμίξεις άλλων αερίων με μικρότερο (ή και μηδενικό) ανθρακικό αποτύπωμα όπως είναι το βιομεθάνιο, ενώ βιοαέριο θα προσφέρει μια φθηνή σχετικά λύση χαμηλών εκπομπών στην ηλεκτροπαραγωγή.

Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων εμπίπτουν στον ΕΚΝ είτε αυτόνομα (οι μεγάλες εγκαταστάσεις) είτε ως εγκαταστάσεις που ελέγχονται από έναν Δήμο και περιλαμβάνονται στο σχετικό Δημοτικό Σχέδιο Μείωσης Εκπομπών (ΔηΣΜΕ). Συγκεκριμένα το άρθρο 19 του ΕΚΝ προβλέπει ότι οι υφιστάμενες εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων που εμπίπτουν στην κατηγορία Α' του άρθρου 1 του ν.4014/2011 (Α' 209), υποχρεούνται σε μείωση εκπομπών κατά τριάντα τοις εκατό (30%) τουλάχιστον, έως το 2030 σε σχέση με το έτος 2019, ενώ το άρθρο 16 του ΕΚΝ προβλέπει τη λήψη μέτρων για τη μείωση εκπομπών από τις κοινωφελείς εγκαταστάσεις και τις δημοτικές εγκαταστάσεις αποχέτευσης στο πλαίσιο των ΔήΣΜΕ.

Μια εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων είναι δεδομένο πως είναι πηγή βιογενών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Ωστόσο, οι ΕΕΛ κατασκευάζονται γιατί απαιτείται από την περιβαλλοντική νομοθεσία και συμβάλλουν με τη λειτουργία τους στην προστασία του περιβάλλοντος. Επίσης, σε περίπτωση που δεν λειτουργούσε η ΕΕΛ, το οργανικό φορτίο των λυμάτων θα αποσυντίθονταν ανεξέλεγκτα στο περιβάλλον και πάλι θα εκπέμπονταν αέρια του θερμοκηπίου και ιδιαίτερα μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα.

Σύμφωνα με τις κατευθύνσεις του ΕΣΕΚ, της ΜΣ50 και του ΕΚΝ, στον σχεδιασμό νέων εγκαταστάσεων ή στην επέκταση ήδη υπάρχουσών η ομάδα μελέτης θα πρέπει να ενσωματώνει στον σχεδιασμό τεχνικές για την ελαχιστοποίηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά το βέλτιστο τρόπο. Είναι μια διαδικασία που απαιτεί την παρακολούθηση της έρευνας στον τομέα που τώρα ξεκινά να στρέφεται στην κατεύθυνση της μείωσης των εκπομπών ΑΘ, καθώς και καλών πρακτικών που ήδη εφαρμόζονται σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες.

Το Έργο έχει σημαντικές απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια. Λαμβάνοντας υπόψη τον εθνικό σχεδιασμό, όπου προβλέπεται η μείωση της ηλεκτροπαραγωγής από υψηλής έντασης άνθρακα ορυκτά καύσιμα, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του Έργου μειώνονται. Πέραν αυτού, οι εγκαταστάσεις που διαθέτουν μονάδες αναερόβιας χώνευσης της παραγόμενης ιλύος είναι σε θέση να αυτοπαραγάγουν ηλεκτρική



ενέργεια από το εκλυόμενο βιοαέριο (υψηλής περιεκτικότητας σε μεθάνιο), αποκτώντας με αυτό τον τρόπο μερική αυτονομία από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Παράλληλα, μειώνουν σημαντικά τις εκπομπές μεθανίου που προκύπτουν από τη διάθεση της ιλύος καθώς αυτό καίγεται και παράγει διοξείδιο του άνθρακα που έχει πολύ μικρότερο δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη (GWP) από το μεθάνιο. Εναλλακτικά, σε μικρότερες ΕΕΛ που δεν παράγεται αρκετή ποσότητα μεθανίου για τη λειτουργία μονάδας ηλεκτροπαραγωγής με βιοαέριο, μπορεί να εγκατασταθεί πυρσός για την απλή καύση του μεθανίου. Επίσης, το βιοαέριο μπορεί να αναβαθμιστεί σε βιομεθάνιο σε κατάλληλη μονάδα εντός της ΕΕΛ με σκοπό την έγχυση του στο δίκτυο φυσικού αερίου ή τη χρήση του ως καύσιμο κίνησης (π.χ. κατόπιν μετατροπής του σε LNG).

Σημειώνεται πως για την περαιτέρω μείωση των εκπομπών του Έργου στον προϋπολογισμό του Έργου μπορούν προαιρετικά να συμπεριληφθούν υποέργα αυτοπαραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων, για παράδειγμα, δύναται να συνδυαστεί με φωτοβολταϊκό σταθμό, εφόσον διατίθεται ελεύθερη έκταση στο γήπεδό της.

Η ΕΕΛ μπορεί να μειώσει περαιτέρω τις έμμεσες εκπομπές ΑΘ με τη χρήση εναλλακτικών καυσίμων (π.χ. ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ, βιοκαύσιμα ή βιομεθάνιο) στα βυτιοφόρα οχήματα και τα φορτηγά μεταφοράς της χωνεμένης ιλύος. Επίσης, μπορεί να συμβάλλει στον στόχο της κλιματικής ουδετερότητας μέσω επαναχρησιμοποίησης της εκροής της (π.χ. για άρδευση) και της αξιοποίησης της επεξεργασμένης ιλύος σε άλλες χρήσεις (π.χ. κομποστοποίηση, ενεργειακή αξιοποίηση) αντί της απευθείας διάθεσης της σε ΧΥΤΥ.

Τέλος, όσον αφορά τα δίκτυα αποχέτευσης οι χρήσεις ψηφιακών τεχνολογιών και πληροφοριακών συστημάτων για την παρακολούθηση, έλεγχο και αυτοματοποιημένη λειτουργία των αντλιοστασίων τους (π.χ. συστήματα τηλεχειρισμού – τηλεμετρίας), μπορούν να μειώσουν την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και τις συνδεδεμένες με αυτή έμμεσες εκπομπές ΑΘ.

### 3. Προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή

Η αξιολόγηση της προσαρμογής των 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) ανάλυσης της υφιστάμενης και μελλοντικής έκθεσης, και 3) έναν συνδυασμό αυτών των δύο για την ανάλυση 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 ΕΕΛ) 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>)<sup>31</sup> που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του έργου

<sup>31</sup> Εργαλείο απεικόνισης κλιματικών προβλέψεων: <https://geo.adaptivegreecehub.gr>  
Εργαλείο ελέγχου κλιματικής ανθεκτικότητας <https://adaptivegreecehub.gr/eleghos-klimatikis-anthektikotitas/>

LIFE-IP AdaptInGR ([www.adaptivegreece.gr](http://www.adaptivegreece.gr)). Τα στοιχεία του κόμβου έχουν χρησιμοποιηθεί στα παραδείγματα που ακολουθούν.

### Ανάλυση ευαισθησίας

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

#### Παράδειγμα Α: Ανάλυση Ευαισθησίας ΕΕΛ 16.000 ι.κ.

Στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων ισοδύναμου πληθυσμού 16.000 ι.κ. πραγματοποιείται δευτεροβάθμια επεξεργασία αστικών λυμάτων. Η παραγόμενη υλός αφυδατώνεται και έπειτα μεταφέρεται σε ΧΥΤΥ. Τα επεξεργασμένα λύματα καταλήγουν στον παρακείμενο ποταμό.

Κατασκευαστικά, το Έργο περιλαμβάνει δεξαμενές από τσιμέντο και μηχανολογικό εξοπλισμό, που είτε στεγάζεται σε οικίσκους, είτε βρίσκεται εκτεθειμένος. Η λειτουργία του Έργου, που οφείλει να είναι συνεχής, εξαρτάται άμεσα από την ηλεκτροδότηση του, για την άντληση των λυμάτων ή της υλός και τον αερισμό των δεξαμενών, και την παροχή των λυμάτων που δέχεται. Με την παροχή των εισερχόμενων λυμάτων συσχετίζεται και η παροχή των εκροών. Η εγκατάσταση συνδέεται με ήδη υπάρχον δίκτυο αποχέτευσης, έχει ημερήσια παροχή 2.250 m<sup>3</sup> / d, μέση παροχή 145 m<sup>3</sup> / h και παροχή αιχμής 295 m<sup>3</sup> / h. Τα επεξεργασμένα λύματα καταλήγουν στον υδάτινο αποδέκτη μέσω αγωγών, οπότε εξετάζεται η ευαισθησία στις πηγές κινδύνου του τρόπου διάθεσης και του σημείου διάθεσης.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω χαρακτηριστικά, καταστρώνεται πίνακας ευαισθησίας, όπου σε κάθε πηγή κινδύνου αντιστοιχίζεται βαθμολογία ευαισθησίας για κάθε παράμετρο του Έργου (κατασκευή, λειτουργία, προϊόντα/υπηρεσίες, ένταξη στην περιοχή). Η μέγιστη βαθμολογία κάθε κινδύνου σημειώνεται ξεχωριστά. Η ανάλυση βασίζεται αποκλειστικά στον τύπο του Έργου και δεν γίνεται καμία συσχέτιση με την τοποθεσία της εγκατάστασης.

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

**Πίνακας: Ανάλυση ευαισθησίας ΕΕΛ**

Πηγή Κινδύνου	Ευαισθησία				
	Κατασκευή	Λειτουργία	Προϊόντα Υπηρεσίες	Ένταξη στην περιοχή	Σύνολο Ευαισθησίας
Καύσωνας	Χαμηλή	Μέτρια	Χαμηλή	Χαμηλή	Μέτρια

Κύμα ψύχους	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Παγετός (Αριθμός Ημερών με $TN < 0$ )	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Δασική πυρκαγιά	Μέτρια	Υψηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Υψηλή
Κυκλώνες, Ισχυρές Καταιγίδες, τυφώνας	Μέτρια	Μέτρια	Χαμηλή	Χαμηλή	Μέτρια
Θύελλα (περιλαμβάνονται χιονοθύελλες, θύελλες σκόνης)	Μέτρια	Μέτρια	Χαμηλή	Χαμηλή	Μέτρια
Ανεμοστρόβιλος/Θυελλώδεις Άνεμοι	Μέτρια	Χαμηλή	Μέτρια	Χαμηλή	Μέτρια
Ξηρασία	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Ισχυρός υετός (βροχή, χαλάζι, χιόνι/πάγος)	Χαμηλή	Μέτρια	Υψηλή	Χαμηλή	Υψηλή
Πλημμύρα (σε παράκτιες περιοχές, ποτάμια, λόγω βροχής, υπόγεια ύδατα)	Υψηλή	Υψηλή	Μέτρια	Χαμηλή	Υψηλή
Κατολίσθηση/Διάβρωση του εδάφους	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Καθίζηση	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του αέρα	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Αστική θερμονησίδα	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Θερμική καταπόνηση	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Μεταβλητότητα της θερμοκρασίας	Χαμηλή	Μέτρια	Χαμηλή	Χαμηλή	Μέτρια
Μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας	Χαμηλή	Χαμηλή	Μέτρια	Χαμηλή	Μέτρια
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	Μέτρια	Χαμηλή	Χαμηλή	Μέτρια
Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του νερού σε υδάτινα σώματα	Χαμηλή	Μέτρια	Μέτρια	Χαμηλή	Μέτρια
Οξίνιση/αλατότητα του θαλάσσιου ύδατος	Χαμηλή	Χαμηλή	Μέτρια	Χαμηλή	Μέτρια
Διείσδυση αλμυρού νερού, υφαλμύριση επιφανειακών & υπόγειων υδάτων	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Άνοδος της στάθμης της θάλασσας	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Διαθεσιμότητα και καταπόνηση υδάτινων πόρων	Χαμηλή	Μέτρια	Χαμηλή	Χαμηλή	Μέτρια
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 εμπειρογνωσία των μελετητών του Έργου, λαμβάνοντας υπόψη τη σημαντικότητα των επιπτώσεων των πηγών κινδύνου κινδύνων σε μια εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων. Όσα αναφέρονται παραπάνω είναι ενδεικτικά και το αποτέλεσμα της ανάλυσης ευαισθησίας μπορεί να είναι διαφορετικό ανά περίπτωση.

