



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ειδική Οικολογική Αξιολόγηση έργων σε περιοχές NATURA2000.
Μελέτη περίπτωσης, κατασκευή φωτοβολταϊκού πάρκου, εντός της
περιοχής του δικτύου NATURA 2000 «Περιοχή Τυρνάβου» με
κωδικό GR1420013

ΘΕΜΕΛΗ ΕΛΕΝΗ



Επιβλέποντας καθηγητής:
Δρ. Χρηστάκης Χρήστος

Λάρισα, 2025

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή μου, Δρ. Χρήστο Χρηστάκη, για την πολύτιμη καθοδήγηση, τη διαρκή υποστήριξη και τις εποικοδομητικές παρατηρήσεις του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Η συμβολή του υπήρξε καθοριστική για την ολοκλήρωση του έργου αυτού.

Επίσης, ευχαριστώ θερμά την οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράσταση και ενθάρρυνση σε κάθε στάδιο των σπουδών μου. Η υπομονή, η αγάπη και η πίστη τους στις δυνατότητές μου αποτέλεσαν πηγή δύναμης.

Τέλος, ευχαριστώ τα μέλη του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών "Διαχείριση Περιβάλλοντος" του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για τις γνώσεις και τα εφόδια που μου παρείχαν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Πίνακας περιεχομένων

Πίνακας εικόνων.....	8
Περίληψη	10
Abstract.....	11
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	12
1. Θεσμικό πλαίσιο.....	14
1.1. Το θεσμικό πλαίσιο προστασίας του περιβάλλοντος στην Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση	14
1.2. Η νομοθεσία για την περιβαλλοντική αδειοδότηση έργων σε προστατευόμενες περιοχές	17
1.3. Ο νόμος Υ.Α 170225/2014 (ΦΕΚ 135/Β'/27.1.2014) και οι απαιτήσεις του	21
1.4. Περιεχόμενα του Φακέλου της Περιβαλλοντικής Αδειοδότησης	25
1.5. Η σημασία της ειδικής οικολογικής αξιολόγησης για έργα σε περιοχές Natura 2000.....	27
1.6 Κατηγορίες έργων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας	30
2. Μελέτη Περίπτωσης Φ/Β υποκατηγορίας Α2 εντός Περιοχής του δικτύου Natura 2000.	33
2.1. Γενικά χαρακτηριστικά της περιοχής ΖΕΠ GR1420013 («Περιοχή Τυρνάβου»)	37
2.1.1. Γεωγραφική θέση και τοπογραφία	37
2.1.2. Κλιματικά και μετεωρολογικά δεδομένα	41
2.2. Χρήσεις γης και ανθρωπογενείς δραστηριότητες στην περιοχή.....	46

2.2.1. Υφιστάμενες χρήσεις γης.....	46
2.2.2. Γεωργία, κτηνοτροφία και άλλες οικονομικές δραστηριότητες	50
2.3. Οικολογικά χαρακτηριστικά και προστατευόμενα είδη	54
2.3.1. Βιότοποι και τύποι οικοτόπων	54
2.3.2. Προστατευόμενα είδη χλωρίδας και πανίδας σύμφωνα με τις Οδηγίες 92/43/ΕΟΚ και 2009/147/ΕΚ	57
2.3.3 Αναλυτική περιγραφή ειδών χαρακτηρισμού ΖΕΠ GR1420013: <i>Falco naumanni</i> & <i>Falco tinnunculus</i>	59
KIPKINEZI (<i>Falco naumanni</i>)	59
ΑΕΤΟΓΕΡΑΚΙΝΑ (<i>Falco tinnunculus</i>)	63
3. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΠΑΡΚΟ	68
3.1. Γενικά στοιχεία του έργου και στόχοι εγκατάστασης	68
3.2. Χωροθέτηση του έργου και κάλυψη γης	70
3.3. Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων	72
3.4. Υποδομές και δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.....	75
3.5. Διαδικασία αδειοδότησης και χρονοδιάγραμμα κατασκευής	78
4. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ.....	81
4.1. Επιπτώσεις στο τοπίο και τις χρήσεις γης	81
4.2. Επιπτώσεις στο μικροκλίμα της περιοχής.....	83
4.3. Αλλαγές στους οικοτόπους και τη χλωρίδα της περιοχής.....	87
4.4. Πιθανές επιπτώσεις στη χερσαία και υδάτινη πανίδα	91
4.5. Επιπτώσεις στη συνολική οικολογική ισορροπία	93

5. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ΣΤΗΝ ΟΡΝΙΘΟΠΑΝΙΔΑ	96
5.1. Σύνθεση και σημασία της ορνιθοπανίδας στη ΖΕΠ GR1420013	96
5.2. Άμεσα και έμμεσα αποτελέσματα της κατασκευής του έργου στα πτηνά	96
5.3. Επιπτώσεις από τη λειτουργία του φωτοβολταϊκού πάρκου στην ορνιθοπανίδα.....	99
5.4. Κίνδυνοι σύγκρουσης και μέτρα μετριασμού	101
5.5. Διαχείριση της ορνιθοπανίδας κατά την κατασκευή και λειτουργία του έργου.....	103
6. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΡΑ ΜΕΤΡΙΑΣΜΟΥ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ	106
6.1. Μέτρα προστασίας και αποκατάστασης του περιβάλλοντος.....	106
6.2. Περιβαλλοντική παρακολούθηση κατά την κατασκευή και τη λειτουργία	108
6.3. Στρατηγικές ενσωμάτωσης του έργου στο φυσικό περιβάλλον.....	110
6.4. Βέλτιστες πρακτικές για την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων	112
6.5. Προτάσεις για τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα του έργου.....	115
6.6 Προτάσεις Αποκατάστασης μετά την Παύση Λειτουργίας του Έργου .	119
7. Συζήτηση - Συμπεράσματα	122
8. Προτάσεις	127
Βιβλιογραφία.....	128

Πίνακας εικόνων

Εικόνα 1. Το δίκτυο Natura 2000 στην Ελλάδα, με τις περιοχές Ειδικής Προστασίας (SPA), Ειδικής Διατήρησης (SCI) και μικτές περιοχές (SCI/SPA). Ο χάρτης αποτυπώνει την κατανομή των προστατευόμενων περιοχών σε όλη την επικράτεια, βάσει της Οδηγίας για τα Πτηνά και της Οδηγίας για τους Οικοτόπους. Πηγή: European Environment Agency (EEA).	22
Εικόνα 2. Γεωλογικός χάρτης της περιοχής Τυρνάβου	38
Εικόνα 3. Χάρτης χρήσεων γης στην περιοχή μελέτης (Ζώνη Ειδικής Προστασίας GR1420013 – Τύρναβος), βασισμένος στα δεδομένα CORINE Land Cover 2018. Απεικονίζονται κατηγορίες όπως αστικός ιστός, βιομηχανικές εγκαταστάσεις, μη αρδευόμενες καλλιέργειες, ελαιώνες, βοσκότοποι, σύνθετες γεωργικές εκτάσεις, δασικές και υγροτοπικές περιοχές. Περιλαμβάνονται κλίμακα, βορειοδείκτης και υπόμνημα με τους αντίστοιχους κωδικούς CORINE.	46
Εικόνα 4. Αρσενικό <i>Falco naumanni</i>	60
Εικόνα 5. Παγκόσμιος χάρτης κατανομής του κερκινέζι (<i>Falco naumanni</i>). Με κίτρινο απεικονίζονται οι περιοχές αναπαραγωγής (κυρίως Νότια Ευρώπη, Τουρκία, Κεντρική Ασία), με μπλε οι περιοχές διαχείμασης (υποσαχάρια Αφρική), ενώ με πράσινο σημειώνονται οι μεταναστευτικές διαδρομές και ενδιάμεσες στάσεις. Ο χάρτης αναδεικνύει τον μεταναστευτικό χαρακτήρα του είδους, με ιδιαίτερη σημασία για την προστασία του τόσο στις περιοχές φωλιάσματος όσο και στους ενδιάμεσους και τελικούς σταθμούς.	63

Εικόνα 6. Χάρτης κατανομής του <i>Falco tinnunculus</i> (μόνον οι δυτικές περιοχές).....	64
Εικόνα 7. Κιρκινέζι.....	66
Εικόνα 8. Αερογερακίνα αρσενική ενήλικη	67
Εικόνα 9: Αετογερακίνα ενήλικη.....	67
Εικόνα 10. Τυπικό παράδειγμα φωτοβολταϊκού πάρκου εγκατεστημένου σε αγροτική περιοχή της Ελλάδας. Η εικόνα απεικονίζει τη γραμμική διάταξη των φωτοβολταϊκών πάνελ σε επίπεδο πεδίο, καθώς και τις συνοδευτικές υποδομές, όπως περιμετρική περίφραξη και βοηθητικές εγκαταστάσεις. Τέτοιου τύπου έργα συμβάλλουν στην αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας και στην επίτευξη των στόχων βιώσιμης ανάπτυξης.....	68
Εικόνα 11. Σύγχρονα string inverters εγκατεστημένα σε φωτοβολταϊκό πάρκο μεγάλης κλίμακας. Κάθε μονάδα διαχειρίζεται μια ομάδα πάνελ (string), μετατρέποντας συνεχές ρεύμα (DC) σε εναλλασσόμενο (AC) για σύνδεση στο Δίκτυο. Αυτά τα συστήματα παρέχουν ευελιξία, βελτιωμένη απόδοση σε καταστάσεις με μερική σκίαση και ευκολία συντήρησης.	73

Περίληψη

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, η εξάντληση των συμβατικών ενεργειακών πόρων και η αυξανόμενη ευαισθητοποίηση της κοινωνίας απέναντι στην προστασία του περιβάλλοντος αναδεικνύει την ανάγκη για μετάβαση σε ένα βιώσιμο ενεργειακό μοντέλο, με βασικό πυλώνα της σύγχρονης περιβαλλοντικής και ενεργειακής πολιτικής τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ). Η παρούσα διατριβή έχει ως κύριο σκοπό τη διερεύνηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την ανάπτυξη έργων ΑΠΕ, με έμφαση στην εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάρκων εντός περιοχών του δικτύου Natura 2000, και ειδικότερα στη Ζώνη Ειδικής Προστασίας GR1420013 «Περιοχή Τυρνάβου». Στην περιοχή καταγράφονται σημαντικοί οικοτόποι και προστατευόμενα είδη, με ιδιαίτερη σημασία για την ορνιθοπανίδα, όπως το κερκινέζι (*Falco naumanni*). Οι κύριες επιπτώσεις περιλαμβάνουν αλλαγές στις χρήσεις γης, υποβάθμιση της βλάστησης και κινδύνους σύγκρουσης για τα πτηνά. Με την εφαρμογή μέτρων μετριασμού όπως αποκατάσταση της βλάστησης, χωρικός σχεδιασμός φιλικός προς τα είδη και παρακολούθηση της ορνιθοπανίδας οι επιπτώσεις εκτιμώνται ως διαχωρίσιμες και η εγκατάσταση αντίστοιχων έργων μπορεί να είναι συμβατή με τους στόχους διατήρησης της περιοχής.

Λέξεις κλειδιά: Ειδική Οικολογική Αξιολόγηση, φωτοβολταϊκό πάρκο, Natura 2000, Ζώνη Ειδικής Προστασίας

Abstract

The effects of climate change, the depletion of conventional energy resources and the growing awareness of society towards environmental protection highlight the need for a transition to a sustainable energy model, with Renewable Energy Sources (RES) as a key pillar of modern environmental and energy policy. The main objective of this thesis is to investigate the environmental impacts of the development of RES projects, with emphasis on the installation of photovoltaic parks within Natura 2000 areas, and in particular in the Special Protection Area GR1420013 "Tirnavos area". The area contains important habitats and protected species of particular importance for birdlife, such as the common lesser kestrel (*Falco naumanni*). The main impacts include changes in land use, vegetation degradation and conflict risks for birds. With the implementation of mitigation measures such as vegetation restoration, species-friendly spatial planning and bird monitoring, the impacts are assessed as separable and the installation of corresponding projects may be compatible with the conservation objectives of the area.

Key words: Special Ecological Assessment, Photovoltaic Park, Natura 2000, Special Protection Area

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάγκη για μετάβαση σε ένα βιώσιμο ενεργειακό μοντέλο έχει καταστήσει τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) βασικό πυλώνα της σύγχρονης περιβαλλοντικής και ενεργειακής πολιτικής. Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, η εξάντληση των συμβατικών ενεργειακών πόρων και η αυξανόμενη ευαισθητοποίηση της κοινωνίας απέναντι στην προστασία του περιβάλλοντος ενισχύουν τη στροφή προς την αξιοποίηση της ηλιακής, αιολικής, υδροηλεκτρικής και γεωθερμικής ενέργειας. Στο πλαίσιο αυτό, τα φωτοβολταϊκά συστήματα αποτελούν μία από τις πιο διαδεδομένες και ταχέως αναπτυσσόμενες μορφές ΑΠΕ, λόγω της τεχνολογικής ωριμότητας, του σχετικά χαμηλού κόστους εγκατάστασης και της δυνατότητας ένταξής τους σε ποικίλες κλίμακες εφαρμογών (Souloroulou et al., 2022).