Στην παράμετρο της κατασκευής, το Έργο παρουσιάζει ευαισθησία σε πηγές κινδύνου που έχουν επιπτώσεις στα περιουσιακά στοιχεία της εγκατάστασης. Ευαισθησία παρατηρείται σε κινδύνους που μπορούν να επιφέρουν την φθορά ή την καταστροφή των δεξαμενών επεξεργασίας λυμάτων, των αποχετευτικών αγωγών και των αγωγών διάθεσης, των αντλιοστασίων και του υπόλοιπου μηχανολογικού εξοπλισμού που είναι εκτεθειμένος ή στεγάζεται σε οικίσκους. Μέτρια ή υψηλή ευαισθησία, εντοπίζεται σε οξείες πηγές κινδύνου όπως η δασική πυρκαγιά, τα ακραία καιρικά φαινόμενα (θύελλα, τυφώνας, ανεμοστρόβιλος) και κυρίως οι πλημμύρες και όχι σε χρόνιες πηγές κινδύνου.

Όσον αφορά τη λειτουργία του Έργου, ευαισθησία παρατηρείται σε πηγές κινδύνου που είτε επηρεάζουν την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας, είτε προκαλούν απότομη μεταβολή της εισερχόμενης ποσότητας λυμάτων. Η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να διακοπεί όταν μια φυσική καταστροφή επηρεάζει το δίκτυο ή όταν ακραία θερμοκρασιακά φαινόμενα αυξάνουν τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στην περιοχή. Η ακραία μεταβολή του όγκου των λυμάτων (κατά μέσο όρο αλλά και από απότομες μεταβολές λόγω οξέων καιρικών φαινομένων) που εισέρχονται στην εγκατάσταση μπορεί να οδηγήσουν στη λειτουργία εκτός ορίων σχεδιασμού ή/και στην αστοχία της επεξεργασίας, δηλαδή στην χειροτέρευση της ποιότητας της εκροής της ΕΕΛ.

Ως προϊόντα του Έργου λογίζονται τα επεξεργασμένα λύματα και η παραγόμενη ιλύς, οπότε ευαισθησία παρατηρείται σε σχέση με τη διάθεση αυτών. Πηγές κινδύνου, που επιφέρουν μεταβολές στον υδάτινο αποδέκτη, αλλάζουν και την ικανότητα του να υποδέχεται επεξεργασμένα λύματα. Η ευαισθησία είναι υψηλότερη όταν η εκροή τίθεται εκτός ποιοτικών προδιαγραφών διάθεσης στον αποδέκτη. Αντίστοιχα ισχύουν για τη διάθεση της ιλύος αν αυτή γίνεται με διασπορά στο έδαφος για γεωργικούς σκοπούς.

Η σύνδεση του έργου με τη γύρω περιοχή θεωρείται θέμα χαμηλής ευαισθησίας στις πηγές κινδύνου.

**Παράδειγμα Γ: Ανάλυση Ευαισθησίας ΕΕΛ 230.000 ι.κ.**

Στην περίπτωση της ΕΕΛ, που εξυπηρετεί ισοδύναμο πληθυσμό 230.000 κατοίκων, γίνεται τριτοβάθμια επεξεργασία λυμάτων που καταλήγουν σε αυτή μέσω του αποχετευτικού δικτύου. Η παραγόμενη ιλύς αφυδατώνεται και έπειτα μεταφέρεται σε ΧΥΤΥ. Τα επεξεργασμένα λύματα καταλήγουν στον παρακείμενο ποταμό.

Κατασκευαστικά, το Έργο περιλαμβάνει δεξαμενές από τσιμέντο και μηχανολογικό εξοπλισμό, που είτε στεγάζεται σε οικίσκους, είτε βρίσκεται εκτεθειμένος. Η λειτουργία του Έργου, που οφείλει να είναι συνεχής, εξαρτάται άμεσα από την ηλεκτροδότηση του, για την άντληση των λυμάτων ή της ιλύος και τον αερισμό των δεξαμενών, και την παροχή των λυμάτων που δέχεται. Η μέση παροχή των λυμάτων είναι  $48.100 \text{ m}^3 / \text{d}$ . Με την παροχή των εισερχόμενων λυμάτων συσχετίζεται και η παροχή των εκροών. Τα επεξεργασμένα λύματα καταλήγουν στον υδάτινο αποδέκτη μέσω αγωγών, οπότε εξετάζεται η ευαισθησία στις πηγές κινδύνου του τρόπου διάθεσης και του σημείου διάθεσης.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω χαρακτηριστικά, καταστρώνεται πίνακας ευαισθησίας, όπου σε κάθε πηγή κινδύνου αντιστοιχίζεται βαθμολογία ευαισθησίας για κάθε θέμα του Έργου. 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 το υπολογιστικό εργαλείο excel που αναπτύχθηκε από τη Γ.Γ. Δημοσίων Επενδύσεων & ΕΣΠΑ.

**Πίνακας: Ανάλυση ευαισθησίας ΕΕΛ**

Πηγή Κινδύνου	Ευαισθησία				
	Κατασκευή	Λειτουργία	Προϊόντα Υπηρεσίες	Ένταξη στην περιοχή	Σύνολο Ευαισθησίας
Καύσωνας	Χαμηλή	Μέτρια	Χαμηλή	Χαμηλή	Μέτρια
Κύμα ψύχους	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Παγετός (Αριθμός Ημερών με $TN < 0$ )	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Δασική πυρκαγιά	Μέτρια	Υψηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Υψηλή
Κυκλώνας, Ισχυρές Καταιγίδες, τυφώνας	Μέτρια	Μέτρια	Χαμηλή	Χαμηλή	Μέτρια
Θύελλα (περιλαμβάνονται χιονοθύελλες, θύελλες σκόνης)	Μέτρια	Μέτρια	Χαμηλή	Χαμηλή	Μέτρια
Ανεμοστρόβιλος/Θυελλώδεις Άνεμοι	Μέτρια	Χαμηλή	Μέτρια	Χαμηλή	Μέτρια
Ξηρασία	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή

Ισχυρός υετός (βροχή, χαλάζι, χιόνι/πάγος)	Χαμηλή	Μέτρια	Υψηλή	Χαμηλή	Υψηλή
Πλημμύρα (σε παράκτιες περιοχές, ποτάμια, λόγω βροχής, υπόγεια ύδατα)	Υψηλή	Υψηλή	Μέτρια	Χαμηλή	Υψηλή
Κατολίσθηση/Διάβρωση του εδάφους	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Καθίζηση	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του αέρα	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Αστική θερμονησίδα	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Θερμική καταπόνηση	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Μεταβλητότητα της θερμοκρασίας	Χαμηλή	Μέτρια	Χαμηλή	Χαμηλή	Μέτρια
Μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας	Χαμηλή	Χαμηλή	Μέτρια	Χαμηλή	Μέτρια
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	Μέτρια	Χαμηλή	Χαμηλή	Μέτρια
Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του νερού σε υδάτινα σώματα	Χαμηλή	Μέτρια	Μέτρια	Χαμηλή	Μέτρια
Οξίνιση/αλατότητα του θαλάσσιου ύδατος	Χαμηλή	Χαμηλή	Μέτρια	Χαμηλή	Μέτρια
Διείσδυση αλμυρού νερού, υφαλμύριση επιφανειακών & υπόγειων υδάτων	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Άνοδος της στάθμης της θάλασσας	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Διαθεσιμότητα και καταπόνηση υδάτινων πόρων	Χαμηλή	Υψηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Υψηλή
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 εμπειρογνωσία των μελετητών του Έργου, λαμβάνοντας υπόψη τη σημαντικότητα των επιπτώσεων των πηγών κινδύνου κινδύνων σε μια εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων. Όσα αναφέρονται παραπάνω είναι ενδεικτικά και το αποτέλεσμα της ανάλυσης ευαισθησίας μπορεί να είναι διαφορετικό ανά περίπτωση.



Στην παράμετρο της κατασκευής, το Έργο παρουσιάζει ευαισθησία σε πηγές κινδύνου που έχουν επιπτώσεις στα περιουσιακά στοιχεία της εγκατάστασης. Ευαισθησία παρατηρείται σε κινδύνους που μπορούν να επιφέρουν την φθορά ή την καταστροφή των δεξαμενών επεξεργασίας λυμάτων, των αποχετευτικών αγωγών και των αγωγών διάθεσης, των αντλιοστασίων και του υπόλοιπου μηχανολογικού εξοπλισμού που είναι εκτεθειμένος ή στεγάζεται σε οικίσκους. Μέτρια η Υψηλή ευαισθησία, εντοπίζεται σε οξείες πηγές κινδύνου όπως η δασική πυρκαγιά, τα ακραία καιρικά φαινόμενα (θύελλα, τυφώνας, ανεμοστρόβιλος) και κυρίως οι η πλημμύρες και όχι σε χρόνιες πηγές κινδύνου.

Όσον αφορά τη λειτουργία του Έργου, ευαισθησία παρατηρείται σε πηγές κινδύνου που επηρεάζουν την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας και προκαλούν την αύξηση της εισερχόμενης ποσότητας λυμάτων. Η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας διακόπτεται όταν μια φυσική καταστροφή επηρεάζει το δίκτυο και είναι περιορισμένη όταν ακραία θερμοκρασιακά φαινόμενα αυξάνουν τη ζήτηση της ενέργειας. Η μεταβολή του όγκου των υδάτων (κατά μέσο όρο αλλά και από απότομες μεταβολές λόγω οξέων καιρικών φαινομένων) που εισέρχονται στην εγκατάσταση οδηγούν στη λειτουργία εκτός ορίων σχεδιασμού ή/και στην αστοχία της επεξεργασίας ως προς τα απαιτούμενα από το νόμο ποιοτικά χαρακτηριστικά της εκροής.

Ως προϊόντα του Έργου λογίζονται τα επεξεργασμένα λύματα και η παραγόμενη ιλύς, οπότε ευαισθησία παρατηρείται σε σχέση με τη διάθεση αυτών. Πηγές κινδύνου, που επιφέρουν μεταβολές στον υδάτινο αποδέκτη, αλλάζουν και την ικανότητα του να υποδέχεται επεξεργασμένα. Η ευαισθησία είναι υψηλότερη όταν η εκροή τίθεται εκτός ποιοτικών προδιαγραφών διάθεσης στον αποδέκτη. Αντίστοιχα ισχύουν για τη διάθεση της ιλύος αν αυτή γίνεται με διασπορά στο έδαφος για γεωργικούς σκοπούς.

Η σύνδεση του έργου με τη γύρω περιοχή θεωρείται θέμα χαμηλής ευαισθησίας στις πηγές κινδύνου.