Η ανάπτυξη των ΑΠΕ, ωστόσο, δεν είναι απαλλαγμένη από περιβαλλοντικές προκλήσεις. Ιδιαίτερα όταν τα ενεργειακά έργα χωροθετούνται σε περιοχές οικολογικής σημασίας, όπως αυτές που εντάσσονται στο ευρωπαϊκό δίκτυο προστατευόμενων περιοχών Natura 2000, εγείρονται ζητήματα περιβαλλοντικής συμβατότητας και ανάγκης αξιολόγησης των επιπτώσεων στη βιοποικιλότητα. Το δίκτυο Natura 2000 δημιουργήθηκε με στόχο την προστασία σημαντικών τύπων οικοτόπων και ειδών πανίδας και χλωρίδας στην Ευρώπη και βασίζεται στην Οδηγία 92/43/ΕΟΚ για τους Οικοτόπους και στην Οδηγία 2009/147/ΕΚ για τα Άγρια Πτηνά. Οι περιοχές αυτές φιλοξενούν σπάνια ή απειλούμενα είδη, ευάλωτα σε ανθρωπογενείς παρεμβάσεις. Για την εξισορρόπηση της ανάγκης ενεργειακής μετάβασης με την προστασία του

φυσικού περιβάλλοντος, η ευρωπαϊκή και ελληνική νομοθεσία έχει καθιερώσει συγκεκριμένες διαδικασίες περιβαλλοντικής αξιολόγησης. Η Ειδική Οικολογική Αξιολόγηση (ΕΟΑ) αποτελεί ένα από τα βασικά εργαλεία σε αυτό το πλαίσιο, καθώς εστιάζει στην εκτίμηση των επιπτώσεων έργων και δραστηριοτήτων σε προστατευόμενες περιοχές και ελέγχει τη συμβατότητά τους με τους στόχους διατήρησης. Μέσω της ΕΟΑ εξετάζονται παράγοντες όπως η διατάραξη της πανίδας, η αλλοίωση των οικοτόπων και οι σωρευτικές επιπτώσεις άλλων υφιστάμενων δραστηριοτήτων.

Η παρούσα διατριβή εντάσσεται στο πεδίο αυτής της προβληματικής, αναλύοντας τις επιπτώσεις της εγκατάστασης ενός φωτοβολταϊκού πάρκου εντός Ζώνης Ειδικής Προστασίας του δικτύου Natura 2000, με στόχο την ανάδειξη των περιβαλλοντικών προκλήσεων και τη διατύπωση προτάσεων διαχείρισης που ενισχύουν τη συνύπαρξη ενεργειακής ανάπτυξης και περιβαλλοντικής διατήρησης. Η σύνδεση των αναγκών βιώσιμης ανάπτυξης με τη διατήρηση της βιοποικιλότητας αποτελεί κρίσιμη πρόκληση για την οικολογική ισορροπία και για τον σχεδιασμό πολιτικών που θα εξασφαλίζουν τόσο την ενεργειακή αυτάρκεια όσο και την περιβαλλοντική προστασία.

1. Θεσμικό πλαίσιο

1.1. Το θεσμικό πλαίσιο προστασίας του περιβάλλοντος στην Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση

Η προστασία του περιβάλλοντος αποτελεί έναν από τους κεντρικούς πυλώνες της ευρωπαϊκής και εθνικής πολιτικής, διαμορφώνοντας ένα ευρύ και σύνθετο θεσμικό πλαίσιο που ρυθμίζει τη διαχείριση των φυσικών πόρων και τη διατήρηση της βιοποικιλότητας. Η ανάγκη για ένα συνεκτικό σύστημα κανόνων και μέτρων προέκυψε ως απάντηση στις αυξανόμενες περιβαλλοντικές πιέσεις που προκαλούνται από την ανθρώπινη δραστηριότητα, περιλαμβάνοντας μεταξύ άλλων την εντατικοποίηση της γεωργίας, την αστικοποίηση, τη βιομηχανική ανάπτυξη και την εγκατάσταση έργων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως τα φωτοβολταϊκά πάρκα (Lytopoulos & Xydis, 2025).

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει υιοθετήσει μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για την περιβαλλοντική προστασία, ενσωματώνοντας κανονισμούς και οδηγίες που επιδιώκουν την αειφόρο ανάπτυξη και τη διατήρηση των οικολογικών συστημάτων (Van der Merwe et al., 2021). Η θεσμική βάση της περιβαλλοντικής πολιτικής στην Ευρωπαϊκή Ένωση στηρίζεται σε μια σειρά από κανονισμούς και οδηγίες που έχουν δεσμευτική ισχύ για τα κράτη μέλη. Μια από τις πιο σημαντικές νομοθετικές πρωτοβουλίες είναι η Οδηγία 92/43/ΕΟΚ για τη διατήρηση των φυσικών οικοτόπων καθώς και της άγριας πανίδας και χλωρίδας, γνωστή ως Οδηγία για τους Οικοτόπους. Η οδηγία αυτή και η Οδηγία 2009/147/ΕΚ, γνωστή ως «Οδηγία για τα Άγρια Πτηνά» καθιέρωσαν το δίκτυο Natura 2000, το οποίο αποτελεί το μεγαλύτερο

συντονισμένο δίκτυο προστατευόμενων περιοχών στον κόσμο, στοχεύοντας στη διατήρηση των σημαντικών φυσικών ενδιαιτημάτων και ειδών σε ολόκληρη την Ευρώπη. Η Οδηγία 2009/147/EK, γνωστή ως Οδηγία για τα Άγρια Πτηνά, παρέχει το πλαίσιο για την προστασία των πτηνών και των βιοτόπων τους, διασφαλίζοντας ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες δεν θα επηρεάσουν αρνητικά τους πληθυσμούς τους (Heinonen, 2024).

Η εφαρμογή αυτών των ευρωπαϊκών νομοθετικών εργαλείων στα κράτη μέλη της ΕΕ απαιτεί την εναρμόνιση των εθνικών νομοθεσιών με τις διατάξεις που ορίζουν. Στην Ελλάδα, το δίκτυο Natura 2000 έχει ενσωματωθεί στη νομοθεσία μέσω του Νόμου 3937/2011 για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας, ο οποίος καθορίζει τους όρους προστασίας των οικοτόπων και ειδών σε εθνικό επίπεδο. Παράλληλα, η περιβαλλοντική αδειοδότηση των έργων και δραστηριοτήτων που ενδέχεται να έχουν επιπτώσεις στις προστατευόμενες περιοχές ρυθμίζεται από τον Νόμο 4014/2011, ο οποίος εισήγαγε τη διαδικασία της Ειδικής Οικολογικής Αξιολόγησης (ΕΟΑ). Αυτή η διαδικασία διασφαλίζει ότι πριν από την υλοποίηση ενός έργου σε περιοχή Natura 2000 εξετάζονται οι πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις του και λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα για τη μείωσή τους (Souloroulou et al., 2022). Σημαντικό στοιχείο του θεσμικού πλαισίου αποτελεί η διαδικασία της Περιβαλλοντικής Εκτίμησης, η οποία διακρίνεται σε δύο επίπεδα: τη Στρατηγική Περιβαλλοντική Εκτίμηση (ΣΠΕ) και την Εκτίμηση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΕΠΕ). Η ΣΠΕ εφαρμόζεται σε ευρύτερες πολιτικές, προγράμματα και σχέδια, όπως τα χωροταξικά και αναπτυξιακά προγράμματα, διασφαλίζοντας ότι η περιβαλλοντική διάσταση λαμβάνεται υπόψη κατά τον σχεδιασμό μεγάλων στρατηγικών παρεμβάσεων. Από την άλλη πλευρά, η ΕΠΕ αφορά

συγκεκριμένα έργα και δραστηριότητες, όπως τα φωτοβολταϊκά πάρκα, και απαιτεί την εξέταση των πιθανών επιπτώσεών τους στη βιοποικιλότητα, στο τοπίο και στους φυσικούς πόρους (CSPVPV Solar, 2022).

Η ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, και ιδιαίτερα των φωτοβολταϊκών πάρκων, εντάσσεται στους στόχους της ΕΕ για την κλιματική αλλαγή και τη μετάβαση σε μια οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Ωστόσο, η εγκατάστασή τους σε προστατευόμενες περιοχές μπορεί να δημιουργήσει συγκρούσεις με τις απαιτήσεις διατήρησης του περιβάλλοντος, καθιστώντας απαραίτητη την αυστηρή τήρηση του θεσμικού πλαισίου. Η Οδηγία 2011/92/ΕΕ για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ορίζει ότι κάθε μεγάλο ενεργειακό έργο πρέπει να υποβάλλεται σε λεπτομερή μελέτη επιπτώσεων, ώστε να διασφαλίζεται η βιωσιμότητα της εγκατάστασής του. Στην Ελλάδα, η Υπουργική Απόφαση 170225/2014 (ΦΕΚ 135/Β'/2014) εξειδικεύει τις απαιτήσεις για την περιβαλλοντική αδειοδότηση έργων ΑΠΕ, προσδιορίζοντας τους όρους και τις προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούνται για την εγκατάστασή τους σε περιοχές υψηλής οικολογικής αξίας (Diamond, 2023).

Ένα από τα βασικά σημεία εστίασης της περιβαλλοντικής νομοθεσίας είναι η προστασία της ορνιθοπανίδας, καθώς πολλές προστατευόμενες περιοχές Natura 2000 έχουν χαρακτηριστεί ως Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ) με βάση την παρουσία σπάνιων ή απειλούμενων ειδών πτηνών. Η ανάπτυξη φωτοβολταϊκών πάρκων εντός τέτοιων περιοχών απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή, καθώς οι αλλαγές που προκαλούν στο τοπίο και στη χρήση γης μπορούν να επηρεάσουν τις μεταναστευτικές διαδρομές, τις περιοχές φωλεοποίησης και την προσβασιμότητα σε τροφικούς πόρους για τα πτηνά. Οι κατευθυντήριες

γραμμές της Ευρωπαϊκής Επιτροπής προτείνουν την αποφυγή εγκατάστασης μεγάλων φωτοβολταϊκών σταθμών σε ευαίσθητες περιοχές και την εφαρμογή μέτρων μετριασμού όπου αυτό είναι αναπόφευκτο (Froneman et al., 2021).

Η συνεχής αναθεώρηση του θεσμικού πλαισίου προστασίας του περιβάλλοντος τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε εθνικό επίπεδο αντανakλά την αναγνώριση της ανάγκης για αποτελεσματικότερη διαχείριση των φυσικών οικοσυστημάτων. Νέες πολιτικές και κανονισμοί, όπως το Ευρωπαϊκό Green Deal και η Στρατηγική για τη Βιοποικιλότητα 2030, προσανατολίζονται στην ενίσχυση της προστασίας των οικολογικά σημαντικών περιοχών και στη διασφάλιση ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες δεν θα θέσουν σε κίνδυνο την περιβαλλοντική ισορροπία. Η διατήρηση της βιοποικιλότητας και η ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας πρέπει να αντιμετωπίζονται ως συμπληρωματικοί στόχοι, απαιτώντας την προσαρμογή του θεσμικού πλαισίου στις σύγχρονες προκλήσεις (Zaplata & Dullau, 2022).

1.2. Η νομοθεσία για την περιβαλλοντική αδειοδότηση έργων σε προστατευόμενες περιοχές

Η περιβαλλοντική αδειοδότηση έργων αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους μηχανισμούς διασφάλισης της βιωσιμότητας των αναπτυξιακών δραστηριοτήτων και της προστασίας του φυσικού περιβάλλοντος. Στο πλαίσιο της περιβαλλοντικής πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης και των κρατών μελών της, η αδειοδότηση έργων που ενδέχεται να έχουν επιπτώσεις σε προστατευόμενες περιοχές ρυθμίζεται από ένα σύνολο κανόνων και διαδικασιών, οι οποίοι αποσκοπούν στη διατήρηση της

οικολογικής ακεραιότητας αυτών των περιοχών. Ειδικότερα, η ανάπτυξη έργων σε περιοχές του δικτύου Natura 2000, που περιλαμβάνει ζώνες προστασίας της βιοποικιλότητας, υπόκειται σε αυστηρούς όρους και προϋποθέσεις, προκειμένου να διασφαλιστεί η ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και η συμμόρφωση με τη νομοθεσία της ΕΕ (Van der Merwe et al., 2021).