### Ανάλυση Έκθεσης

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

#### **Επεξηγηματικό Κείμενο 6: Έκθεση σε πηγές κινδύνου λόγω χωροθέτησης ΕΕΛ 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 σε περιοχές που



εκτίθενται ή δύναται να εκτεθούν σε πηγές κινδύνου:

- **Παράκτιες περιοχές** είναι ιδιαίτερα εκτεθειμένες σε αυξανόμενα ύψη κυμάτων θυέλλης, πλημμύρες, ανεμοστρόβιλους, διάβρωση ακτών, άνοδο της στάθμης της θάλασσας και στην οξίνιση/αλατότητα του θαλάσσιου ύδατος. 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 κινδύνων 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<sup>η</sup> Αναθεώρηση της Προκαταρκτικής Αξιολόγησης Κινδύνων Πλημμύρας (έκδοση 08/08/2021) στην οποία περιλαμβάνονται και οι αναθεωρημένες Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου, βάσει της εκτιμώμενης επίδρασης 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](http://www.adaptivegreece.gr)): α) στη Διαδικτυακή Πύλη Γεωχωρικών Πληροφοριών του ΥΠΕΝ ([https://mapsportal.ypen.gr/thema\\_climatechange](https://mapsportal.ypen.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 τη διάρκεια των περιόδων ξηρασίας**, μπορεί να χρησιμοποιηθούν τα προαναφερθέντα διαδικτυακά εργαλεία κλιματικών προβολών για την Ελλάδα που έχει αναπτύξει το έργο LIFE-IP AdaptInGR ([www.adaptivegreece.gr](http://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 διατίθεται 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/eleghos-klimatikis-anthektikotitas/>

#### **Παράδειγμα Α: Ανάλυση Έκθεσης ΕΕΛ 16.000 ι.κ.**

Ακολουθεί η ανάλυση έκθεσης του Έργου σε πηγές κινδύνου για το παράδειγμα της ΕΕΛ των 16.000 κατοίκων. Η εγκατάσταση βρίσκεται στην ηπειρωτική χώρα και χωροθετείται σε ορεινή περιοχή με κλίση εδάφους 17%, εκτός ορίων οικισμών. Το Έργο χωροθετείται πλησίον δασικής περιοχής, ενώ η διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων γίνεται σε παρακείμενο ποταμό.

Με βάση τα χαρακτηριστικά αυτά, καταstrώνεται 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 (40 έτη) επιβάλλει την χρήση προβλέψεων για την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο το επίπεδο έκθεσης μεταβάλλεται στο μέλλον. 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](https://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.

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	Μέτρια	Υψηλή	Υψηλή
Κυκλώνας, Ισχυρές Καταιγίδες, τυφώνας	Χαμηλή	Μέτρια	Μέτρια
Θύελλα (περιλαμβάνονται χιονοθύελλες, θύελλες σκόνης)	Χαμηλή	Μέτρια	Μέτρια
Ανεμοστρόβιλος/Θυελλώδεις Άνεμοι	Χαμηλή	Μέτρια	Μέτρια
Ξηρασία	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Ισχυρός υετός (βροχή, χαλάζι, χιόνι/πάγος)	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
Πλημμύρα (σε παράκτιες περιοχές, ποτάμια, λόγω βροχής, υπόγεια ύδατα)	Χαμηλή	Μέτρια	Μέτρια
Κατολίσθηση/Διάβρωση του εδάφους	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
Καθίζηση	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του αέρα	Χαμηλή	Χαμηλή	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	Μέτρια
Μεταβολή χαρακτηριστικών και τύπων υετού (βροχή, χαλάζι, χιόνι/πάγος)	Χαμηλή	Μέτρια	Μέτρια
Μεταβλητότητα υετού ή υδρολογική μεταβλητότητα	Χαμηλή	Μέτρια	Μέτρια
Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του νερού σε υδάτινα σώματα	Χαμηλή	Μέτρια	Μέτρια
Οξίνιση/αλατότητα του θαλάσσιου ύδατος	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Διείδυση 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

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 χωροθέτησης του, σε αυτές τις πηγές κινδύνου, καθώς για την περιοχή, τα κλιματικά μοντέλα προβλέπουν την επιδείνωση των συνεπειών από τις πηγές κινδύνου στο μέλλον. Επομένως, ο εκτεθειμένος μηχανολογικός εξοπλισμός αναμένεται να καταπονείται σε μεγαλύτερο βαθμό.

Καθώς το Έργο χωροθετείται σε επικλινές έδαφος και στο μέλλον αναμένεται αύξηση της σφοδρότητας των φαινομένων υετού εκτιμάται πως η έκθεση σε κατολισθήσεις ή σε διάβρωση του εδάφους είναι μέτρια.

Λόγω της εγγύτητας στον παρακείμενο ποταμό, παρατηρείται έκθεση σε πλημμύρες, που ωστόσο θεωρείται μέτρια, αφού η κλίση του εδάφους ισοσταθμίζει τον συγκεκριμένο κίνδυνο για το Έργο. Επιπλέον, έχει θεωρηθεί ότι στη συγκεκριμένη περίπτωση η διαθεσιμότητα υδάτινων πόρων όσο αφορά τη ροή του ποταμού, δεν επηρεάζει τη λειτουργία της ΕΕΛ. Ωστόσο, αυτή η υπόθεση δεν ισχύει γενικά αλλά μπορεί να εξαρτάται από την ποσότητα και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της εκροής της ΕΕΛ στον ποταμό.

Τέλος, επειδή η εγκατάσταση βρίσκεται δίπλα σε δασική έκταση, η δασική πυρκαγιά αποτελεί πηγή κινδύνου, στην οποία η έκθεση είναι υψηλή.

#### **Παράδειγμα Γ: Ανάλυση Έκθεσης ΕΕΛ 230.000 ι.κ.**

Συνεχίζοντας το παράδειγμα της ΕΕΛ των 230.000 κατοίκων, παρουσιάζεται η ανάλυση έκθεσης του Έργου σε πηγές κινδύνου. 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 λυμάτων 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 (40 έτη) επιβάλλει την χρήση προβλέψεων για την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο το επίπεδο έκθεσης μεταβάλλεται στο μέλλον. 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](http://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 για ΕΕΛ

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 (περιλαμβάνονται χιονοθύελλες, θύελλες σκόνης)	Χαμηλή	Μέτρια	Μέτρια
Ανεμοστρόβιλος/Θυελλώδεις Άνεμοι	Χαμηλή	Μέτρια	Μέτρια
Ξηρασία	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Ισχυρός υετός (βροχή, χαλάζι, χιόνι/πάγος)	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
Πλημμύρα (σε παράκτιες	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή



περιοχές, ποτάμια, λόγω βροχής, υπόγεια ύδατα)			
Κατολίσθηση/Διάβρωση του εδάφους	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Καθίζηση	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του αέρα	Χαμηλή	Χαμηλή	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	Μέτρια
Μεταβολή χαρακτηριστικών και τύπων υετού (βροχή, χαλάζι, χιόνι/πάγος)	Χαμηλή	Μέτρια	Μέτρια
Μεταβλητότητα υετού ή υδρολογική μεταβλητότητα	Χαμηλή	Μέτρια	Μέτρια
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

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 χωροθέτησης του, σε αυτές τις πηγές κινδύνου, καθώς για την περιοχή, τα κλιματικά μοντέλα προβλέπουν την επιδείνωση των συνεπειών από τις πηγές κινδύνου στο μέλλον. Επομένως, ο εκτεθειμένος μηχανολογικός εξοπλισμός αναμένεται να καταπονείται σε μεγαλύτερο βαθμό.

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

Λόγω της εγγύτητας στον παρακείμενο ποταμό, η έκθεση σε πλημμύρες ως πηγή κινδύνου είναι πάντοτε υψηλή.

#### Ανάλυση τρωτότητας

Η ανάλυση τρωτότητας συνδυάζει το αποτέλεσμα της ανάλυσης ευαισθησίας και της ανάλυσης έκθεσης. Αποσκοπεί στην αξιολόγηση των πηγών 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 τον συγκεκριμένο τύπο έργου στην επιλεγμένη τοποθεσία. Ο πίνακας συνδυάζει την ευαισθησία και έκθεση συγκεκριμένης υποδομής σε κάθε πηγή κινδύνου.

#### Παράδειγμα Α: Ανάλυση Τρωτότητας ΕΕΛ 16.000 ι.κ.

Σε άμεση συνέχεια των προηγούμενων αναλύσεων για το παράδειγμα Α, γίνεται η ανάλυση τρωτότητας για το εξεταζόμενο Έργο με τα χαρακτηριστικά που έχουν παρατεθεί ανωτέρω. Στην ανάλυση αυτή, δηλαδή, συσχετίζεται τόσο ο τύπος του Έργου όσο και η τοποθεσία του με τις πηγές κινδύνου. Από το συνδυασμό των αποτελεσμάτων για την ευαισθησία και την έκθεση του Έργου στις πηγές κινδύνου, προκύπτει ο πίνακας τρωτότητας που παρουσιάζεται στη συνέχεια.

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

Πηγή Κινδύνου	Σύνολο Ευαισθησίας	Σύνολο Έκθεσης	Τρωτότητα
Καύσωνας	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
Κύμα ψύχους	Χαμηλή	Μέτρια	Χαμηλή
Παγετός (Αριθμός Ημερών με $TN < 0$ )	Χαμηλή	Μέτρια	Χαμηλή
Δασική πυρκαγιά	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή
Κυκλώνας, Ισχυρές Καταιγίδες, τυφώνας	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια



Θύελλα (περιλαμβάνονται χιονοθύελλες, θύελλες σκόνης)	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
Ανεμοστρόβιλος/Θυελλώδεις Άνεμοι	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
Ξηρασία	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Ισχυρός υετός (βροχή, χαλάζι, χιόνι/πάγος)	Υψηλή	Μέτρια	Υψηλή
Πλημμύρα (σε παράκτιες περιοχές, ποτάμια, λόγω βροχής, υπόγεια ύδατα)	Υψηλή	Μέτρια	Υψηλή
Κατολίσθηση/Διάβρωση του εδάφους	Χαμηλή	Μέτρια	Χαμηλή
Καθίζηση	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του αέρα	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Αστική θερμονησίδα	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Θερμική καταπόνηση	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Μεταβλητότητα της θερμοκρασίας	Μέτρια	Χαμηλή	Χαμηλή
Μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας	Μέτρια	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	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του νερού σε υδάτινα σώματα	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
Οξίνιση/αλατότητα του θαλάσσιου ύδατος	Μέτρια	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	Μέτρια	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
- Δασική πυρκαγιά
- Κυκλώνας, θύελλα, τυφώνας
- Θύελλα (όπου συμπεριλαμβάνονται χιονοθύελλες, θύελλες σκόνης και αμμοθύελλες)

- Ανεμοστρόβιλος
- Ισχυρός υετός (βροχή, χαλάζι, χιόνι/ πάγος)
- Πλημμύρα
- Μεταβολή της θερμοκρασίας του νερού
- Μεταβλητότητα του υετού ή υδρολογική μεταβλητότητα

Καθώς προκύπτουν μέτρια ή υψηλά επίπεδα τρωτότητας του Έργου για ορισμένες πηγές κινδύνου, ακολουθεί λεπτομερής ανάλυση διακινδύνευσης (risk assessment) για κάθε μία από αυτές.

#### Παράδειγμα Γ: Ανάλυση Τρωτότητας ΕΕΛ 230.000 ι.κ.

Σε άμεση συνέχεια των προηγούμενων αναλύσεων για το παράδειγμα Γ, γίνεται η ανάλυση τρωτότητας για το εξεταζόμενο Έργο με τα χαρακτηριστικά που έχουν παρατεθεί ανωτέρω. Στην ανάλυση αυτή, δηλαδή, συσχετίζεται τόσο ο τύπος του Έργου όσο και η τοποθεσία του με τις πηγές κινδύνου. Από το συνδυασμό των αποτελεσμάτων για την ευαισθησία και την έκθεση του Έργου στις πηγές κινδύνου, προκύπτει ο πίνακας τρωτότητας που παρουσιάζεται στη συνέχεια.

Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το υπολογιστικό εργαλείο excel που αναπτύχθηκε από τη Γ.Γ. Δημοσίων Επενδύσεων & ΕΣΠΑ.

**Πίνακας:** Ανάλυση τρωτότητας για ΕΕΛ

Πηγή Κινδύνου	Σύνολο Ευαισθησίας	Σύνολο Έκθεσης	Τρωτότητα
Καύσωνας	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
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 (περιλαμβάνονται χιονοθύελλες, θύελλες σκόνης)	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
Ανεμοστρόβιλος/Θυελλώδεις Άνεμοι	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
Ξηρασία	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Ισχυρός υετός (βροχή, χαλάζι, χιόνι/πάγος)	Υψηλή	Μέτρια	Υψηλή
Πλημμύρα (σε παράκτιες περιοχές, ποτάμια, λόγω βροχής, υπόγεια	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή

ύδατα)			
Κατολίσθηση/Διάβρωση του εδάφους	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Καθίζηση	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του αέρα	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Αστική θερμονησίδα	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Θερμική καταπόνηση	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Μεταβλητότητα της θερμοκρασίας	Μέτρια	Χαμηλή	Χαμηλή
Μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας	Μέτρια	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	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του νερού σε υδάτινα σώματα	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
Οξίνιση/αλατότητα του θαλάσσιου ύδατος	Μέτρια	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	Μέτρια	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
- Δασική πυρκαγιά
- Κυκλώνας, θύελλα, τυφώνας
- Θύελλα (όπου συμπεριλαμβάνονται χιονοθύελλες, θύελλες σκόνης και αμμοθύελλες)

- Ανεμοστρόβιλος
- Ισχυρός υετός (βροχή, χαλάζι, χιόνι/ πάγος)
- Πλημμύρα
- Μεταβολή της θερμοκρασίας του νερού
- Μεταβλητότητα του υετού ή υδρολογική μεταβλητότητα

Καθώς προκύπτουν μέτρια ή υψηλά επίπεδα τρωτότητας του Έργου για ορισμένες πηγές κινδύνου, ακολουθεί λεπτομερής ανάλυση διακινδύνευσης (risk assessment) για κάθε μία από αυτές.

## 3.2. Λεπτομερής ανάλυση

### 3.2.1. Ανάλυση διακινδύνευσης

Η ανάλυση διακινδύνευσης (risk assessment) συσχετίζει τις πηγές κινδύνων με τον τρόπο λειτουργίας του Έργου σε διάφορες διαστάσεις (τεχνική, περιβαλλοντική, κοινωνική και οικονομική κ.λπ.) και εξετάζει τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ διαφόρων 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 του Έργου και της αναμενόμενης δριμύτητας/μεγέθους των επιπτώσεων αυτής της πηγής στο Έργο.

#### **Παράδειγμα Α: Ανάλυση διακινδύνευσης ΕΕΛ 16.000 ι.κ.**

Για την ΕΕΛ του παραδείγματος Α, παρουσιάζεται η ανάλυση διακινδύνευσης για τις πηγές κινδύνου στις οποίες το Έργο εμφανίζει μέτρια ή υψηλή τρωτότητα.

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

**Πίνακας:** Βαθμονόμηση κλίμακας πιθανότητας εμφάνισης πηγών κινδύνου σε ΕΕΛ

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 σε ΕΕΛ

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 επιπτώσεων κάθε πηγής κινδύνου, αποτελεί τη βαθμολογία εγγενή κινδύνου για την οποία ορίζεται η ακόλουθη βαθμονόμηση της σημαντικότητας του :

**Πίνακας:** Βαθμονόμηση κλίμακας σημαντικότητας εγγενούς κινδύνου (διακινδύνευσης)

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 εμπειρογνώσια των

μελετητών. Χρησιμοποιώντας αυτές, η ανάλυση διακινδύνευσης για το παράδειγμα Α συνοψίζεται στον ακόλουθο πίνακα:

**Πίνακας:** Ανάλυση διακινδύνευσης σε ΕΕΛ

Πηγή Κινδύνου	Πιθανότητα εμφάνισης	Κλίμακα συνεπειών	Εγγενής κίνδυνος	
			Βαθμολογία	Περιγραφή
Καύσωνας	Σχεδόν βέβαιο	Ήσσονος σημασίας	10	Μέτριος
Δασική πυρκαγιά	Μέτριο	Σημαντικές	12	Σημαντικός
Κυκλώνες, Ισχυρές Καταιγίδες, τυφώνας	Μέτριο	Μέτριες	9	Μέτριος
Θύελλα (περιλαμβάνονται χιονοθύελλες, θύελλες σκόνης)	Απίθανο	Μέτριες	6	Χαμηλός
Ανεμοστρόβιλος/Θυελλώδεις Άνεμοι	Απίθανο	Ήσσονος σημασίας	4	Χαμηλός
Ισχυρός υετός (βροχή, χαλάζι, χιόνι/πάγος)	Μέτριο	Μέτριες	9	Μέτριος
Πλημμύρα (σε παράκτιες περιοχές, ποτάμια, λόγω βροχής, υπόγεια ύδατα)	Απίθανο	Σημαντικές	8	Μέτριος
Μεταβλητότητα υετού ή υδρολογική μεταβλητότητα	Απίθανο	Μέτριες	6	Χαμηλός
Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του νερού σε υδάτινα σώματα	Απίθανο	Ήσσονος σημασίας	4	Χαμηλός

Από την ανάλυση διακινδύνευσης, ως σημαντικός εγγενής κίνδυνος αναδεικνύεται η πυρκαγιά λόγω της εγγύτητας στη δασική έκταση και ως μέτριοι εγγενείς κίνδυνοι ο καύσωνας, τα ισχυρά φαινόμενα ανέμου και υετού όπως και η πλημμύριση του παρακείμενου ποταμού.

- Η **δασική πυρκαγιά** συγκεντρώνει την υψηλότερη βαθμολογία εγγενούς κινδύνου για το συγκεκριμένο Έργο (3x4=12 πόντοι). Στην πηγή κινδύνου αποδίδεται μέτρια πιθανότητα εμφάνισης, τουλάχιστον 50% στη διάρκεια ζωής του Έργου και οι επιπτώσεις από την εκδήλωσή της αναμένεται να είναι σημαντικές για την εγκατάσταση και τη λειτουργία της. Συγκεκριμένα, μια πυρκαγιά μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή του εξοπλισμού, σε διακινδύνευση των εργαζομένων και σε διακοπή

της λειτουργίας της ΕΕΛ. Ακόμη και αν η ίδια η πυρκαγιά δεν φτάσει στην εγκατάσταση, ο εκλυόμενος καπνός μπορεί να αποτελεί κίνδυνο για την υγεία των εργαζομένων.

- Στην **πλημμύρα** από τον παρακείμενο ποταμό αποδίδεται χαμηλή πιθανότητα εμφάνισης (20% στη διάρκεια ζωής του Έργου), ωστόσο θεωρείται ότι θα έχει σημαντικές επιπτώσεις για το Έργο. (2x4=8 πόντοι). Μια πλημμύρα μπορεί να καταστρέψει τμήματα του εξοπλισμού της ΕΕΛ, θα θέσει σε κίνδυνο την ασφάλεια των εργαζομένων, να δημιουργήσει προβλήματα μετακίνησης των εργαζομένων και των βυτιοφόρων μεταφοράς λυμάτων. Μπορεί επίσης να δημιουργήσει προβλήματα στη λειτουργία της ΕΕΛ με αποτέλεσμα την περιβαλλοντική ρύπανση της περιοχής (π.χ. επίτευξη μικρότερου βαθμού επεξεργασίας των λυμάτων από τον σχεδιασμό).
- Ο **καύσωνας** χαρακτηρίζεται ως μέτριος εγγενής κίνδυνος για την εγκατάσταση (βαθμολογία 5x2=10 πόντοι). Η εμφάνιση του καύσωνα θεωρείται σχεδόν βέβαιη σε ένα τυπικό έτος, όμως για το Έργο οι επιπτώσεις του είναι ήσσονος σημασίας. Στις συνέπειες μπορεί να περιλαμβάνονται για παράδειγμα η χαμηλότερη της σχεδιαζόμενης απόδοση της ΕΕΛ με αποτέλεσμα την εκροή επεξεργασμένων λυμάτων με συγκεντρώσεις ρύπων μεγαλύτερες των αναμενόμενων. Επιπλέον, ο καύσωνας οδηγεί σε αύξηση της κατανάλωσης νερού και, επομένως, στην αύξηση της εισροής λυμάτων στην ΕΕΛ, ενδεχομένως πάνω από το όριο σχεδιασμού της.
- Παροδικά έντονα φαινόμενα ανέμων και υετού (**Κυκλώνας, θύελλα, τυφώνας/Ισχυρός υετός**) χαρακτηρίζονται ως μέτριοι εγγενείς κίνδυνοι (βαθμολογία 3x3 πόντοι και για τις δύο πηγές κινδύνου). Τέτοια φαινόμενα θεωρείται ότι έχουν μέτρια πιθανότητα εμφάνισης και θα επιφέρουν μέτριες επιπτώσεις στην λειτουργία της εγκατάστασης είτε μέσω βλαβών του εγκατεστημένου εξοπλισμού είτε με αυξημένη παροχή λυμάτων πέραν της μέγιστης παροχής σχεδιασμού.
- Ο **ανεμοστρόβιλος** και η **μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα ή του νερού σε υδάτινα σώματα** χαρακτηρίζονται ως χαμηλοί εγγενείς κίνδυνοι (βαθμολογία 2x2 πόντοι) γιατί θεωρείται απίθανο να συμβούν (πιθανότητα μικρότερη από 20% σε ένα τυπικό έτος λειτουργίας) και οι επιπτώσεις τους θα είναι ήσσονος σημασίας για το Έργο) και μπορεί να αφορούν την ασφάλεια λειτουργίας κάποιων τμημάτων του εξοπλισμού που είναι εκτεθειμένα στις περιβαλλοντικές συνθήκες.

Βάσει των αποτελεσμάτων της ανάλυσης διακινδύνευσης, προέκυψαν μέτριοι ή σημαντικοί εγγενείς κίνδυνοι (μέτρια έως σημαντική διακινδύνευση), για τους οποίους εξετάζονται (πρόσθετα) μέτρα προσαρμογής, ώστε να περιοριστούν σε αποδεκτά επίπεδα. Για τους εγγενείς κινδύνους που βαθμολογούνται ως «χαμηλοί», η ομάδα μελέτης αξιολογεί αν το Έργο παρουσιάζει αποδεκτή ανθεκτικότητα ή αν απαιτούνται να εξεταστούν πρόσθετα μέτρα προσαρμογής, και αιτιολογεί δεόντως το συμπέρασμα της .



**Παράδειγμα Γ: Ανάλυση διακινδύνευσης ΕΕΛ 230.000 ι.κ.**

Επιστρέφοντας στο παράδειγμα της ΕΕΛ που εξυπηρετεί ισοδύναμο πληθυσμό 230.000 κατοίκων σε Δήμο της ηπειρωτικής χώρας με τριτοβάθμια επεξεργασία λυμάτων και αποδέκτη τον παρακείμενο ποταμό, παρουσιάζεται η ανάλυση διακινδύνευσης για τις πηγές κινδύνου στις οποίες το Έργο εμφανίζει τουλάχιστον μέτρια ή υψηλή τρωτότητα.