Το βασικό νομοθετικό πλαίσιο που διέπει την περιβαλλοντική αδειοδότηση στην Ευρωπαϊκή Ένωση διαμορφώνεται από την Οδηγία 2011/92/ΕΕ, η οποία αναφέρεται στην εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων συγκεκριμένων δημόσιων και ιδιωτικών έργων. Η οδηγία αυτή απαιτεί από τα κράτη μέλη να διασφαλίζουν ότι κάθε έργο που ενδέχεται να έχει σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον υποβάλλεται σε μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Environmental Impact Assessment - EIA). Για έργα που προγραμματίζονται να κατασκευαστούν σε προστατευόμενες περιοχές, η Οδηγία 92/43/ΕΟΚ για τους οικοτόπους απαιτεί πρόσθετες διαδικασίες αξιολόγησης, μέσω της Ειδικής Οικολογικής Αξιολόγησης (ΕΟΑ), προκειμένου να εξεταστεί η πιθανή υποβάθμιση των προστατευόμενων ειδών και οικοτόπων (Heinonen, 2024).

Στην Ελλάδα, το σύστημα περιβαλλοντικής αδειοδότησης καθορίζεται από τον Νόμο 4014/2011, ο οποίος καθιέρωσε μια ολοκληρωμένη διαδικασία αξιολόγησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και διακρίνει τα έργα σε κατηγορίες ανάλογα με το επίπεδο κινδύνου τους για το περιβάλλον. Οι κατηγορίες αυτές διαμορφώνονται ως εξής: (Patsianidi, 2023)

- Κατηγορία Α: Έργα και δραστηριότητες που ενδέχεται να προκαλέσουν σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Χωρίζονται περαιτέρω σε Α1

(μεγάλης κλίμακας έργα) και Α2 (έργα με μέτρια περιβαλλοντική επιβάρυνση).

- Κατηγορία Β: Έργα και δραστηριότητες που δεν αναμένεται να έχουν σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον, αλλά απαιτούν ειδικούς περιβαλλοντικούς όρους.

Τα έργα Α1 και Α2 απαιτούν εκπόνηση μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων και έγκριση από τις αρμόδιες αρχές, ενώ για τα έργα της κατηγορίας Β αρκεί η υποβολή πρότυπων περιβαλλοντικών δεσμεύσεων (Golawski et al., 2025).

Ειδικότερα για έργα που βρίσκονται εντός προστατευόμενων περιοχών Natura 2000, η νομοθεσία επιβάλλει την εκπόνηση Ειδικής Οικολογικής Αξιολόγησης, η οποία εξετάζει τη συμβατότητα του έργου με τους στόχους διατήρησης της περιοχής και προτείνει μέτρα μετριασμού των επιπτώσεων. Η ΕΟΑ είναι μια αναλυτική διαδικασία που περιλαμβάνει την καταγραφή των οικολογικών χαρακτηριστικών της περιοχής, την εκτίμηση των δυνητικών επιπτώσεων του έργου και τη διαμόρφωση στρατηγικών αποκατάστασης όπου αυτό είναι απαραίτητο (CSPVPV Solar, 2022). Η ανάπτυξη φωτοβολταϊκών πάρκων, αν και εντάσσεται στις στρατηγικές μετάβασης προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή όταν σχεδιάζεται εντός ή πλησίον προστατευόμενων περιοχών. Οι επιπτώσεις των φωτοβολταϊκών σταθμών στη βιοποικιλότητα ποικίλλουν ανάλογα με τη χωροθέτηση, το μέγεθος και τον σχεδιασμό των εγκαταστάσεων (Gariboldi, et al. 2012). Η ελληνική νομοθεσία, μέσω της Υπουργικής Απόφασης 170225/2014 (ΦΕΚ 135/Β'/2014), καθορίζει τα ειδικά κριτήρια για την εγκατάσταση έργων ΑΠΕ σε προστατευόμενες

περιοχές, επιβάλλοντας επιπλέον όρους και προδιαγραφές για τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Diamond, 2023).

Ένας από τους βασικούς στόχους της περιβαλλοντικής αδειοδότησης είναι η διασφάλιση της αρμονικής συνύπαρξης των ενεργειακών υποδομών με το φυσικό περιβάλλον. Για τον σκοπό αυτό, η διαδικασία αξιολόγησης λαμβάνει υπόψη παραμέτρους όπως η χρήση γης, η χλωρίδα και η πανίδα, το τοπίο, η υδρολογία και η κλιματική αλλαγή. Οι μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων δεν περιορίζονται μόνο στην καταγραφή των υφιστάμενων συνθηκών, αλλά προτείνουν επίσης συγκεκριμένα μέτρα διαχείρισης και παρακολούθησης για την πρόληψη ή αποκατάσταση τυχόν επιπτώσεων (Zaplata & Dullau, 2022).

Η σημασία της περιβαλλοντικής αδειοδότησης είναι ιδιαίτερα εμφανής στην περίπτωση των προστατευόμενων περιοχών, όπου ακόμη και μικρές αλλαγές στο τοπίο ή στις οικολογικές λειτουργίες μπορεί να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στα τοπικά οικοσυστήματα. Για τον λόγο αυτό, η νομοθεσία προβλέπει αυστηρούς όρους για την έγκριση έργων σε περιοχές Natura 2000, απαιτώντας τη συνεχή παρακολούθηση των επιπτώσεων και την εφαρμογή προληπτικών μέτρων (Lark, 2020).

Η περιβαλλοντική αδειοδότηση αποτελεί ένα κρίσιμο εργαλείο για τη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας, διασφαλίζοντας ότι οι αναπτυξιακές δραστηριότητες συμμορφώνονται με τις αρχές της αειφορίας. Η αποτελεσματική εφαρμογή του θεσμικού πλαισίου εξαρτάται από την επάρκεια των μηχανισμών ελέγχου και την ικανότητα των αρμόδιων αρχών να επιβάλλουν τις προβλεπόμενες περιβαλλοντικές δεσμεύσεις. Παρά τις προκλήσεις που παρουσιάζει η εφαρμογή της νομοθεσίας, η περιβαλλοντική

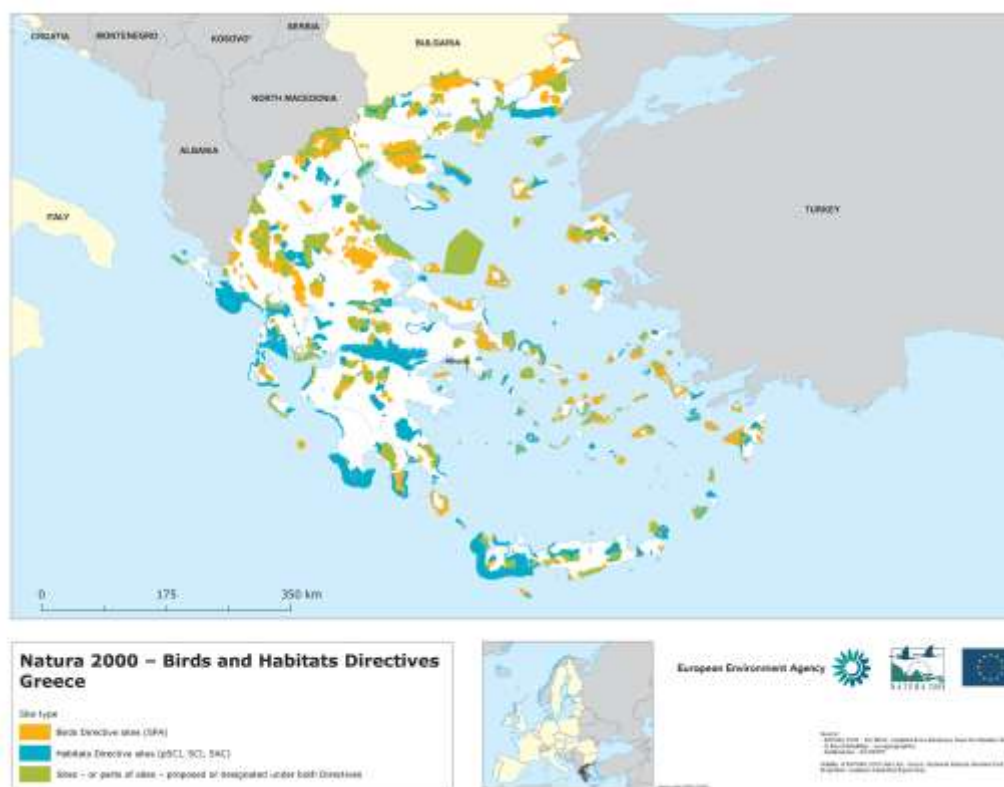
αδειοδότηση συμβάλλει ουσιαστικά στη διατήρηση της βιοποικιλότητας και στην προστασία των φυσικών οικοτόπων από ανεξέλεγκτες επεμβάσεις (Steyn, 2021).

1.3. Ο νόμος Υ.Α 170225/2014 (ΦΕΚ 135/Β'/27.1.2014) και οι απαιτήσεις του

Η Υπουργική Απόφαση 170225/2014 (ΦΕΚ 135/Β'/27.1.2014) όπως τροποποιήθηκε και ισχύει, αποτελεί μια από τις βασικές νομοθετικές ρυθμίσεις που διέπουν την περιβαλλοντική αδειοδότηση έργων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα. Ο νόμος αυτός ενσωματώνει τις κατευθυντήριες οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την προστασία του περιβάλλοντος, προσαρμόζοντας τις διαδικασίες περιβαλλοντικής εκτίμησης στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των προστατευόμενων περιοχών και θέτοντας αυστηρούς όρους για την εγκατάσταση έργων ΑΠΕ, όπως τα φωτοβολταϊκά πάρκα. Το βασικό του αντικείμενο είναι ο καθορισμός των προϋποθέσεων και των τεχνικών κριτηρίων που πρέπει να πληρούνται για την ανάπτυξη ενεργειακών έργων σε περιοχές υψηλής οικολογικής αξίας (Gazos & Vagiona, 2024).

Η κύρια επιδίωξη του νόμου είναι να διασφαλίσει ότι η εγκατάσταση έργων ανανεώσιμης ενέργειας δεν θα οδηγήσει σε μη αναστρέψιμες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ιδιαίτερα όταν αυτά χωροθετούνται εντός ή πλησίον περιοχών Natura 2000. Για τον σκοπό αυτό, η Υπουργική Απόφαση απαιτεί την εκπόνηση Ειδικής Οικολογικής Αξιολόγησης (ΕΟΑ) για έργα που βρίσκονται σε Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ) και Ειδικές Ζώνες Διατήρησης (ΕΖΔ). Η αξιολόγηση αυτή εξετάζει τις δυνητικές επιπτώσεις των έργων στα προστατευόμενα είδη και τους οικοτόπους, διασφαλίζοντας ότι οι σχεδιασμοί

συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις της ευρωπαϊκής και εθνικής περιβαλλοντικής νομοθεσίας (Bolonio et al., 2024).



Εικόνα 1. Το δίκτυο Natura 2000 στην Ελλάδα, με τις περιοχές Ειδικής Προστασίας (SPA), Ειδικής Διατήρησης (SCI) και μικτές περιοχές (SCI/SPA). Ο χάρτης αποτυπώνει την κατανομή των προστατευόμενων περιοχών σε όλη την επικράτεια, βάσει της Οδηγίας για τα Πτηνά και της Οδηγίας για τους Οικοτόπους. Πηγή: European Environment Agency (EEA).

Μία από τις βασικές απαιτήσεις του νόμου είναι η κατηγοριοποίηση των έργων βάσει του επιπέδου περιβαλλοντικού κινδύνου τους. Οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί, ανάλογα με την ισχύ και τη χωροθέτησή τους, εντάσσονται σε διαφορετικές κατηγορίες περιβαλλοντικής αδειοδότησης. Οι εγκαταστάσεις μεγάλης κλίμακας, όπως ένα φωτοβολταϊκό πάρκο 200MW, κατατάσσονται στην Κατηγορία Α1, γεγονός που συνεπάγεται αυστηρότερες απαιτήσεις αδειοδότησης και την ανάγκη για αναλυτική μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Επιπλέον, σε περίπτωση που οι εγκαταστάσεις βρίσκονται σε

περιοχές Natura 2000, απαιτείται η αξιολόγηση των σωρευτικών επιπτώσεων, ώστε να διαπιστωθεί εάν το έργο θα μπορούσε να επηρεάσει τη συνολική οικολογική ισορροπία της περιοχής (Golawski et al., 2025).