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

**Πίνακας: Βαθμονόμηση κλίμακας πιθανότητας εμφάνισης πηγών κινδύνου σε ΕΕΛ**

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 σε ΕΕΛ**

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 επιπτώσεων κάθε πηγής κινδύνου, αποτελεί τη βαθμολογία εγγενή κινδύνου για την οποία ορίζεται η ακόλουθη βαθμονόμηση της σημαντικότητας του:

**Πίνακας:** Βαθμονόμηση κλίμακας σημαντικότητας εγγενούς κινδύνου (διακινδύνευσης)

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 εμπειρογνωσία των μελετητών. Χρησιμοποιώντας αυτές, η ανάλυση διακινδύνευσης για το παράδειγμα Γ συνοψίζεται στον ακόλουθο πίνακα:

**Πίνακας:** Ανάλυση διακινδύνευσης σε ΕΕΛ

Πηγή Κινδύνου	Πιθανότητα εμφάνισης	Κλίμακα συνεπειών	Εγγενής κίνδυνος	
			Βαθμολογία	Περιγραφή
Καύσωνας	Σχεδόν βέβαιο	Ήσσονος σημασίας	10	Μέτριος
Δασική πυρκαγιά	Απίθανο	Ήσσονος σημασίας	4	Χαμηλός
Κυκλώνας, Ισχυρές Καταιγίδες, τυφώνας	Μέτριο	Μέτριες	9	Μέτριος
Θύελλα (περιλαμβάνονται χιονοθύελλες, θύελλες σκόνης)	Απίθανο	Μέτριες	6	Χαμηλός
Ανεμοστρόβιλος/Θυελλώδεις Άνεμοι	Απίθανο	Ήσσονος σημασίας	4	Χαμηλός
Ισχυρός υετός (βροχή, χαλάζι, χιόνι/πάγος)	Μέτριο	Μέτριες	9	Μέτριος
Πλημμύρα (σε παράκτιες	Μέτριο	Σημαντικές	12	Σημαντικός

περιοχές, ποτάμια, λόγω βροχής, υπόγεια ύδατα)				
Μεταβλητότητα υετού ή υδρολογική μεταβλητότητα	Απίθανο	Μέτριες	6	Χαμηλός
Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του νερού σε υδάτινα σώματα	Απίθανο	Ήσσονος σημασίας	4	Χαμηλός
Διαθεσιμότητα και καταπόνηση υδάτινων πόρων	Απίθανο	Ήσσονος σημασίας	4	Χαμηλός

Από την ανάλυση διακινδύνευσης, ως σημαντικός εγγενής κίνδυνος αναδεικνύεται η πλημμύρα λόγω της εγγύτητας στον ποταμό και ως μέτριοι εγγενείς κίνδυνοι ο καύσωνας και τα ισχυρά φαινόμενα ανέμου και υετού.

- Στην **πλημμύρα** από τον παρακείμενο ποταμό αποδίδεται μέτρια πιθανότητα εμφάνισης (50% σε ένα τυπικό έτος λειτουργίας) και θεωρείται ότι θα έχει σημαντικές επιπτώσεις για το Έργο. Συγκεντρώνει την υψηλότερη βαθμολογία εγγενούς κινδύνου για το συγκεκριμένο Έργο (3x4=12 πόντοι). Μια πλημμύρα μπορεί να καταστρέψει τμήματα του εξοπλισμού της ΕΕΛ, θα θέσει σε κίνδυνο την ασφάλεια των εργαζομένων, να δημιουργήσει προβλήματα μετακίνησης των εργαζομένων και των βυτιοφόρων μεταφοράς λυμάτων. Μπορεί επίσης να δημιουργήσει προβλήματα στη λειτουργία της ΕΕΛ με αποτέλεσμα την περιβαλλοντική ρύπανση της περιοχής (π.χ. επίτευξη μικρότερου βαθμού επεξεργασίας των λυμάτων από τον σχεδιασμό).
- Ο **καύσωνας** χαρακτηρίζεται ως μέτριος εγγενής κίνδυνος για την εγκατάσταση (βαθμολογία 5x2=10 πόντοι). Η εμφάνιση του καύσωνα θεωρείται σχεδόν βέβαιη σε ένα τυπικό έτος, όμως για το Έργο οι επιπτώσεις του είναι ήσσονος σημασίας. Στις συνέπειες μπορεί να περιλαμβάνονται για παράδειγμα η χαμηλότερη της σχεδιαζόμενης απόδοση της ΕΕΛ με αποτέλεσμα την εκροή επεξεργασμένων λυμάτων με συγκεντρώσεις ρύπων μεγαλύτερες των αναμενόμενων. Επιπλέον, ο καύσωνας οδηγεί σε αύξηση της κατανάλωσης νερού και, επομένως, στην αύξηση της εισροής λυμάτων στην ΕΕΛ, ενδεχομένως πάνω από το όριο σχεδιασμού της.
- Παροδικά έντονα φαινόμενα ανέμων και υετού (**Κυκλώνας, θύελλα, τυφώνας/Ισχυρός υετός**) χαρακτηρίζονται ως μέτριοι εγγενείς κίνδυνοι (βαθμολογία 3x3 πόντοι και για τις δύο πηγές κινδύνου). Τέτοια φαινόμενα θεωρείται ότι έχουν μέτρια πιθανότητα εμφάνισης και θα επιφέρουν μέτριες επιπτώσεις στην λειτουργία της εγκατάστασης μέσω βλαβών του εγκατεστημένου εξοπλισμού είτε με αυξημένη παροχή λυμάτων πέραν της μέγιστης παροχής σχεδιασμού.
- Η **δασική πυρκαγιά**, ο **ανεμοστρόβιλος** και η **μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα ή του νερού σε υδάτινα σώματα** χαρακτηρίζονται ως χαμηλοί εγγενείς κίνδυνοι

(βαθμολογία 2x2 πόντοι) γιατί θεωρείται απίθανο να συμβούν (πιθανότητα μικρότερη από 20% σε ένα τυπικό έτος λειτουργίας) και οι επιπτώσεις τους θα είναι ήσσονος σημασίας για το Έργο).

Βάσει των αποτελεσμάτων της ανάλυσης διακινδύνευσης, προέκυψαν μέτριοι ή σημαντικοί εγγενείς κίνδυνοι (μέτρια έως σημαντική διακινδύνευση), για τους οποίους εξετάζονται (πρόσθετα) μέτρα προσαρμογής, ώστε αυτοί οι κίνδυνοι να περιοριστούν σε αποδεκτά επίπεδα. Για τους εγγενείς κινδύνους που βαθμολογούνται ως «χαμηλοί», η ομάδα μελέτης αξιολογεί αν το Έργο παρουσιάζει αποδεκτή ανθεκτικότητα ή αν απαιτούνται να εξεταστούν πρόσθετα μέτρα προσαρμογής, και αιτιολογεί δεόντως το συμπέρασμα της .

### 3.2.2. Μέτρα για την ενίσχυση της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή

Εάν, βάσει των αποτελεσμάτων της ανάλυσης διακινδύνευσης, αξιολογείται ότι υποδομή δεν είναι ανθεκτική στην κλιματική αλλαγή και χρειάζεται να αναληφθούν (πρόσθετα) μέτρα προσαρμογής, τότε για κάθε αξιόλογο κίνδυνο που εντοπίζεται, εξετάζονται και αξιολογούνται στοχευμένα μέτρα προσαρμογής και, όπου κρίνεται δικαιολογημένα, ενσωματώνονται στην υποδομή. Η αξιολόγηση των διαφόρων εναλλακτικών μέτρων προσαρμογής μπορεί να είναι ποσοτική ή ποιοτική. Σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως τα έργα σχετικά χαμηλής αξίας με περιορισμένους κλιματικούς κινδύνους, μπορεί να είναι επαρκής μία ταχεία διαδικασία αξιολόγησης. Σε άλλες περιπτώσεις, ιδίως για μέτρα με σημαντικό κοινωνικοοικονομικό αντίκτυπο, είναι σημαντικό να χρησιμοποιηθούν πληρέστερες πληροφορίες και αξιολόγηση.

Το επόμενο βήμα είναι η ενσωμάτωση των μέτρων προσαρμογής στην υποδομή και στο ενδεδειγμένο στάδιο ανάπτυξής της. 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 Α: Μέτρα προσαρμογής σε ΕΕΛ 16.000 ι.κ.**

Για την εξεταζόμενη ΕΕΛ, σημαντικός εγγενής κίνδυνος προέρχεται από την εκδήλωση πυρκαγιάς στο δάσος με το οποίο συνορεύει. Μέτριος θεωρείται ο κίνδυνος πλημμύρισης του

παρακείμενου ποταμού που χρησιμοποιείται ως υδάτινος αποδέκτης των επεξεργασμένων λυμάτων. Επιπλέον, μέτριοι χαρακτηρίζονται για την εγκατάσταση κίνδυνοι που πηγάζουν από τα φαινόμενα καύσωνα, σφοδρών ανέμων και ισχυρού υετού για που στο μέλλον προβλέπεται να εντατικοποιηθούν.

Για τους εγγενείς κινδύνους που βαθμολογούνται ως «χαμηλοί», η ομάδα μελέτης έκρινε ότι απαιτούνται να εξεταστούν πρόσθετα προσαρμογής.

Ο Δικαιούχος του Έργου θεωρεί το «χαμηλό» επίπεδο υπολειπόμενου 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.

#### Προσδιορισμός επιλογών προσαρμογής

##### Καύσωνας

1. **Διαστασιολόγηση διαχείρισης παροχών.** Γενικά οι ακραίες μετεωρολογικές καταστάσεις μεταβάλλουν την κατανάλωση νερού και επομένως τις εισερχόμενες παροχές λυμάτων στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Η διαστασιολόγηση θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τέτοιες μεταβολές στην παροχή αιχμής που μπορεί να προέρχονται από αύξηση της κατανάλωσης νερού ή από φυσικές αιτίες όπως ο ισχυρός υετός. Επιπλέον ο σχεδιασμός της ΕΕΛ θα μπορούσε να περιλαμβάνει την ύπαρξη δεξαμενών αποθήκευσης για την εξισορρόπηση της παροχής. (Διαρθρωτικό μέτρο)
2. **Αυτοπαραγωγή ενέργειας.** Εγκατάσταση ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης. Εγκατάσταση μονάδας αναερόβιας χώνευσης της ιλύος και μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύση του βιοαερίου. Αυτά τα μέτρα μειώνουν την εξάρτηση της ΕΕΛ από το δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας και πιθανά προβλήματα στη λειτουργία του κατά τη διάρκεια επεισοδίων καύσωνα, όταν η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη είναι πολύ υψηλή. (Διαρθρωτικό μέτρο)

##### Δασική πυρκαγιά

1. **Αλλαγή χωροθέτησης:** Η εγκατάσταση χωροθετείται δίπλα σε δασική έκταση. Μια δασική πυρκαγιά θα μπορούσε να επεκταθεί στην ίδια την ΕΕΛ, και να επιφέρει σημαντικές συνέπειες λόγω καταστροφής τμημάτων του μηχανολογικού εξοπλισμού. Σε περίπτωση που η ανάλυση διακινδύνευσης πραγματοποιηθεί σε αρχικά στάδια του σχεδιασμού του Έργου θα μπορούσαν να εξεταστούν εναλλακτικές τοποθεσίες χωροθέτησης του. (Διαρθρωτικό μέτρο)
2. **Σύστημα πυρόσβεσης.** Η εγκατάσταση συστήματος πυρόσβεσης μειώνει σημαντικά τον κίνδυνο. (Διαρθρωτικό μέτρο)
3. **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 αντιπυρικής περιόδου μειώνει σημαντικά τον κίνδυνο επέκτασης της πυρκαγιάς. (Μη διαρθρωτικό μέτρο)

4. **Εκπαίδευση στην αντιμετώπιση έκτακτων περιστατικών.** Η οργάνωση των εργαζόμενων σε μια ΕΕΛ 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)

#### **Ακραία καιρικά φαινόμενα (κυκλώνας, θύελλα, τυφώνας, ανεμοστρόβιλος, ισχυρός υετός κλπ.)**

1. **Διαστασιολόγηση διαχείρισης παροχών.** Όπως αναφέρθηκε στην περίπτωση του καύσωνα. (Διαρθρωτικό μέτρο)
2. **Σταθεροποίηση μηχανολογικού εξοπλισμού.** Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων περιλαμβάνουν μηχανολογικό εξοπλισμό σε ανοιχτό χώρο. Για να αντιμετωπιστούν ακραία μετεωρολογικά φαινόμενα που μπορεί να περιλαμβάνουν πολύ δυνατούς ανέμους ή μεγάλη ραγδιότητα υετού θα πρέπει ο εξοπλισμός να είναι επαρκώς σταθεροποιημένος με σωστές βάσεις στήριξης και σχεδιασμό που αποφεύγει τις υψηλές κατασκευές. Το ίδιο ισχύει και για αγωγούς και σωληνώσεις. (Διαρθρωτικό μέτρο)
3. **Εκπαίδευση στην αντιμετώπιση έκτακτων περιστατικών.** Όπως αναφέρθηκε στην περίπτωση του καύσωνα. (Μη διαρθρωτικό μέτρο)

#### **Πλημμύρα**

1. **Μέτρα αντιπλημμυρικής προστασίας.** Πολλές ΕΕΛ βρίσκονται κοντά σε υδάτινα σώματα που λειτουργούν ως αποδέκτες των επεξεργασμένων λυμάτων. Έτσι, ο κίνδυνος πλημμύρας μπορεί να είναι σημαντικός. Μπορεί να προκαλέσει καταστροφές στον εξοπλισμό και εν γένει τις εγκαταστάσεις της ΕΕΛ και να θέσει σε κίνδυνο τους εργαζόμενους. Επιπλέον, ο συμπαρασυρμός μη επεξεργασμένων λυμάτων μπορεί να προκαλέσει ρύπανση στην περιοχή πλημμύρισης. Για τους λόγους αυτούς λαμβάνονται μέτρα αντιπλημμυρικής προστασίας. (Διαρθρωτικό μέτρο)

#### **Σημαντική μεταβλητότητα θερμοκρασιών**

1. **Διαστασιολόγηση διαχείρισης παροχών.** Όπως αναφέρθηκε στην περίπτωση του καύσωνα. (Διαρθρωτικό μέτρο)
2. **Έλεγχος διεργασιών.** Οι φυσικοχημικές και οι βιολογικές διεργασίες που πραγματοποιούνται στις ΕΕΛ επηρεάζονται από ακραίες θερμοκρασίες. Για

παράδειγμα, οι πληθυσμοί στις καλλιέργειες μικροοργανισμών μπορεί να μειωθούν με αποτέλεσμα τη μειωμένη αποτελεσματικότητα της επεξεργασίας. Οι διεργασίες θα πρέπει να ελέγχονται και να υπάρχουν διαδικασίες έκτακτης ανάγκης για περιπτώσεις ακραίων θερμοκρασιακών μεταβολών. (Μη διαρθρωτικό μέτρο)

3. **Μονώσεις σωληνώσεων.** Ιδιαίτερα σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες και παγετό, είναι δυνατό να επηρεαστούν οι σωληνώσεις. Αν η μεταβολή είναι απότομη μπορεί ακόμη και να καταστραφούν. Οι σωστές μονώσεις ή άλλη προστασία (π.χ. υπογειοποίηση) όπου απαιτείται, μειώνουν τον κίνδυνο. (Διαρθρωτικό μέτρο)

#### Υπολειπόμενος κίνδυνος

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι εγγενείς κίνδυνοι, τα επιλεχθέντα μέτρα προσαρμογής και οι υπολειπόμενοι κίνδυνοι. Οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν με χρήση του υπολογιστικού αρχείου excel που ανέπτυξε η Γ.Γ. Δημοσίων Επενδύσεων & ΕΣΠΑ.

**Πίνακας:** Αξιολόγηση υπολειπόμενου κινδύνου σε ΕΕΛ

Πηγή Κινδύνου	Εγγενής κίνδυνος		Μέτρα προσαρμογής	Μείωση κινδύνου	Υπολειπόμενος κίνδυνος	
	Β(*)	Π(**)			Β(*)	Π(**)
Καύσωνας	10	Μέτριος	Διαστασιολόγηση η διαχείρισης παροχών, αυτοπαραγωγή ενέργειας	7	3	Αμελητέος
Δασική πυρκαγιά	12	Σημαντικός	Σύστημα πυρόσβεσης, περιμετρική προστασία	6	6	Χαμηλός
Κυκλώνας, Ισχυρές Καταιγίδες, τυφώνας	9	Μέτριος	Σχεδιασμός σταθερών κατασκευών	5	4	Χαμηλός
Θύελλα (περιλαμβάνονται χιονοθύελλες, θύελλες σκόνης)	6	Χαμηλός	Σχεδιασμός σταθερών κατασκευών	5	1	Αμελητέος
Ανεμοστρόβιλος/Θυελλώδεις Άνεμοι	4	Χαμηλός	Σχεδιασμός σταθερών κατασκευών	3	1	Αμελητέος
Ισχυρός υετός (βροχή, χαλάζι, χιόνι/πάγος)	9	Μέτριος	Διαστασιολόγηση η διαχείρισης παροχών	6	3	Αμελητέος
Πλημμύρα (σε παράκτιες περιοχές, ποτάμια, λόγω βροχής, υπόγεια ύδατα)	8	Μέτριος	Αντιπλημμυρική προστασία από το γειτνιάζον ποτάμι	7	1	Αμελητέος
Μεταβλητότητα υετού ή υδρολογική	6	Χαμηλός	Διαστασιολόγηση η διαχείρισης	4	2	Αμελητέος



μεταβλητότητα			παροχών			
Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του νερού σε υδάτινα σώματα	4	Χαμηλός	Διαστασιολόγηση ή διαχείριση παροχών	3	1	Αμελητέος

Για την περίπτωση του **καύσωνα**, ως μέτρα προσαρμογής επιλέγονται ο έλεγχος του Έργου κατά τη φάση σχεδιασμού, ώστε να ανταποκρίνεται σε υψηλότερη μέγιστη παροχή εισερχόμενων λυμάτων και αυτοπαραγωγή ενέργειας. Τα μέτρα αυτά είναι εύλογα, κρίνοντας πως ο πληθυσμός θα αντιδράσει στον καύσωνα με αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας και χρήση περισσότερου νερού που θα καταλήξει στην αποχέτευση. Καθώς το Έργο βρίσκεται στη φάση σχεδιασμού η αλλαγή της διαστασιολόγησης επιβαρύνει μόνο σε επίπεδο μελέτης. Η αυτοπαραγωγή ενέργειας ενσωματώνεται στο σχεδιασμό μέσω της προσθήκης αναερόβιου χωνευτήρα και της καύσης του εκλυόμενου βιοαερίου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Εξασφαλίζοντας την παραγωγή ενέργειας σε μεγάλο βαθμό από ίδια μέσα, η εγκατάσταση αποκτά ενεργειακή αυτονομία και δεν επηρεάζεται από την διακοπή παροχής του δικτύου. Τα μέτρα αυτά κρίνονται ιδιαίτερα αποτελεσματικά και εκτιμάται σημαντική μείωση του εγγενούς κινδύνου. Επίσης, τα μέτρα αυτά συμβάλλουν στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής.

**Η δασική πυρκαγιά**, λόγω της τοποθεσίας του Έργου, αποτελεί σημαντικό κίνδυνο. Για το λόγο αυτό λαμβάνονται μέτρα προσαρμογής όπως η εγκατάσταση συστήματος πυρόσβεσης και η περιμετρική προστασία της εγκατάστασης με αντιπυρικά έργα. Επιτυγχάνεται η ελαχιστοποίηση του κινδύνου χωρίς σημαντική επιβάρυνση στον προϋπολογισμό του Έργου.

Κίνδυνοι από **ισχυρά φαινόμενα ανέμου**, επηρεάζουν κυρίως τα περιουσιακά στοιχεία του Έργου. Ο εκτεθειμένος μηχανολογικός εξοπλισμός αλλά και μηχανολογικός εξοπλισμός που στεγάζεται σε οικίσκους μη στιβαρής κατασκευής μπορούν να υποστούν ζημιά από τέτοια έντονα φαινόμενα. Συμπεριλαμβάνοντας μέτρα ενίσχυσης ή προφύλαξης του εξωτερικού εξοπλισμού στο σχεδιασμό και στεγάζοντας σε στέρεα κτίρια τον λοιπό μηχανολογικό εξοπλισμό, ο εγγενής κίνδυνος μειώνεται στα αποδεκτά επίπεδα.

**Κίνδυνοι που σχετίζονται με τα ύδατα** επιφέρουν την αύξηση της μέγιστης παροχής εισερχόμενων λυμάτων και την μεταβολή της ικανότητας του υδάτινου αποδέκτη να υποδέχεται επεξεργασμένα λύματα. Επειδή οι συνέπειες ομαδοποιούνται κατά αυτόν τον τρόπο, οι κίνδυνοι αντιμετωπίζονται συνολικά μέσω επανεξέτασης της διαστασιολόγησης του Έργου, σχεδιάζοντας για υψηλότερη μέγιστη παροχή εισροής και χαμηλότερες οριακές συγκεντρώσεις στον αποδέκτη.

Ο κίνδυνος από την **πλημμύριση** του παρακείμενου ποταμού είναι μέτριος. Εφαρμόζονται αντιπλημμυρικά μέτρα που θωρακίζουν την εγκατάσταση από την πιθανή υπερχειλίση του ποταμού. Τα μέτρα συγκεντρώνουν υψηλή βαθμολογία και μειώνουν τον εγγενή κίνδυνο

επαρκώς, καθώς ο υπολειπόμενος κίνδυνος είναι πλέον χαμηλός.

Τα μέτρα προσαρμογής προέρχονται από κοινές πρακτικές διαχείρισης κινδύνων και σχεδιασμού εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων. Καθώς πρόκειται για κατασκευή νέου έργου η ενσωμάτωση των μέτρων επιβαρύνει αρχικά μόνο σε επίπεδο μελέτης. Επιπλέον, η συνολική επιβάρυνση του προϋπολογισμού είναι περιορισμένη και δεν καθιστά την οικονομική αξιολόγηση των μέτρων προσαρμογής απαραίτητη.

#### **Παράδειγμα Γ: Μέτρα προσαρμογής σε ΕΕΛ 230.000 ι.κ.**

Για την εξεταζόμενη ΕΕΛ, σημαντικός εγγενής κίνδυνος προέρχεται από την πλημμύριση του παρακείμενου ποταμού που χρησιμοποιείται ως υδάτινος αποδέκτης των επεξεργασμένων λυμάτων. Επιπλέον, μέτριοι χαρακτηρίζονται για την εγκατάσταση κίνδυνοι που πηγάζουν από τα φαινόμενα καύσωνα, σφοδρών ανέμων και ισχυρού υετού για που στο μέλλον προβλέπεται να εντατικοποιηθούν.

Για τους εγγενείς κινδύνους που βαθμολογούνται ως «χαμηλοί», η ομάδα μελέτης έκρινε ότι απαιτούνται να εξεταστούν πρόσθετα προσαρμογής.

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.