Ο νόμος Υ.Α 170225/2014 επιβάλλει επίσης συγκεκριμένα κριτήρια για τη χωροθέτηση των έργων. Οι περιοχές όπου επιτρέπεται η ανάπτυξη φωτοβολταϊκών σταθμών πρέπει να βρίσκονται εκτός κρίσιμων οικοτόπων, περιοχών φωλεοποίησης απειλούμενων ειδών και διαδρόμων μετανάστευσης της ορνιθοπανίδας. Στην περίπτωση που η χωροθέτηση ενός έργου συμπίπτει με μια περιοχή υψηλής περιβαλλοντικής σημασίας, ο επενδυτής υποχρεούται να προτείνει μέτρα μετριασμού, όπως η διατήρηση φυσικών διαδρόμων εντός του έργου, η ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων στο τοπίο και η αποφυγή δραστηριοτήτων κατά την περίοδο αναπαραγωγής των πτηνών (Diamond, 2023).

Ιδιαίτερη σημασία δίνεται στην προστασία της ορνιθοπανίδας, καθώς πολλές περιοχές Natura 2000 έχουν χαρακτηριστεί ως Ζώνες Ειδικής Προστασίας λόγω της παρουσίας σπάνιων ή μεταναστευτικών ειδών πτηνών. Η Υπουργική Απόφαση 170225/2014 προβλέπει ότι κάθε έργο που ενδέχεται να έχει αρνητικές επιπτώσεις στα πτηνά πρέπει να περιλαμβάνει μια εξειδικευμένη μελέτη αξιολόγησης κινδύνου, η οποία εξετάζει παράγοντες όπως η ανακλαστικότητα των φωτοβολταϊκών πλαισίων, η πιθανότητα σύγκρουσης των πτηνών με τις υποδομές και οι αλλαγές στις διαδρομές μετανάστευσης. Η υιοθέτηση μέτρων αποτροπής, όπως η αλλαγή της διάταξης των φωτοβολταϊκών πλαισίων ή η χρήση ειδικών επιστρώσεων που μειώνουν την αντανάκλαση του φωτός, αποτελεί μία από τις πρακτικές που

προτείνονται από τη νομοθεσία για τη μείωση των επιπτώσεων (Froneman et al., 2021).

Η εφαρμογή της Υπουργικής Απόφασης 170225/2014 αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της διαδικασίας περιβαλλοντικής αδειοδότησης και παρακολούθησης των έργων ΑΠΕ. Οι φορείς που υποβάλλουν αιτήσεις για την έγκριση έργων υποχρεούνται να τηρούν τους όρους και τις προϋποθέσεις που προβλέπονται από το θεσμικό πλαίσιο, καθώς και να παρακολουθούν την περιβαλλοντική απόδοση των εγκαταστάσεών τους καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργίας τους. Επιπλέον, η νομοθεσία προβλέπει τη δυνατότητα ανάκλησης ή τροποποίησης της άδειας ενός έργου σε περιπτώσεις όπου διαπιστώνεται μη συμμόρφωση με τους περιβαλλοντικούς όρους (Maroga, 2021).

Η συνεχής προσαρμογή της περιβαλλοντικής νομοθεσίας στις νέες προκλήσεις της κλιματικής αλλαγής και της ενεργειακής μετάβασης αποτελεί κρίσιμο ζήτημα για τη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας στις προστατευόμενες περιοχές. Οι απαιτήσεις του νόμου Υ.Α 170225/2014 συνδέονται άμεσα με τις ευρωπαϊκές πολιτικές για τη βιώσιμη ανάπτυξη και την προστασία της βιοποικιλότητας, συμβάλλοντας στη δημιουργία ενός πλαισίου όπου η παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές μπορεί να συνυπάρχει με τη διατήρηση των φυσικών οικοσυστημάτων. Παρόλα αυτά, η αποτελεσματική εφαρμογή του νόμου προϋποθέτει τη διαρκή ενίσχυση των μηχανισμών ελέγχου και την ανάπτυξη τεχνολογικών λύσεων που μειώνουν τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο των ενεργειακών υποδομών (Zaplata & Dullau, 2022).

Η σημασία του νόμου δεν περιορίζεται μόνο στην προστασία της βιοποικιλότητας, αλλά επεκτείνεται και στη γενικότερη στρατηγική ανάπτυξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα. Η τήρηση των περιβαλλοντικών όρων που θέτει η νομοθεσία διασφαλίζει ότι η επέκταση των ενεργειακών υποδομών δεν θα οδηγήσει σε απώλεια φυσικών πόρων ή σε αλλοίωση των οικολογικών λειτουργιών των προστατευόμενων περιοχών. Η ισορροπία μεταξύ της ενεργειακής πολιτικής και της περιβαλλοντικής διαχείρισης αποτελεί θεμελιώδη αρχή του θεσμικού πλαισίου και καθιστά την Υπουργική Απόφαση 170225/2014 ένα από τα βασικότερα νομοθετικά εργαλεία για την αειφόρο ανάπτυξη στην Ελλάδα (Porichis, 2023).

1.4. Περιεχόμενα του Φακέλου της Περιβαλλοντικής Αδειοδότησης

Ο φάκελος περιβαλλοντικής αδειοδότησης αποτελεί το βασικό έγγραφο τεκμηρίωσης που συνοδεύει κάθε έργο ή δραστηριότητα που υπόκειται σε διαδικασία περιβαλλοντικής αξιολόγησης, σύμφωνα με την ισχύουσα ελληνική και ευρωπαϊκή νομοθεσία. Το περιεχόμενό του είναι καθοριστικής σημασίας για την πληρότητα της διαδικασίας, την αξιολόγηση των επιπτώσεων και τη λήψη των σχετικών αδειοδοτικών αποφάσεων.

Ο φάκελος περιλαμβάνει, καταρχάς, γενικά στοιχεία του έργου: την ονομασία, τον φορέα υλοποίησης, τη γεωγραφική θέση, τη χρήση γης, καθώς και τον τύπο και την κατηγορία περιβαλλοντικής κατάταξης σύμφωνα με το Ν.4014/2011. Στην περίπτωση έργων εντός περιοχών Natura 2000, απαιτείται ειδική αναφορά στις προστατευόμενες ζώνες και στις σχετικές ρυθμίσεις της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ και 2009/147/ΕΚ. Κεντρικό τμήμα του φακέλου αποτελεί η

Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ) ή η Ειδική Οικολογική Αξιολόγηση (ΕΟΑ), όπου απαιτείται. Η ΜΠΕ παρουσιάζει αναλυτικά τα τεχνικά χαρακτηριστικά του έργου, τις φάσεις υλοποίησης, τη διάρκεια, τα χρησιμοποιούμενα υλικά και τεχνολογίες. Στην ΕΟΑ περιλαμβάνεται η εκτίμηση της συμβατότητας του έργου με τους στόχους διατήρησης των προστατευόμενων ειδών και οικοτόπων.

Ακολουθούν τα στοιχεία περιβαλλοντικής ανάλυσης: υφιστάμενη κατάσταση περιβάλλοντος (γεωλογικά, κλιματολογικά, υδρολογικά, οικολογικά και κοινωνικοοικονομικά δεδομένα), αναλυτική αποτίμηση των δυνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων ανά στάδιο (κατασκευή, λειτουργία, παύση λειτουργίας), και οι ενδεχόμενες σωρευτικές επιπτώσεις.

Σημαντικό μέρος αποτελούν τα προτεινόμενα μέτρα πρόληψης, αποκατάστασης και μετριασμού επιπτώσεων, καθώς και το σχέδιο περιβαλλοντικής παρακολούθησης και διαχείρισης κατά τη διάρκεια υλοποίησης και λειτουργίας του έργου. Τέλος, ο φάκελος συνοδεύεται από σχέδια, χάρτες, φωτογραφικό υλικό, γνωμοδοτήσεις υπηρεσιών όπου απαιτείται, καθώς και από υπεύθυνες δηλώσεις και βεβαιώσεις που πιστοποιούν την εγκυρότητα των υποβαλλόμενων στοιχείων. Η πληρότητα και η επιστημονική τεκμηρίωση του φακέλου αποτελούν προϋπόθεση για την ορθή αξιολόγηση από τις αρμόδιες αρχές, διασφαλίζοντας τη νομιμότητα, τη διαφάνεια και την προστασία του περιβάλλοντος.

1.5. Η σημασία της ειδικής οικολογικής αξιολόγησης για έργα σε περιοχές

Natura 2000

Η ανάγκη για την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος και της βιοποικιλότητας έχει αναγνωριστεί σε παγκόσμιο επίπεδο, οδηγώντας στη δημιουργία προστατευόμενων περιοχών που διατηρούν σημαντικά οικολογικά χαρακτηριστικά. Στην Ευρώπη, το δίκτυο Natura 2000 αποτελεί το βασικό εργαλείο διατήρησης της βιοποικιλότητας, προστατεύοντας είδη και οικοτόπους που έχουν ιδιαίτερη σημασία για την οικολογική ισορροπία. Οι περιοχές αυτές υπόκεινται σε ειδικούς όρους διαχείρισης, ώστε να διασφαλιστεί η διατήρησή τους έναντι ενδεχόμενων απειλών, μεταξύ των οποίων συγκαταλέγεται η εγκατάσταση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως τα φωτοβολταϊκά πάρκα (Van Staden, 2021). Η υλοποίηση ενεργειακών έργων μεγάλης κλίμακας, συμπεριλαμβανομένων των φωτοβολταϊκών πάρκων, απαιτεί μια λεπτομερή διαδικασία εκτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Στην περίπτωση περιοχών Natura 2000, οι διαδικασίες αυτές περιλαμβάνουν την Ειδική Οικολογική Αξιολόγηση (ΕΟΑ), η οποία στοχεύει στη διασφάλιση της μη διατάραξης της οικολογικής ισορροπίας και στη λήψη κατάλληλων μέτρων για την προστασία της βιοποικιλότητας. Η αξιολόγηση αυτή εξετάζει μεταξύ άλλων τις επιδράσεις στα προστατευόμενα είδη, τη διατήρηση των οικοτόπων και τις πιθανές σωρευτικές επιπτώσεις από την εγκατάσταση του έργου (Bolonio et al., 2024).

Η απαίτηση για εκπόνηση ΕΟΑ στις περιοχές Natura 2000 προκύπτει από την ανάγκη για συμμόρφωση με την ευρωπαϊκή και εθνική νομοθεσία, η οποία επιβάλλει αυστηρούς όρους για τη διατήρηση της οικολογικής ακεραιότητας αυτών των περιοχών. Οι διαδικασίες αυτές δεν αποτελούν απλώς μια τυπική

απαίτηση αδειοδότησης, αλλά διαδραματίζουν ουσιαστικό ρόλο στην πρόληψη και τον περιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η εφαρμογή της ΕΟΑ επιτρέπει τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων σχετικά με την καταλληλότητα ενός έργου σε μια προστατευόμενη περιοχή και τη διαμόρφωση στρατηγικών μετριασμού των επιπτώσεων του (Calì et al., 2021). Οι κύριοι άξονες που εξετάζονται κατά τη διεξαγωγή μιας ΕΟΑ περιλαμβάνουν την ανάλυση των ειδών και των οικοτόπων που μπορεί να επηρεαστούν, την αξιολόγηση των πιθανών επιπτώσεων στο τοπίο και την εξέταση των τρόπων διαχείρισης των περιβαλλοντικών κινδύνων. Ιδιαίτερη έμφαση δίδεται στις επιπτώσεις στα προστατευόμενα είδη, καθώς η διατήρηση των πληθυσμών τους είναι ζωτικής σημασίας για τη συνολική οικολογική λειτουργία της περιοχής. Τα φωτοβολταϊκά πάρκα, αν και συμβάλλουν στη μείωση των εκπομπών άνθρακα, ενδέχεται να επηρεάσουν αρνητικά συγκεκριμένα είδη, όπως τα πτηνά, λόγω αλλαγών στο φυσικό τοπίο και στην προσβασιμότητα σε τροφή και καταφύγιο (Golawski et al., 2025).

Η σημασία της ΕΟΑ ενισχύεται από το γεγονός ότι σε αρκετές περιπτώσεις, η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάρκων μπορεί να οδηγήσει σε άμεσες ή έμμεσες επιπτώσεις που επηρεάζουν τη λειτουργία των οικοσυστημάτων. Οι αλλαγές που επιφέρει η κατασκευή και λειτουργία ενός τέτοιου έργου μπορεί να περιλαμβάνουν την απώλεια φυσικών ενδιαιτημάτων, την αύξηση των συγκρούσεων μεταξύ πτηνών και φωτοβολταϊκών πάνελ και την τροποποίηση του μικροκλίματος της περιοχής. Αυτές οι επιπτώσεις απαιτούν ολοκληρωμένη αξιολόγηση και, όπου είναι δυνατόν, την ανάπτυξη στρατηγικών αποκατάστασης ή προσαρμογής του σχεδιασμού του έργου (Diamond, 2023).