#### *Προσδιορισμός επιλογών προσαρμογής*

##### **Καύσωνας**

1. **Διαστασιολόγηση διαχείρισης παροχών.** Γενικά οι ακραίες μετεωρολογικές καταστάσεις μεταβάλλουν την κατανάλωση νερού και επομένως τις εισερχόμενες παροχές λυμάτων στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Η διαστασιολόγηση θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τέτοιες μεταβολές στην παροχή αιχμής που μπορεί να προέρχονται από αύξηση της κατανάλωσης νερού ή από φυσικές αιτίες όπως ο ισχυρός υετός. Επιπλέον μέτρα στο σχεδιασμό της ΕΕΛ θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν την ύπαρξη δεξαμενών για την εξισορρόπηση της παροχής. (Διαρθρωτικό μέτρο)
2. **Αυτοπαραγωγή ενέργειας.** Εγκατάσταση ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε περιπτώσεις ανάγκης. Εγκατάσταση μονάδας αναερόβιας χώνευσης της ιλύος και μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με



καύση του βιοαερίου. Αυτά τα μέτρα μειώνουν την εξάρτηση της ΕΕΛ από το δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας και πιθανά προβλήματα στη λειτουργία του κατά τη διάρκεια επεισοδίων καύσωνα, όταν η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη είναι πολύ υψηλή. (Διαρθρωτικό μέτρο)

#### **Δασική πυρκαγιά**

1. **Σύστημα πυρόσβεσης.** Αν και η ΕΕΛ που αναφέρεται στο παράδειγμα δεν έχει χωροθετηθεί εντός δασικής έκτασης, μια δασική πυρκαγιά θα μπορούσε να επεκταθεί σε αγροτικές και ημι-αστικές εκτάσεις και, επομένως, να επηρεάσει την ΕΕΛ, κυρίως λόγω καταστροφής τμημάτων του μηχανολογικού εξοπλισμού. Η εγκατάσταση συστήματος πυρόσβεσης μειώνει σημαντικά τον κίνδυνο. (Διαρθρωτικό μέτρο)
2. **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 αντιπυρικής περιόδου μειώνει σημαντικά τον κίνδυνο επέκτασης της πυρκαγιάς. (Μη διαρθρωτικό μέτρο)
3. **Εκπαίδευση στην αντιμετώπιση έκτακτων περιστατικών.** Η οργάνωση των εργαζόμενων σε μια ΕΕΛ 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)

#### **Ακραία καιρικά φαινόμενα (κυκλώνας, θύελλα, τυφώνας, ανεμοστρόβιλος, ισχυρός υετός κλπ.)**

1. **Διαστασιολόγηση διαχείρισης παροχών.** Όπως αναφέρθηκε στην περίπτωση του καύσωνα. (Διαρθρωτικό μέτρο)
2. **Σταθεροποίηση μηχανολογικού εξοπλισμού.** Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων περιλαμβάνουν μηχανολογικό εξοπλισμό σε ανοικτό χώρο. Για να αντιμετωπιστούν ακραία μετεωρολογικά φαινόμενα που μπορεί να περιλαμβάνουν πολύ δυνατούς ανέμους ή μεγάλη ραγδικότητα υετού θα πρέπει ο εξοπλισμός να είναι επαρκώς σταθεροποιημένος με σωστές βάσεις στήριξης και σχεδιασμό που αποφεύγει τις υψηλές κατασκευές. Το ίδιο ισχύει και για αγωγούς και σωληνώσεις. (Διαρθρωτικό μέτρο)
3. **Εκπαίδευση στην αντιμετώπιση έκτακτων περιστατικών.** Όπως αναφέρθηκε στην περίπτωση του καύσωνα. (Μη διαρθρωτικό μέτρο)

#### **Πλημμύρα**

1. **Μέτρα αντιπλημμυρικής προστασίας.** Πολλές ΕΕΛ βρίσκονται κοντά σε υδάτινα

σώματα που λειτουργούν ως αποδέκτες των επεξεργασμένων λυμάτων. Έτσι, ο κίνδυνος πλημμύρας μπορεί να είναι σημαντικός. Μπορεί να προκαλέσει καταστροφές στον εξοπλισμό και εν γένει τις εγκαταστάσεις της ΕΕΛ και να θέσει σε κίνδυνο τους εργαζόμενους. Επιπλέον, ο συμπαρασυρμός μη επεξεργασμένων λυμάτων μπορεί να προκαλέσει ρύπανση στην περιοχή πλημμύρισης. Για τους λόγους αυτούς λαμβάνονται μέτρα αντιπλημμυρικής προστασίας. (Διαρθρωτικό μέτρο)

2. **Αλλαγή χωροθέτησης:** Σε περίπτωση που η ανάλυση διακινδύνευσης πραγματοποιηθεί σε αρχικά στάδια του σχεδιασμού του Έργου θα μπορούσαν να εξεταστούν εναλλακτικές τοποθεσίες χωροθέτησης του. (Διαρθρωτικό μέτρο)

### Σημαντική μεταβλητότητα θερμοκρασιών

4. **Διαστασιολόγηση διαχείρισης παροχών.** Όπως αναφέρθηκε στην περίπτωση του καύσωνα. (Διαρθρωτικό μέτρο)
5. **Έλεγχος διεργασιών.** Οι φυσικοχημικές και οι βιολογικές διεργασίες που πραγματοποιούνται στις ΕΕΛ επηρεάζονται από ακραίες θερμοκρασίες. Για παράδειγμα, οι πληθυσμοί στις καλλιέργειες μικροοργανισμών μπορεί να μειωθούν με αποτέλεσμα τη μειωμένη αποτελεσματικότητα της επεξεργασίας. Οι διεργασίες θα πρέπει να ελέγχονται και να υπάρχουν διαδικασίες έκτακτης ανάγκης για περιπτώσεις ακραίων θερμοκρασιακών μεταβολών. (Μη διαρθρωτικό μέτρο)
6. **Μονώσεις σωληνώσεων.** Ιδιαίτερα σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες και παγετό, είναι δυνατό να επηρεαστούν οι σωληνώσεις. Αν η μεταβολή είναι απότομη μπορεί ακόμη και να καταστραφούν. Οι σωστές μονώσεις ή άλλη προστασία (π.χ. υπογειοποίηση) όπου απαιτείται, μειώνουν τον κίνδυνο. (Διαρθρωτικό μέτρο)

### Υπολειπόμενος κίνδυνος

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι εγγενείς κίνδυνοι, τα επιλεχθέντα μέτρα προσαρμογής και ο υπολειπόμενος κίνδυνος. Οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν με το υπολογιστικό αρχείο excel που ανέπτυξε η Γ.Γ. Δημοσίων Επενδύσεων & ΕΣΠΑ.

**Πίνακας: Αξιολόγηση υπολειπόμενου κινδύνου σε ΕΕΛ**

Πηγή Κινδύνου	Εγγενής κίνδυνος		Μέτρα προσαρμογής	Μείωση κινδύνου	Υπολειπόμενος κίνδυνος	
	Β(*)	Π(**)			Β(*)	Π(**)
Καύσωνας	10	Μέτριος	Διαστασιολόγηση διαχείρισης παροχών, αυτοπαραγωγή ενέργειας	7	3	Αμελητέος
Δασική πυρκαγιά	4	Χαμηλός	Σύστημα πυρόσβεσης,	2	2	Αμελητέος

			περιμετρική προστασία, εκπαίδευση			
Κυκλώνας, Ισχυρές Καταιγίδες, τυφώνας	9	Μέτριος	Σχεδιασμός σταθερών κατασκευών	5	4	Χαμηλός
Θύελλα (περιλαμβάνονται χιονοθύελλες, θύελλες σκόνης)	6	Χαμηλός	Σχεδιασμός σταθερών κατασκευών, εκπαίδευση σε έκτακτα περιστατικά	5	1	Αμελητέος
Ανεμοστρόβιλος/Θυελλώδεις Άνεμοι	4	Χαμηλός	Σχεδιασμός σταθερών κατασκευών	3	1	Αμελητέος
Ισχυρός υετός (βροχή, χαλάζι, χιόνι/πάγος)	9	Μέτριος	Διαστασιολόγηση διαχείρισης παροχών	6	3	Αμελητέος
Πλημμύρα (σε παράκτιες περιοχές, ποτάμια, λόγω βροχής, υπόγεια ύδατα)	12	Σημαντικός	Αντιπλημμυρική προστασία από το γειτνιάζον ποτάμι	7	5	Χαμηλός
Μεταβλητότητα υετού ή υδρολογική μεταβλητότητα	6	Χαμηλός	Διαστασιολόγηση διαχείρισης παροχών	4	2	Αμελητέος
Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του νερού σε υδάτινα σώματα	4	Χαμηλός	Διαστασιολόγηση διαχείρισης παροχών, έλεγχος διεργασιών, μονώσεις σωληνώσεων	3	1	Αμελητέος
(*) Β: Βαθμολογία, (**) Π: Περιγραφή						

Για την περίπτωση του **καύσωνα**, ως μέτρα προσαρμογής επιλέγονται ο έλεγχος του Έργου κατά τη φάση σχεδιασμού, ώστε να ανταποκρίνεται σε υψηλότερη μέγιστη παροχή εισερχόμενων λυμάτων και αυτοπαραγωγή ενέργειας. Τα μέτρα αυτά είναι εύλογα, κρίνοντας πως ο πληθυσμός θα αντιδράσει στον καύσωνα με αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας και χρήση περισσότερου νερού που θα καταλήξει στην αποχέτευση. Καθώς το Έργο βρίσκεται στη φάση σχεδιασμού η αλλαγή της διαστασιολόγησης επιβαρύνει μόνο σε επίπεδο μελέτης. Η αυτοπαραγωγή ενέργειας ενσωματώνεται στο σχεδιασμό μέσω της προσθήκης αναερόβιου χωνευτήρα και της καύσης του εκλυόμενου βιοαερίου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Εξασφαλίζοντας την παραγωγή ενέργειας σε μεγάλο βαθμό από ίδια μέσα, η εγκατάσταση αποκτά ενεργειακή αυτονομία και δεν επηρεάζεται από την διακοπή παροχής του δικτύου. Τα μέτρα αυτά κρίνονται ιδιαίτερα αποτελεσματικά και εκτιμάται σημαντική

μείωση του εγγενούς κινδύνου. Επίσης, τα μέτρα αυτά συμβάλλουν στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής.

**Η δασική πυρκαγιά**, λόγω της τοποθεσίας του Έργου, δεν αποτελεί σημαντικό κίνδυνο, ωστόσο εφαρμόζονται προληπτικά μέτρα προσαρμογής όπως η εγκατάσταση συστήματος πυρόσβεσης και η περιμετρική προστασία της εγκατάστασης με αντιπυρικά έργα. Επιτυγχάνεται η ελαχιστοποίηση του κινδύνου χωρίς σημαντική επιβάρυνση στον προϋπολογισμό του Έργου.

Κίνδυνοι από **ισχυρά φαινόμενα ανέμου**, επηρεάζουν κυρίως τα περιουσιακά στοιχεία του Έργου. Ο εκτεθειμένος μηχανολογικός εξοπλισμός αλλά και μηχανολογικός εξοπλισμός που στεγάζεται σε οικίσκους μη στιβαρής κατασκευής μπορούν να υποστούν ζημιά από τέτοια έντονα φαινόμενα. Συμπεριλαμβάνοντας μέτρα ενίσχυσης ή προφύλαξης του εξωτερικού εξοπλισμού στο σχεδιασμό και στεγάζοντας σε στέρεα κτίρια τον λοιπό μηχανολογικό εξοπλισμό, ο εγγενής κίνδυνός μειώνεται στα αποδεκτά επίπεδα.

**Κίνδυνοι που σχετίζονται με τα ύδατα** επιφέρουν την αύξηση της μέγιστης παροχής εισερχόμενων λυμάτων και την μεταβολή της ικανότητας του υδάτινου αποδέκτη να υποδέχεται επεξεργασμένα λύματα. Επειδή οι συνέπειες ομαδοποιούνται κατά αυτόν τον τρόπο, οι κίνδυνοι αντιμετωπίζονται συνολικά μέσω επανεξέτασης της διαστασιολόγησης του Έργου, σχεδιάζοντας για υψηλότερη μέγιστη παροχή εισροής και χαμηλότερες οριακές συγκεντρώσεις στον αποδέκτη.

Ο κίνδυνος από την **πλημμύριση** του παρακείμενου ποταμού είναι σημαντικός. Απαραίτητα, εφαρμόζονται αντιπλημμυρικά μέτρα που θωρακίζουν την εγκατάσταση από την πιθανή υπερχειλίση του ποταμού. Τα μέτρα συγκεντρώνουν υψηλή βαθμολογία και μειώνουν τον εγγενή κίνδυνο επαρκώς, καθώς ο υπολειπόμενος κίνδυνος είναι πλέον χαμηλός.

Τα μέτρα προσαρμογής προέρχονται από κοινές πρακτικές διαχείρισης κινδύνων και σχεδιασμού εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων. Καθώς πρόκειται για κατασκευή νέου έργου η ενσωμάτωση των μέτρων επιβαρύνει αρχικά μόνο σε επίπεδο μελέτης. Επιπλέον, η συνολική επιβάρυνση του προϋπολογισμού είναι περιορισμένη και δεν καθιστά την οικονομική αξιολόγηση των μέτρων προσαρμογής απαραίτητη.

### 6.2.3. 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 Α: Παρακολούθηση και επανεξέταση της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή**

Στο Παράδειγμα εξετάστηκε ο εγγενής κίνδυνος σε μια ΕΕΛ.16.000 ι.κ. Προσδιορίστηκε ότι οι πηγές κινδύνου καύσωνας, δασική πυρκαγιά, ακραία καιρικά φαινόμενα (κυκλώνας, τυφώνας, ανεμοστρόβιλος, ισχυρός υετός, κλπ.), πλημμύρα και οι μεταβολές της θερμοκρασίας και του υετού δημιουργούν εγγενή κίνδυνο που πρέπει να αντιμετωπιστεί. Στη συνέχεια, προτάθηκαν ενδεικτικά μέτρα, κάποια από τα οποία αποτελούν διαρθρωτικά μέτρα (σχεδιασμός παροχών, ηλεκτροζεύγη, μονάδα ηλεκτροπαραγωγής με βιοαέριο, κλπ) ενώ κάποια αποτελούν μη διαρθρωτικά μέτρα (ανάπτυξη διαδικασιών, εκπαίδευση προσωπικού, έλεγχος παραγωγικών διαδικασιών, έλεγχος περιμετρικής ζώνης ΕΕΛ, κλπ).

Στο πλαίσιο αυτό θα αναπτυχθεί ένα ευρύτερο σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης σύμφωνα με το πρότυπο ISO 14001 για την συνολική παρακολούθηση των περιβαλλοντικών επιδόσεων της ΕΕΛ και ειδικά για τη βελτίωση της προσαρμογής της στην κλιματική αλλαγή. Η διοίκηση της ΕΕΛ 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 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**

- Μέτρηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και συσχέτιση αυτής με τις μετρούμενες εισροές λυμάτων έτσι ώστε να προσδιοριστεί η ποσοτική τους σχέση να εκτιμηθεί ο κίνδυνος αύξησης των εισροών με την αύξηση της θερμοκρασίας.

### **Δασική πυρκαγιά**

- Παρακολούθηση της βλάστησης περιμετρικά της εγκατάστασης. Διαχείριση της βλάστησης με στόχο τη μείωση της καύσιμης ύλης. Συνεννόηση με τις τοπικές αρχές για τον εποχικό καθαρισμό της δασικής έκτασης πλησίον της εγκατάστασης
- Ετήσια δοκιμή του πυροσβεστικού συστήματος και κοινή άσκηση πυρόσβεσης με την τοπική πυροσβεστική. Παράλληλα μπορεί να γίνεται εκπαίδευση του προσωπικού πυρόσβεσης.
- Έλεγχος της αποθήκευσης εύφλεκτων υλικών

### **Ακραία καιρικά φαινόμενα**

- 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

### **Πλημμύρα**

- Παρακολούθηση της στάθμης του γειτονικού ποταμού. Λήψη σχετικών προειδοποιητικών δελτίων από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία και την Πολιτική Προστασία.
- Έλεγχος της αποθήκευσης χημικών ή άλλων υλικών που θα μπορούσαν να συμπαρασυρθούν σε περίπτωση πλημμύρας και να δημιουργήσουν πρόβλημα ρύπανσης στην περιοχή.
- Ασκήσεις αντιμετώπισης πλημμύρας.

### **Ακραίες θερμοκρασιακές μεταβολές**

- Εντοπισμός των παραμέτρων λειτουργίας που είναι ευαίσθητες σε ακραίες μεταβολές της θερμοκρασίας (ή άλλων κλιματικών παραμέτρων όπως η υγρασία, η ηλιακή ακτινοβολία, ο υετός, κλπ.).
- Ανάπτυξη διαδικασιών προστασίας των διεργασιών με κατάλληλες αλλαγές (π.χ. στην παροχή, στο χρόνο, στην προσθήκη χημικών, κλπ.)



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.

#### **Παράδειγμα Γ: Παρακολούθηση και επανεξέταση της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή**

Στο Παράδειγμα εξετάστηκε ο εγγενής κίνδυνος σε μια ΕΕΛ.230.000 ι.κ. Προσδιορίστηκε ότι οι πηγές κινδύνου καύσωνας, δασική πυρκαγιά, ακραία καιρικά φαινόμενα (κυκλώνας, τυφώνας, ανεμοστρόβιλος, ισχυρός υετός, κλπ.), πλημμύρα και οι μεταβολές της θερμοκρασίας και του υετού δημιουργούν εγγενή κίνδυνο που πρέπει να αντιμετωπιστεί. Στη συνέχεια, προτάθηκαν ενδεικτικά μέτρα, κάποια από τα οποία αποτελούν διαρθρωτικά μέτρα (σχεδιασμός παροχών, ηλεκτροζεύγη, μονάδα ηλεκτροπαραγωγής με βιοαέριο, κλπ) ενώ κάποια αποτελούν μη διαρθρωτικά μέτρα (ανάπτυξη διαδικασιών, εκπαίδευση προσωπικού, έλεγχος παραγωγικών διαδικασιών, έλεγχος περιμετρικής ζώνης ΕΕΛ, κλπ).

Στο πλαίσιο αυτό θα αναπτυχθεί ένα ευρύτερο σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης σύμφωνα με το πρότυπο ISO 14001 για την συνολική παρακολούθηση των περιβαλλοντικών επιδόσεων της ΕΕΛ και ειδικά για τη βελτίωση της προσαρμογής της στην κλιματική αλλαγή. Η διοίκηση της ΕΕΛ 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**

- Μέτρηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και συσχέτιση αυτής με τις μετρούμενες εισροές λυμάτων έτσι ώστε να προσδιοριστεί η ποσοτική τους σχέση να εκτιμηθεί ο κίνδυνος αύξησης των εισροών με την αύξηση της θερμοκρασίας.

#### **Δασική πυρκαγιά**

- Παρακολούθηση της βλάστησης περιμετρικά της εγκατάστασης. Διαχείριση της βλάστησης με στόχο τη μείωση της καύσιμης ύλης. Συνεννόηση με τις τοπικές αρχές για τον εποχικό καθαρισμό της δασικής έκτασης πλησίον της εγκατάστασης.
- Ετήσια δοκιμή του πυροσβεστικού συστήματος και κοινή άσκηση πυρόσβεσης με την τοπική πυροσβεστική. Παράλληλα μπορεί να γίνεται εκπαίδευση του προσωπικού πυρόσβεσης.
- Έλεγχος της αποθήκευσης εύφλεκτων υλικών

#### **Ακραία καιρικά φαινόμενα**

- Παρακολούθηση της μετεωρολογικής πρόβλεψης έτσι ώστε να προβλέπονται ακραίες καταστάσεις. Λήψη των σχετικών προειδοποιητικών δελτίων από την Εθνική 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

#### **Πλημμύρα**

- Παρακολούθηση της στάθμης του γειτονικού ποταμού. Λήψη σχετικών προειδοποιητικών δελτίων από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία και την Πολιτική Προστασία.
- Έλεγχος της αποθήκευσης χημικών ή άλλων υλικών που θα μπορούσαν να συμπαρασυρθούν σε περίπτωση πλημμύρας και να δημιουργήσουν πρόβλημα ρύπανσης στην περιοχή

- Ασκήσεις αντιμετώπισης πλημμύρας

#### Ακραίες θερμοκρασιακές μεταβολές

- Εντοπισμός των παραμέτρων λειτουργίας που είναι ευαίσθητες σε ακραίες μεταβολές της θερμοκρασίας (ή άλλων κλιματικών παραμέτρων όπως η υγρασία, η ηλιακή ακτινοβολία, ο υετός, κλπ.).
- Ανάπτυξη διαδικασιών προστασίας των διεργασιών με κατάλληλες αλλαγές (π.χ. στην παροχή, στο χρόνο, στην προσθήκη χημικών, κλπ.)

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.

#### 6.2.4. 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.»

Σύμφωνα με την Εθνική στρατηγική για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή (ΥΠΕΝ,2016) προκρίνεται η χρήση ανακυκλωμένου νερού για άρδευση (κεφ. 4.6, Υδάτινοι πόροι: Μέτρο 2.3) καθώς και η εν γένει ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων (κεφ. 5.4 Ενσωμάτωση προσαρμοστικών πολιτικών σε ευρύτερες πολιτικές). Σύμφωνα με αυτές τις κατευθύνσεις, η δυνατότητα χρήσης της εκροής των ΕΕΛ για άρδευση και της επεξεργασμένης υλός σε περαιτέρω χρήσεις (π.χ. κομποστοποίηση, ενεργειακή αξιοποίηση) θεωρούνται μέτρα προσαρμογής. Η υιοθέτησή τέτοιων πρακτικών αυξάνει τη συνολική κλιματική ανθεκτικότητα της κοινωνίας. Επίσης, η ΕΣΠΚΑ (κεφ. 5.4 Ενσωμάτωση προσαρμοστικών πολιτικών σε ευρύτερες πολιτικές) προκρίνει το κριτήριο της «κλιματικά ασφαλούς επένδυσης», το οποίο και εφαρμόζεται μέσω της αξιολόγησης της κλιματικής ανθεκτικότητας του Έργου και της λήψης μέτρων προσαρμογής για τη μείωση του εγγενούς κινδύνου.

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 και τα μέτρα του ΠεΣΠΚΑ. Σημειώνεται ότι στα περισσότερα ΠεΣΠΚΑ) αναφέρονται σχετικά με τις ΕΕΛ το θέμα των πλημμυρικών παροχών που ενδέχεται να δημιουργήσουν πρόβλημα στη λειτουργία μιας ΕΕΛ και το θέμα της διαχείρισης των επεξεργασμένων λυμάτων μέσω της χρήσης τους για άρδευση για την αντιμετώπιση της πιθανής μείωσης των διαθέσιμων υδάτινων πόρων (π.χ. ΠεΣΠΚΑ Αττικής, Κεντρικής Μακεδονίας).

## 7. 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.

Επίσης, έχει δημιουργηθεί ειδική ενότητα στον Εθνικό Κόμβο για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή στο πλαίσιο του έργου LIFE-IP AdaptInGR που επικαιροποιείται συνεχώς με νέα στοιχεία και δεδομένα: <https://adaptivegreecehub.gr/eleghos-klimatikis-anthektikotitas/>

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, 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5: Waste
- 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 841B/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)
- ΚΥΑ 76/2016 (ΦΕΚ Β 4217/28.12.2016), Πετρέλαιο εσωτερικής καύσης (DIESEL) που χρησιμοποιείται ως καύσιμο κινητήρων - Απαιτήσεις και μέθοδοι δοκιμών