Ένας από τους βασικούς λόγους που η ΕΟΑ θεωρείται κρίσιμη για έργα σε περιοχές Natura 2000 είναι η ανάγκη διατήρησης της συνέχειας και της ακεραιότητας των οικοτόπων. Οι προστατευόμενες περιοχές συχνά λειτουργούν ως καταφύγια για σπάνια και απειλούμενα είδη, των οποίων η παρουσία και αναπαραγωγή εξαρτώνται από τις φυσικές συνθήκες που επικρατούν σε αυτές. Η κατασκευή ενός φωτοβολταϊκού πάρκου μπορεί να επιφέρει αλλοιώσεις στο φυσικό περιβάλλον, είτε λόγω της εκχέρσωσης και αλλαγής της μορφολογίας του εδάφους είτε λόγω της εισαγωγής ανθρωπογενών στοιχείων, όπως οι υποδομές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (Froneman et al., 2021).

Η αξία της ΕΟΑ ενισχύεται από τη δυνατότητα εντοπισμού εναλλακτικών λύσεων ή προσαρμογών στον σχεδιασμό ενός έργου, ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι αρνητικές του επιπτώσεις. Σε πολλές περιπτώσεις, η διαφοροποίηση της χωροθέτησης ή η υιοθέτηση τεχνολογιών που μειώνουν την όχληση μπορεί να αποτελέσουν αποτελεσματικές λύσεις για την προστασία της βιοποικιλότητας. Επιπλέον, η εφαρμογή μέτρων μετριασμού, όπως η αποκατάσταση των οικοτόπων ή η διατήρηση φυσικών περιοχών εντός του έργου, μπορεί να συνεισφέρει στη μείωση των οικολογικών επιπτώσεων (Maroga, 2021).

Ο ρόλος της ΕΟΑ δεν περιορίζεται μόνο στην εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, αλλά περιλαμβάνει και την ανάπτυξη μηχανισμών παρακολούθησης για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των προτεινόμενων μέτρων. Η συνεχής παρακολούθηση και η δυνατότητα προσαρμογής των διαχειριστικών πρακτικών συμβάλλουν στη διατήρηση της περιβαλλοντικής ισορροπίας και επιτρέπουν τη λήψη διορθωτικών μέτρων

όπου αυτό κρίνεται απαραίτητο. Ουσιαστικά, η διαδικασία της ΕΟΑ δεν είναι στατική αλλά διαμορφώνεται δυναμικά, προσαρμοζόμενη στις ιδιαίτερες συνθήκες κάθε περιοχής και έργου (Taylor et al., 2019). Η ΕΟΑ αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της διαδικασίας αδειοδότησης ενεργειακών έργων σε προστατευόμενες περιοχές, καθώς διασφαλίζει ότι λαμβάνονται υπόψη οι ανάγκες της βιοποικιλότητας και οι νομικές απαιτήσεις προστασίας του περιβάλλοντος (No, 2011). Η ολοκληρωμένη ανάλυση των επιπτώσεων και η πρόταση κατάλληλων μέτρων συμβάλλουν στην εξισορρόπηση των ενεργειακών αναγκών με τη διατήρηση του φυσικού πλούτου. Η εφαρμογή ορθών πρακτικών και η διαμόρφωση στρατηγικών μετριασμού επιτρέπουν τη συνύπαρξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με τη διατήρηση της οικολογικής αξίας των περιοχών Natura 2000, καθιστώντας την ΕΟΑ ένα εργαλείο κρίσιμης σημασίας για τη βιώσιμη ανάπτυξη (Zaplata & Dullau, 2022).

1.6 Κατηγορίες έργων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Η ανάπτυξη Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) αποτελεί βασικό πυλώνα της ενεργειακής στρατηγικής τόσο της Ευρωπαϊκής Ένωσης όσο και της Ελλάδας, στο πλαίσιο της μετάβασης σε μια οικονομία χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Τα έργα ΑΠΕ διακρίνονται σε διαφορετικές κατηγορίες, ανάλογα με την τεχνολογία, την κλίμακα και τις δυνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συνεπάγεται η υλοποίησή τους. Οι κυριότερες μορφές ΑΠΕ περιλαμβάνουν τα αιολικά πάρκα, τα φωτοβολταϊκά συστήματα, τις μικρές υδροηλεκτρικές μονάδες, τις μονάδες βιομάζας και τις γεωθερμικές εγκαταστάσεις.

Η περιβαλλοντική ταξινόμηση των έργων ΑΠΕ είναι ουσιώδης, καθώς καθορίζει τις απαιτήσεις σε επίπεδο αδειοδότησης και αξιολόγησης επιπτώσεων. Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία (Ν. 4014/2011), τα έργα κατατάσσονται σε δύο κύριες κατηγορίες: (Zaplata & Dullau, 2022).

- **Κατηγορία Α:** έργα που ενδέχεται να προκαλέσουν σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και απαιτούν εκτενή περιβαλλοντική αξιολόγηση.
- **Κατηγορία Β:** έργα με ήπιες επιπτώσεις, για τα οποία αρκούν Πρότυπες Περιβαλλοντικές Δεσμεύσεις (ΠΠΔ).

Η Κατηγορία Α υποδιαιρείται περαιτέρω σε:

- **A1:** έργα μεγάλης κλίμακας με σοβαρές επιπτώσεις (π.χ. μεγάλα αιολικά ή υδροηλεκτρικά έργα).
- **A2:** έργα μέσης κλίμακας, όπου οι επιπτώσεις θεωρούνται σημαντικές αλλά διαχειρίσιμες, και για τα οποία η έγκριση παρέχεται σε περιφερειακό επίπεδο.

Για κάθε κατηγορία προβλέπεται ανάλογο βάθος αξιολόγησης, με την υποβολή Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ) για τα έργα Α και την απλούστερη διαδικασία ΠΠΔ για τα έργα Β. Επιπλέον, σε περίπτωση εγκατάστασης εντός προστατευόμενων περιοχών Natura 2000, απαιτείται η εκπόνηση Ειδικής Οικολογικής Αξιολόγησης (ΕΟΑ), ανεξαρτήτως κατηγορίας, ώστε να διασφαλιστεί η προστασία των ευαίσθητων οικοσυστημάτων και ειδών.

Η περιβαλλοντική κατηγοριοποίηση λαμβάνει υπόψη ποικίλα κριτήρια όπως η ισχύς του έργου, η έκταση γης που καταλαμβάνει, η γεωγραφική του θέση, η εγγύτητα σε προστατευόμενες περιοχές, η υφιστάμενη χρήση γης και οι ενδεχόμενες σωρευτικές επιπτώσεις από άλλα υφιστάμενα έργα. Η ορθή κατηγοριοποίηση εξυπηρετεί τη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας, την ορθολογική ανάπτυξη του ενεργειακού δυναμικού και την εξισορρόπηση μεταξύ ανάπτυξης και περιβαλλοντικής προστασίας (Steyn, 2021).

2. Μελέτη Περίπτωσης: Φ/Β υποκατηγορίας A2 εντός Περιοχής του δικτύου Natura 2000.

Η παρούσα διατριβή έχει ως κύριο σκοπό τη διερεύνηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την ανάπτυξη έργων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), με έμφαση στην εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάρκων εντός περιοχών του δικτύου Natura 2000, και ειδικότερα στη Ζώνη Ειδικής Προστασίας GR1420013 «Περιοχή Τυρνάβου». Στόχος είναι η ανάλυση του θεσμικού και νομοθετικού πλαισίου που διέπει την περιβαλλοντική αδειοδότηση τέτοιων έργων, η αποτίμηση των επιπτώσεων στην οικολογική ακεραιότητα των προστατευόμενων περιοχών, καθώς και η αξιολόγηση της σημασίας της Ειδικής Οικολογικής Αξιολόγησης (ΕΟΑ) ως εργαλείου πρόληψης και διαχείρισης των περιβαλλοντικών κινδύνων (Niekerk, 2016).

Η περιβαλλοντική ταξινόμηση των έργων αποτελεί βασικό εργαλείο για την αξιολόγηση των πιθανών επιπτώσεών τους στο φυσικό περιβάλλον και την εφαρμογή των κατάλληλων διαδικασιών αδειοδότησης. Στην περίπτωση των φωτοβολταϊκών πάρκων, η κατηγοριοποίηση γίνεται με βάση παράγοντες όπως η ισχύς του έργου, η έκταση εγκατάστασης, η γεωγραφική του θέση και οι πιθανές επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα και στους φυσικούς πόρους. Η κατάταξη των έργων αυτών είναι αναγκαία για την τήρηση της περιβαλλοντικής νομοθεσίας και τη διασφάλιση ότι η ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας δεν θα επιφέρει μη αναστρέψιμες αλλοιώσεις στα οικοσυστήματα (Van Staden, 2021).

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, η Οδηγία 2011/92/ΕΕ καθορίζει τη διαδικασία της περιβαλλοντικής ταξινόμησης, υποχρεώνοντας τα κράτη μέλη να διακρίνουν τα έργα σε διαφορετικές κατηγορίες ανάλογα με το επίπεδο περιβαλλοντικού κινδύνου. Τα έργα που εμπίπτουν σε αυξημένη περιβαλλοντική επιβάρυνση απαιτούν την εκπόνηση Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ), ενώ έργα μικρότερης κλίμακας μπορούν να αδειοδοτηθούν με ηπιότερες διαδικασίες. Η ταξινόμηση των έργων επιτρέπει στις αρμόδιες αρχές να εφαρμόζουν τα κατάλληλα μέτρα ελέγχου και παρακολούθησης, διασφαλίζοντας ότι η εγκατάσταση και λειτουργία των φωτοβολταϊκών πάρκων συνάδει με τους στόχους διατήρησης του περιβάλλοντος (Heinonen, 2024).

Στην Ελλάδα, η περιβαλλοντική κατάταξη των έργων καθορίζεται από τον Νόμο 4014/2011, ο οποίος διαχωρίζει τις δραστηριότητες σε δύο βασικές κατηγορίες: την Κατηγορία Α, που περιλαμβάνει έργα με σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, και την Κατηγορία Β, στην οποία εντάσσονται έργα με περιορισμένες επιπτώσεις. Στην Κατηγορία Α, τα έργα διακρίνονται περαιτέρω στις υποκατηγορίες Α1 και Α2, ανάλογα με το επίπεδο επιβάρυνσης που προκαλούν. Τα έργα της Κατηγορίας Α1 απαιτούν τη γνωμοδότηση της κεντρικής διοίκησης, ενώ τα έργα της Κατηγορίας Α2 εξετάζονται από τις περιφερειακές αρχές. Η διάκριση αυτή αποσκοπεί στη βέλτιστη διαχείριση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαίτερες συνθήκες κάθε περιοχής (Porichis, 2023).

Το υπό μελέτη φωτοβολταϊκό πάρκο ισχύος 35 MW κατατάσσεται στην Κατηγορία Α2, γεγονός που συνεπάγεται αυξημένες απαιτήσεις αδειοδότησης. Η εγκατάσταση μιας τέτοιας μονάδας σε περιοχή Natura 2000 καθιστά υποχρεωτική την εκπόνηση Ειδικής Οικολογικής Αξιολόγησης (ΕΟΑ), καθώς

το έργο ενδέχεται να επηρεάσει προστατευόμενα είδη και οικοτόπους. Η νομοθεσία απαιτεί από τους επενδυτές να προσκομίσουν αναλυτικά στοιχεία για τις πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις και να προτείνουν μέτρα μετριασμού των αρνητικών συνεπειών. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην προστασία της ορνιθοπανίδας και στην αποφυγή άμεσων ή έμμεσων διαταραχών στα οικοσυστήματα της περιοχής (CSPVPV Solar, 2022).

Ένας κρίσιμος παράγοντας για την περιβαλλοντική ταξινόμηση του έργου είναι η χωροθέτησή του εντός της Ζώνης Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ) με κωδικό GR1420013, γεγονός που αυξάνει τις απαιτήσεις διαχείρισης των περιβαλλοντικών κινδύνων. Τα φωτοβολταϊκά πάρκα μπορούν να επηρεάσουν τη δομή και τη λειτουργία των οικοτόπων μέσω της αλλαγής της χρήσης γης, της μείωσης της φυσικής βλάστησης και της τροποποίησης των μικροκλιματικών συνθηκών. Αυτές οι επιπτώσεις καθιστούν αναγκαία την εφαρμογή αυστηρών όρων χωροθέτησης και διαχείρισης, ώστε να διασφαλιστεί η ελάχιστη δυνατή επιβάρυνση της περιοχής (Diamond, 2023).

Η περιβαλλοντική ταξινόμηση του έργου λαμβάνει υπόψη και τις επιπτώσεις στις υδρολογικές συνθήκες της περιοχής. Τα μεγάλα φωτοβολταϊκά πάρκα μπορεί να επηρεάσουν τον κύκλο του νερού μέσω της αλλαγής της επιφανειακής απορροής, της διάβρωσης του εδάφους και της μεταβολής της υγρασίας του αέρα. Η ύπαρξη φυσικών υγροτόπων ή ρεμάτων στην περιοχή εγκατάστασης απαιτεί ειδική αξιολόγηση, προκειμένου να διασφαλιστεί ότι δεν θα υπάρξουν αρνητικές επιπτώσεις στη διατήρηση των υδάτινων οικοσυστημάτων και των ειδών που εξαρτώνται από αυτά (Froneman et al., 2021).

Η περιβαλλοντική κατηγοριοποίηση του έργου συνδέεται άμεσα με τις υποχρεώσεις που προκύπτουν από την Υπουργική Απόφαση 170225/2014, η οποία εξειδικεύει τις απαιτήσεις για έργα ανανεώσιμης ενέργειας σε προστατευόμενες περιοχές. Σύμφωνα με τη νομοθεσία, οι επενδυτές υποχρεούνται να λαμβάνουν υπόψη τις αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης, να προτείνουν μέτρα αποκατάστασης του τοπίου και να διαμορφώνουν στρατηγικές διατήρησης της βιοποικιλότητας (Ortega et al., 2011). Η συμμόρφωση με τις κατευθυντήριες γραμμές της νομοθεσίας αποτελεί βασική προϋπόθεση για την έγκριση του έργου και τη διασφάλιση της ελάχιστης δυνατής περιβαλλοντικής όχλησης (Maroga, 2021).

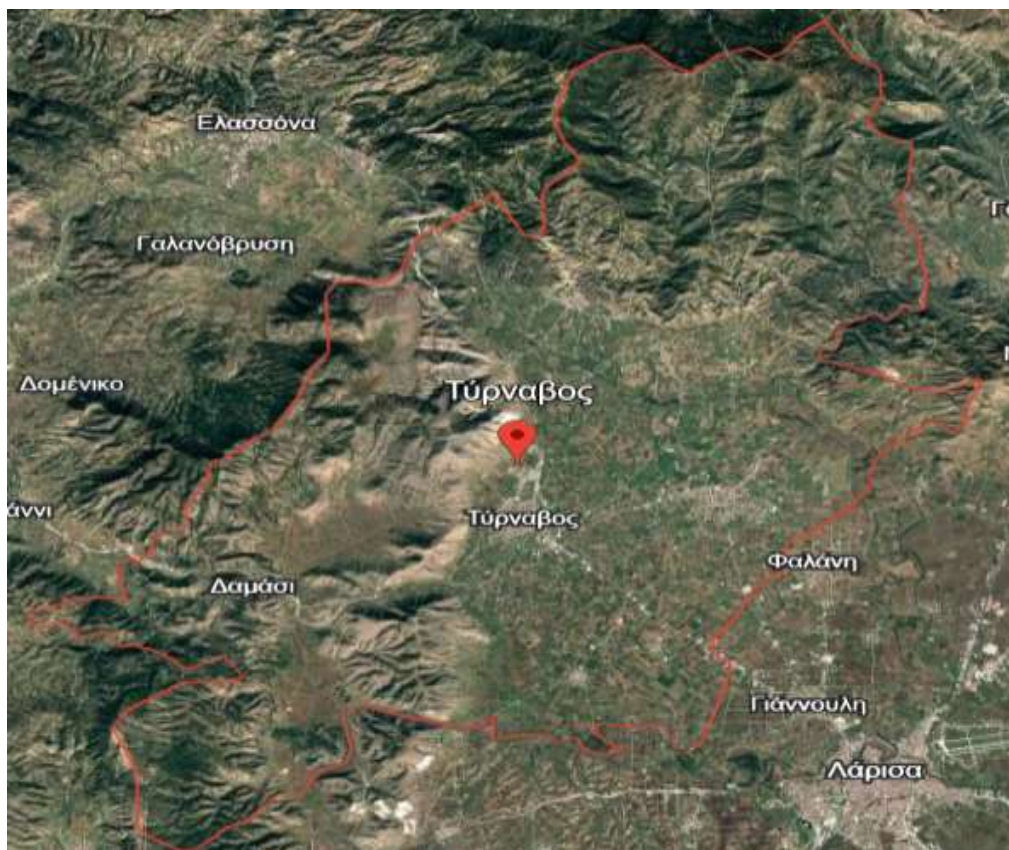
Η εφαρμογή της περιβαλλοντικής ταξινόμησης των έργων ΑΠΕ συνδέεται επίσης με τις στρατηγικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την προώθηση της καθαρής ενέργειας. Η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία (Green Deal) και η Στρατηγική για τη Βιοποικιλότητα 2030 επιδιώκουν τη βιώσιμη ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αποφεύγοντας τις περιβαλλοντικές συγκρούσεις και ενισχύοντας τη συνύπαρξη της ενεργειακής μετάβασης με τη διατήρηση της φύσης. Η ορθολογική περιβαλλοντική ταξινόμηση των έργων διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην επίτευξη αυτών των στόχων, παρέχοντας ένα αξιόπιστο πλαίσιο διαχείρισης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Zaplata & Dullau, 2022). Η ορθή εφαρμογή του συστήματος περιβαλλοντικής ταξινόμησης επιτρέπει τη βέλτιστη διαχείριση των φυσικών πόρων και συμβάλλει στη δημιουργία ενός πλαισίου όπου η ανάπτυξη της ηλιακής ενέργειας μπορεί να συνυπάρχει με την προστασία της βιοποικιλότητας. Η κατηγοριοποίηση των έργων και η τήρηση των όρων που απορρέουν από τη νομοθεσία αποτελούν θεμελιώδη στοιχεία για την

εξισορρόπηση των ενεργειακών αναγκών με τις οικολογικές προτεραιότητες, διαμορφώνοντας ένα μοντέλο βιώσιμης ανάπτυξης στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Steyn, 2021).

2.1. Γενικά χαρακτηριστικά της περιοχής ΖΕΠ GR1420013 («Περιοχή Τυρνάβου»)

2.1.1. Γεωγραφική θέση και τοπογραφία

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στη Θεσσαλία, εντός των διοικητικών ορίων του Δήμου Τυρνάβου, στην Περιφερειακή Ενότητα Λάρισας. Η Ζώνη Ειδικής Προστασίας GR1420013, γνωστή και ως «Περιοχή Τυρνάβου», έχει χαρακτηριστεί ως τμήμα του ευρωπαϊκού δικτύου Natura 2000 λόγω της οικολογικής της αξίας και της σημασίας της για την ορνιθοπανίδα. Η γεωγραφική της θέση είναι στρατηγική, καθώς βρίσκεται στο κεντρικό ηπειρωτικό τμήμα της Ελλάδας και αποτελεί τμήμα ενός ευρύτερου φυσικού και αγροτικού τοπίου που περιλαμβάνει γεωργικές εκτάσεις, μικρούς υγροτόπους, θαμνώδεις περιοχές και λόφους με φυσική βλάστηση (Souloroulou et al., 2022).



Εικόνα 2. Χάρτης της περιοχής Τυρνάβου.

Το ανάγλυφο της περιοχής χαρακτηρίζεται από ήπιες κλίσεις, με υψόμετρα που κυμαίνονται κυρίως μεταξύ 80 και 300 μέτρων. Ο πυρήνας της προστατευόμενης ζώνης εκτείνεται κατά μήκος της πεδιάδας που σχηματίζεται από τον ποταμό Τιταρήσιο, παραπόταμο του Πηνειού, ο οποίος διατρέχει την περιοχή και συμβάλλει σημαντικά στη διαμόρφωση των μικροκλιματικών και υδρολογικών χαρακτηριστικών του τοπίου.

Η ύπαρξη αρδευτικών καναλιών και αγροτικών δρόμων αποτυπώνει τη μακροχρόνια ανθρώπινη δραστηριότητα, η οποία συνυπάρχει με σημαντικά φυσικά στοιχεία, δημιουργώντας ένα μωσαϊκό βιοτόπων με ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη βιοποικιλότητα (Van Staden, 2021).

Η τοπογραφική διαμόρφωση της περιοχής είναι τυπική της ηπειρωτικής θεσσαλικής ενδοχώρας, με εναλλαγές πεδινών και χαμηλών λοφωδών εκτάσεων. Παρότι η γεωμορφολογία δεν είναι έντονα ορεινή, τα υψομετρικά χαρακτηριστικά της περιοχής παίζουν καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση των τύπων οικοτόπων και στη χρήση της γης. Οι πεδινές εκτάσεις χρησιμοποιούνται κυρίως για γεωργική παραγωγή, ενώ οι ημιφυσικές περιοχές στους πρόποδες των υψωμάτων φιλοξενούν θαμνώνες, χορτολιβαδικές εκτάσεις και δενδρώδης φυσική βλάστηση, οι οποίες παρέχουν σημαντικούς βιοτόπους για την ορνιθοπανίδα και άλλα είδη άγριας ζωής (Cali et al., 2021).

Η γεωγραφική εγγύτητα της περιοχής σε αστικά κέντρα όπως η Λάρισα επηρεάζει τη χρήση της γης, χωρίς όμως να έχει επιφέρει πλήρη αποδιάρθρωση των φυσικών χαρακτηριστικών της. Παρά την παρουσία εντατικής καλλιέργειας, παραμένουν σημαντικά τμήματα φυσικού ή ημιφυσικού τοπίου, τα οποία διατηρούν την οικολογική τους λειτουργικότητα. Η γειτνίαση με υδροτοπικά συστήματα μικρής κλίμακας και αρδευόμενες εκτάσεις ενισχύει τη σύνδεση του χώρου με τα είδη υδρόβιων και παρυδάτιων πτηνών, καθιστώντας τον σημαντικό σταθμό για μεταναστευτικά είδη (Golawski et al., 2025). Εκτός από τις φυσικές διαμορφώσεις, ιδιαίτερη σημασία έχει και η ιστορική και πολιτισμική διάσταση της τοποθεσίας. Η περιοχή του Τυρνάβου διαθέτει μακραίωνη ιστορία αγροτικής χρήσης, γεγονός που έχει επηρεάσει τη μορφή και τη δομή του τοπίου. Οι διαχρονικές επεμβάσεις, όπως η κατασκευή μικρών αναχωμάτων, καναλιών και αγροτικών δρόμων, έχουν δημιουργήσει έναν ιδιότυπο πολιτισμικό τοπίο, όπου τα φυσικά και ανθρωπογενή στοιχεία συνυπάρχουν. Αυτή η πολυμορφία συμβάλλει

θετικά στην ετερογένεια του οικοτόπου και προσφέρει καταφύγιο σε πληθώρα ειδών, ιδίως πτηνών που εκμεταλλεύονται τα περιθώρια καλλιεργήσιμων εκτάσεων, τα κανάλια και τις λιμνάζουσες περιοχές (FSPVPV Solar, 2022). Η τοποθεσία της περιοχής ΖΕΠ GR1420013 είναι επίσης σημαντική από την άποψη της οικολογικής συνδεσιμότητας. Βρίσκεται κοντά σε άλλες προστατευόμενες περιοχές του δικτύου Natura 2000 και λειτουργεί ως κρίκος οικολογικής αλληλουχίας μεταξύ πεδινών, υγροτοπικών και ημι-ορεινών συστημάτων της Θεσσαλίας. Η συνδεσιμότητα αυτή επιτρέπει τη μετακίνηση ειδών, ιδιαίτερα της ορνιθοπανίδας, και ενισχύει τη σταθερότητα των πληθυσμών, παρέχοντας πολλαπλές επιλογές ενδιαιτημάτων. Η προστασία και διαχείριση τέτοιων περιοχών με βάση τη χωρική τους αλληλεξάρτηση είναι ουσιώδης για την επιτυχή εφαρμογή των πολιτικών διατήρησης της βιοποικιλότητας (Porichis, 2023).

Η γεωγραφική θέση της περιοχής, σε συνδυασμό με το χαμηλό της υψόμετρο και τη σχετικά ήπια τοπογραφία, καθιστούν τον χώρο τεχνικά κατάλληλο για την ανάπτυξη φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων μεγάλης κλίμακας. Ωστόσο, η περιβαλλοντική του σημασία δημιουργεί την ανάγκη για ιδιαίτερη προσοχή κατά την εκτίμηση των επιπτώσεων τέτοιων έργων. Η ανάγκη αυτή είναι ακόμη πιο επιτακτική όταν πρόκειται για περιοχές εντός ΖΕΠ, όπου η ύπαρξη προστατευόμενων ειδών καθιστά την οποιαδήποτε ανθρώπινη δραστηριότητα ευαίσθητη ως προς την ισορροπία του τοπικού οικοσυστήματος (Van Heerden, 2020).

Η τοπογραφική ομοιογένεια της περιοχής επιτρέπει την εύκολη εγκατάσταση ενεργειακών υποδομών, αλλά απαιτεί ταυτόχρονα την εφαρμογή ειδικών μέτρων προστασίας για τη διατήρηση της φυσικής ροής του τοπίου και της

οικολογικής συνέχειας. Για παράδειγμα, η αποφυγή κατακερματισμού του φυσικού χώρου και η διατήρηση διαδρόμων μετακίνησης της άγριας πανίδας αποτελούν πρακτικές που συμβάλλουν στη μείωση των επιπτώσεων από τη χρήση της γης για ενεργειακούς σκοπούς. Επίσης, η ύπαρξη χαμηλών λόφων περιμετρικά της περιοχής λειτουργεί εν μέρει προστατευτικά, μειώνοντας την οπτική όχληση και επιτρέποντας την ενσωμάτωση του έργου στο τοπίο με μεγαλύτερη ευκολία (Lytoroulos & Xydis, 2025). Η αναγνώριση των γεωγραφικών και τοπογραφικών χαρακτηριστικών της περιοχής Τυρνάβου πριν την υλοποίηση οποιουδήποτε έργου, ιδίως εντός ΖΕΠ, είναι απαραίτητη για την κατάρτιση ενός επαρκούς και επιστημονικά τεκμηριωμένου σχεδίου περιβαλλοντικής διαχείρισης. Η κατανόηση της πολυπλοκότητας του τοπίου και της χωρικής του δομής αποτελεί τη βάση για την εφαρμογή μέτρων που προστατεύουν τη βιοποικιλότητα χωρίς να αναιρούν τις ανάγκες ανάπτυξης. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται μια ισορροπημένη προσέγγιση, όπου η οικολογική ευαισθησία ενσωματώνεται στον σχεδιασμό των έργων (Patsianidi, 2023).

2.1.2. Κλιματικά και μετεωρολογικά δεδομένα

Η περιοχή του Τυρνάβου, εντός της Ζώνης Ειδικής Προστασίας GR1420013, χαρακτηρίζεται από μεσογειακό κλίμα με ηπειρωτικές επιρροές, το οποίο διαμορφώνεται από τη γεωγραφική της θέση στο κεντρικό ηπειρωτικό τμήμα της Ελλάδας και τη σχετική απομόνωσή της από θαλάσσια ρεύματα. Το κλίμα της περιοχής συνδυάζει θερμά και ξηρά καλοκαίρια με σχετικά ψυχρούς και υγρούς χειμώνες, ενώ η ετήσια κατανομή των βροχοπτώσεων είναι άνιση, με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση να καταγράφεται κατά τους χειμερινούς και

φθινοπωρινούς μήνες. Η μακροχρόνια καταγραφή μετεωρολογικών δεδομένων ενισχύει την αντίληψη ότι το κλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται από εποχιακή ένταση φαινομένων, όπως παρατεταμένες ξηρασίες ή απότομες καταιγίδες, που επηρεάζουν άμεσα την οικολογική δυναμική και τις χρήσεις γης (Souloroulou et al., 2022).

Η μέση ετήσια θερμοκρασία στην περιοχή κυμαίνεται περίπου στους 15-17°C, με τις μέγιστες θερμοκρασίες να σημειώνονται κατά τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο, όταν συχνά ξεπερνούν τους 36°C. Οι ελάχιστες θερμοκρασίες εμφανίζονται συνήθως κατά τον Ιανουάριο, με τις χαμηλότερες να προσεγγίζουν ή και να υπολείπονται του μηδενός. Αυτή η διακύμανση της θερμοκρασίας, σε συνδυασμό με τις συχνές εναλλαγές μεταξύ ξηρών και υγρών περιόδων, διαμορφώνει ένα περιβάλλον με έντονες κλιματικές αντιθέσεις που επηρεάζει τόσο τη χλωρίδα όσο και την πανίδα της περιοχής. Οι μεταβολές στη θερμοκρασία και την υγρασία συμβάλλουν επίσης στη διαμόρφωση των οικολογικών θέσεων που επιλέγουν τα πτηνά της περιοχής, ειδικά κατά τις μεταναστευτικές περιόδους (Van Heerden, 2020). Οι βροχοπτώσεις είναι μέτριες έως χαμηλές σε ετήσιο επίπεδο, με μέσο όρο που κυμαίνεται μεταξύ 450 και 650 χιλιοστών ανά έτος. Οι πιο υγροί μήνες είναι συνήθως από τον Οκτώβριο έως τον Φεβρουάριο, ενώ το καλοκαίρι χαρακτηρίζεται από έντονη ξηρασία. Αυτή η περιοδική έλλειψη υγρασίας σε συνδυασμό με υψηλές θερμοκρασίες κατά τη θερινή περίοδο δημιουργεί συνθήκες έντονου θερμικού και υδατικού στρες για τα οικοσυστήματα της περιοχής (Rooyen et al., 2012).

Η έλλειψη βροχής επηρεάζει την εποχική ροή των επιφανειακών υδάτων και την κατάσταση μικρών υδροτοπικών σχηματισμών, που λειτουργούν ως

κρίσιμα καταφύγια για πολλά υδρόβια και παρυδάτια είδη (CSPVPV Solar, 2022).

Η ένταση και η συχνότητα των ανέμων στην περιοχή κυμαίνεται σε μέτρια επίπεδα, με κυρίαρχες διευθύνσεις από βόρειες και βορειοδυτικές κατευθύνσεις. Οι άνεμοι αυτοί ενισχύονται κυρίως κατά τους χειμερινούς και ανοιξιάτικους μήνες, ενώ κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού καταγράφεται σχετική άπνοια ή ήπια νότια ρεύματα (Gigante et al., 2024). Η ένταση των ανέμων έχει επιπτώσεις στην κατανομή της γύρης, των σπόρων και των αερομεταφερόμενων οργανισμών, αλλά και στην πτήση και την αναπαραγωγική συμπεριφορά πολλών ειδών πτηνών. Η σταθερότητα ή αστάθεια των καιρικών συνθηκών σε σχέση με τον άνεμο διαμορφώνει μικροκλίματα σε τοπικό επίπεδο, με άμεσες συνέπειες στην καταλληλότητα των ενδιαιτημάτων (Roller, 2019).

Η έντονη ηλιοφάνεια αποτελεί χαρακτηριστικό γνώρισμα του θεσσαλικού κάμπου και ειδικά της περιοχής Τυρνάβου. Οι ηλιόλουστες ημέρες υπερβαίνουν τις 250 σε ετήσια βάση, κάτι που ευνοεί ιδιαίτερα την ανάπτυξη έργων ηλιακής ενέργειας, όπως τα φωτοβολταϊκά πάρκα. Η υψηλή ηλιακή ακτινοβολία καθιστά την περιοχή τεχνικά ιδανική για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων, καθώς εξασφαλίζει υψηλή ενεργειακή απόδοση. Παρόλα αυτά, η έντονη ηλιοφάνεια και οι παρατεταμένες ξηρές περίοδοι αυξάνουν και τον κίνδυνο υπερθέρμανσης του εδάφους και της ατμόσφαιρας, κάτι που επηρεάζει αρνητικά τις μικροκλιματικές συνθήκες για την τοπική πανίδα (Lytopoulos & Xydis, 2025).

Οι κλιματικές συνθήκες της περιοχής παρουσιάζουν σαφή εποχικότητα, με διακριτές μεταβολές στις θερμοκρασίες και τα επίπεδα υγρασίας. Οι χειμώνες είναι συχνά ψυχροί και υγροί, με περιόδους παγετού, ενώ τα καλοκαίρια είναι θερμά, ξηρά και με έντονες περιόδους λειψυδρίας. Η εναλλαγή αυτή των εποχών διαμορφώνει διαφορετικές απαιτήσεις για τα είδη που ζουν ή μεταναστεύουν μέσω της περιοχής. Ειδικά τα αποδημητικά πουλιά βασίζονται στις εποχιακές μεταβολές για τον χρονισμό των διαδρομών τους και για την επιλογή ενδιαιτημάτων αναπαραγωγής ή διατροφής. Οι κλιματικές διακυμάνσεις, όταν δεν είναι ακραίες, μπορούν να υποστηρίξουν μια σταθερή βιοποικιλότητα, αλλά όταν ξεφεύγουν από τα φυσιολογικά όρια, προκαλούν περιβαλλοντικές πιέσεις (Van Staden, 2021). Η κλιματική μεταβλητότητα τα τελευταία χρόνια, όπως παρατηρείται και στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλίας, επιφέρει πιο συχνά και πιο έντονα ακραία φαινόμενα. Οι έντονες βροχοπτώσεις, τα επεισόδια καύσωνα, καθώς και οι ξαφνικές εναλλαγές θερμοκρασίας έχουν αυξηθεί, προκαλώντας προβλήματα τόσο στη γεωργική παραγωγή όσο και στη σταθερότητα των φυσικών οικοσυστημάτων (Angelelli et al., 2025). Η εντατικοποίηση τέτοιων φαινομένων θέτει σε κίνδυνο την αναπαραγωγή και επιβίωση διαφόρων ειδών, ειδικά εκείνων που έχουν περιορισμένη προσαρμοστικότητα ή εξειδικευμένες απαιτήσεις σε επίπεδο ενδιαιτημάτων (FSPVPV Solar, 2022).

Η στενή σχέση μεταξύ κλίματος και βιοποικιλότητας επιβεβαιώνεται και από το γεγονός ότι η περιοχή ΖΕΠ GR1420013 φιλοξενεί είδη που εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις τοπικές κλιματικές συνθήκες για την εύρεση τροφής, την αναπαραγωγή και τη μετανάστευση. Τα εποχικά υγροτοπικά συστήματα, που συντηρούνται από τις βροχοπτώσεις, αποτελούν κρίσιμες περιοχές

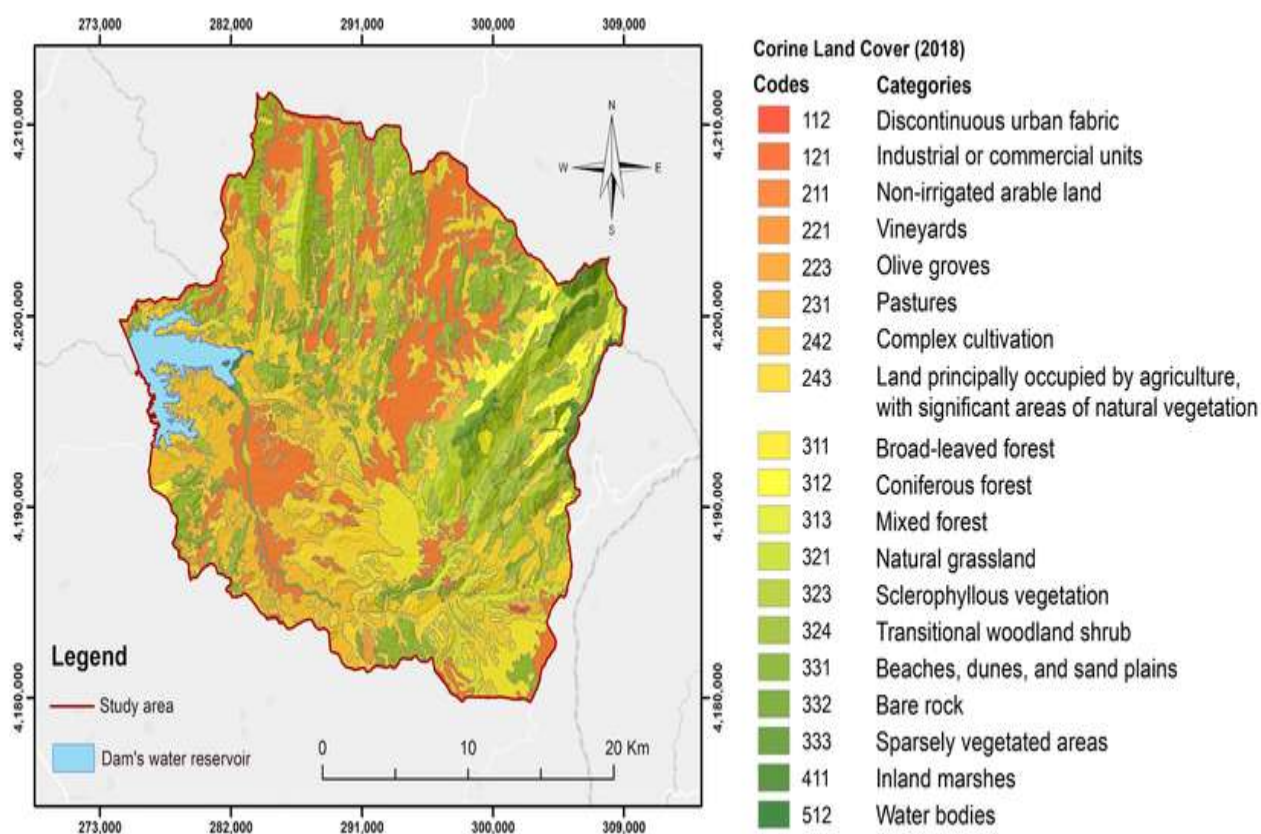
τροφοληψίας για παρυδάτια και υδρόβια πτηνά, ενώ τα ανοιχτά αγροτικά τοπία υποστηρίζουν τη διαβίωση αρπακτικών ειδών, υπό την προϋπόθεση ύπαρξης κατάλληλου μικροκλίματος και κάλυψης (Souloroulou et al., 2022).

Η κατανόηση των κλιματικών και μετεωρολογικών δεδομένων της περιοχής είναι ουσιώδης για τον σωστό σχεδιασμό και την περιβαλλοντική διαχείριση κάθε έργου που πρόκειται να υλοποιηθεί στην περιοχή, ιδιαίτερα ενός έργου μεγάλης κλίμακας όπως ένα φωτοβολταϊκό πάρκο. Οι συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας, υγρασίας, θερμοκρασίας και ανέμων επηρεάζουν την τεχνική σκοπιμότητα του έργου αλλά και τις δυνητικές του επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η ενσωμάτωση των κλιματικών χαρακτηριστικών στη φάση του σχεδιασμού επιτρέπει την καλύτερη πρόβλεψη των οικολογικών κινδύνων και την αποτελεσματικότερη εφαρμογή μέτρων μετριασμού (Gazos & Vagiona, 2024). Η σύγχρονη περιβαλλοντική αξιολόγηση ενσωματώνει πλέον εργαλεία κλιματικού σχεδιασμού για την πρόβλεψη και αποφυγή ακραίων επιπτώσεων. Η καταγραφή, ανάλυση και ερμηνεία των μετεωρολογικών δεδομένων μιας περιοχής δεν περιορίζεται μόνο στην τεχνική τεκμηρίωση ενός έργου, αλλά αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της διαδικασίας διατήρησης της τοπικής οικολογικής ισορροπίας. Ιδιαίτερα σε περιοχές όπως η ΖΕΠ GR1420013, που συγκεντρώνει σημαντικά χαρακτηριστικά βιοποικιλότητας, οι μετεωρολογικές παράμετροι αποκτούν ακόμη μεγαλύτερη σημασία στον στρατηγικό σχεδιασμό (Patsianidi, 2023).

2.2. Χρήσεις γης και ανθρωπογενείς δραστηριότητες στην περιοχή

2.2.1. Υφιστάμενες χρήσεις γης

Η περιοχή του Τυρνάβου, στην οποία περιλαμβάνεται και η Ζώνη Ειδικής Προστασίας GR1420013, χαρακτηρίζεται από ένα μωσαϊκό χρήσεων γης, στο οποίο κυριαρχεί η γεωργική δραστηριότητα, αλλά συνυπάρχουν επίσης φυσικοί βιότοποι, αστικές και περιαστικές περιοχές, δίκτυα υποδομών, καθώς και εκτάσεις που χρησιμοποιούνται για βοσκή και αναψυχή.



Εικόνα 3. Χάρτης χρήσεων γης στην περιοχή μελέτης (Ζώνη Ειδικής Προστασίας GR1420013 – Τύρναβος), βασισμένος στα δεδομένα CORINE Land Cover 2018. Απεικονίζονται κατηγορίες όπως αστικός ιστός, βιομηχανικές εγκαταστάσεις, μη αρδευόμενες καλλιέργειες, ελαιώνες, βοσκότοποι, σύνθετες γεωργικές εκτάσεις, δασικές και υγροτοπικές περιοχές. Περιλαμβάνονται κλίμακα, βορειοδείκτης και υπόμνημα με τους αντίστοιχους κωδικούς CORINE.

Η γη αξιοποιείται εντατικά, κυρίως για καλλιέργειες υψηλής παραγωγικότητας, αλλά ταυτόχρονα διατηρούνται σημαντικά στοιχεία φυσικού τοπίου που προσφέρουν ενδαιτήματα για την άγρια πανίδα και ιδιαίτερα για την ορνιθοπανίδα. Η ανθρώπινη παρουσία είναι έντονη και διαχρονική, με τις χρήσεις γης να αντικατοπτρίζουν τις παραγωγικές και κοινωνικές ανάγκες της περιοχής, σε συνδυασμό με τον φυσικό της χαρακτήρα (Souloroulou et al., 2022).

Οι κυρίαρχες καλλιέργειες στην περιοχή είναι οι δενδρώδεις (αμπέλια, ροδάκινα, μήλα), οι αρδευόμενες ετήσιες καλλιέργειες (βαμβάκι, καλαμπόκι, ντομάτα) και οι ξηρικές καλλιέργειες όπως σιτηρά και ψυχανθή. Οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο ποσοστό της γης, καθιστώντας τη γεωργία τον βασικό παράγοντα χρήσης και διαμόρφωσης του τοπίου. Η αρδευόμενη γεωργία υποστηρίζεται από ένα πυκνό δίκτυο καναλιών και γεωτρήσεων, που επηρεάζουν τη ροή των υπόγειων και επιφανειακών υδάτων. Αν και πρόκειται για δραστηριότητες υψηλής έντασης, οι αγροτικές εκτάσεις φιλοξενούν περιθωριακά ενδαιτήματα για διάφορα είδη, όπως ζώνες πρασίνου, ακαλλιέργητες λωρίδες, φράχτες και μικρά συστάδες δέντρων (FSPVPV Solar, 2022).

Η κτηνοτροφία, κυρίως εκτατική, παίζει και αυτή σημαντικό ρόλο στην περιοχή. Οι βοσκότοποι, είτε φυσικοί είτε υποβαθμισμένοι από ανθρώπινες επεμβάσεις, εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται σε μικρότερη ένταση από το παρελθόν, αλλά διατηρούν μια σημαντική οικολογική αξία, ιδιαίτερα για τα είδη που ευνοούνται από τα ανοιχτά τοπία (Goddard et al., 2010). Η παρουσία ζώων σε τέτοιους βοσκότοπους συμβάλλει στη διατήρηση του μωσαϊκού της βλάστησης και εμποδίζει τη φυσική διαδοχή που οδηγεί στη δάσωση, γεγονός

που ενδέχεται να επηρεάσει αρνητικά είδη που εξαρτώνται από τις ανοικτές εκτάσεις (Taylor et al., 2019). Εκτός από τις αγροτικές χρήσεις, σημαντικό ποσοστό της γης καλύπτεται από φυσικούς ή ημι-φυσικούς βιότοπους, όπως θαμνώνες, χορτολίβαδα και συστάδες υγροτοπικής ή παρόχθιας βλάστησης. Οι εκτάσεις αυτές διατηρούνται κυρίως σε θέσεις που δεν ευνοούν την καλλιέργεια, όπως πλημμυρικές ζώνες, πρηνή καναλιών ή δρόμων, και ημιορεινές περιοχές. Αποτελούν κρίσιμες περιοχές για την πανίδα, καθώς προσφέρουν θέσεις φωλεοποίησης, τροφοληψίας και καταφυγίου για πολλά είδη, μεταξύ αυτών και προστατευόμενα. Η διατήρησή τους εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις χρήσεις γης γύρω τους και την πίεση που ασκούν οι ανθρώπινες δραστηριότητες (Roller, 2019).

Στην περιφέρεια της περιοχής βρίσκονται οικισμοί μικρού και μεσαίου μεγέθους, όπως ο Τύρναβος και οι γύρω αγροτικοί οικισμοί, που συγκεντρώνουν πληθυσμιακές και οικονομικές δραστηριότητες. Η αστικοποίηση παραμένει περιορισμένη, ωστόσο επεκτείνεται σταδιακά, κυρίως κατά μήκος των κύριων οδικών αξόνων και σε σημεία με αυξημένη πρόσβαση. Οι αστικές επεκτάσεις και η υποδομή (δρόμοι, αποθήκες, γεωργικές μονάδες) αποτελούν πηγή κατακερματισμού για τους φυσικούς βιότοπους και επιδρούν αρνητικά στη συνδεσιμότητα των ενδιαιτημάτων (Gazos & Vagiona, 2024). Στην περιοχή λειτουργεί και δίκτυο μεταφοράς ενέργειας, καθώς και άλλες υποδομές όπως αποστραγγιστικά έργα, αντλιοστάσια και γεωτρήσεις. Αυτά τα στοιχεία αποτελούν μέρος της αγροτικής δραστηριότητας αλλά ταυτόχρονα μεταβάλλουν τη φυσική υδρολογική λειτουργία της περιοχής (Graff, 2015). Τα έργα αυτά, αν και τεχνικά απαραίτητα για την υποστήριξη της παραγωγικής λειτουργίας, επηρεάζουν τη

δυναμική των υγροτοπικών μικροενδιαιτημάτων, τα οποία έχουν κρίσιμη σημασία για την τοπική βιοποικιλότητα. Η διατήρηση της περιβαλλοντικής λειτουργικότητας αυτών των στοιχείων αποτελεί πρόκληση για κάθε σχέδιο ανάπτυξης (Patsianidi, 2023).

Η αναψυχή, αν και δεν είναι έντονα αναπτυγμένη στην περιοχή, εκφράζεται με ήπιες δραστηριότητες όπως πεζοπορία, κυνήγι και ερασιτεχνική παρατήρηση της φύσης. Οι δραστηριότητες αυτές, αν και χαμηλής έντασης, μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα σε περιόδους υψηλής ευαισθησίας για την πανίδα, όπως κατά την περίοδο της φωλεοποίησης (Htay et al., 2024). Η ενσωμάτωση της προστασίας της φύσης στη διαχείριση τέτοιων χρήσεων απαιτεί την ανάπτυξη στρατηγικών χωροθέτησης και ενημέρωσης του κοινού, ώστε να ελαχιστοποιούνται οι επιπτώσεις στον βιότοπο (Van Staden, 2021).

Σε μικρότερη κλίμακα, εντοπίζονται και εγκαταστάσεις ΑΠΕ, κυρίως μεμονωμένοι σταθμοί φωτοβολταϊκών ή μικρές αιολικές εγκαταστάσεις. Αν και η παρουσία τους μέχρι στιγμής δεν έχει επηρεάσει δραστικά τη δομή του τοπίου, η αύξηση τέτοιων έργων στο μέλλον δημιουργεί την ανάγκη σχεδιασμού σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, ώστε να διασφαλιστεί η αρμονική ένταξή τους στο τοπίο και η προστασία της βιοποικιλότητας. Η σωστή επιλογή θέσεων εγκατάστασης, σε συνδυασμό με την κατάλληλη τεχνική και περιβαλλοντική μελέτη, είναι κρίσιμη για την αποφυγή συγκρούσεων με τις υπάρχουσες χρήσεις γης και τα οικοσυστήματα (Lytopoulos & Xydis, 2025). Η ύπαρξη αυτών των ποικίλων χρήσεων γης αντικατοπτρίζει τη διαχρονική συνύπαρξη της ανθρώπινης δραστηριότητας με τη φύση στην περιοχή του Τυρνάβου. Η γεωργία παραμένει κυρίαρχη αλλά πλαισιώνεται από άλλες ήπιες χρήσεις, φυσικά τοπία και ενδιαιτήματα,

καθιστώντας την περιοχή μία σύνθετη γεωγραφική ενότητα. Η διαχείριση αυτής της σύνθεσης είναι κρίσιμη για τη βιωσιμότητα του οικοσυστήματος, καθώς και για την επιτυχή ένταξη νέων έργων, όπως το υπό μελέτη φωτοβολταϊκό πάρκο. Η ανάγκη για μια χωρική και περιβαλλοντική στρατηγική διαχείρισης που να λαμβάνει υπόψη τη φύση, την παραγωγή και την κοινωνία είναι πλέον επιτακτική (Porichis, 2023).

2.2.2. Γεωργία, κτηνοτροφία και άλλες οικονομικές δραστηριότητες

Η περιοχή του Τυρνάβου, εντός της οποίας βρίσκεται και η Ζώνη Ειδικής Προστασίας GR1420013, αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα αγροτικού τοπίου στη Θεσσαλία, όπου η γεωργία και η κτηνοτροφία συνιστούν τις βασικές οικονομικές δραστηριότητες. Το αγροτικό προφίλ της περιοχής έχει διαμορφωθεί διαχρονικά από τον συνδυασμό εύφορων εδαφών, επαρκούς ηλιακής ακτινοβολίας και υποδομών άρδευσης, που επιτρέπουν την εντατική εκμετάλλευση της γης για γεωργικούς σκοπούς. Η τοπική οικονομία στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό στην πρωτογενή παραγωγή, ενώ σημαντική είναι και η συμβολή άλλων δραστηριοτήτων, όπως η μεταποίηση αγροτικών προϊόντων, η εμπορία και οι υπηρεσίες που σχετίζονται με τον αγροτικό τομέα (FSPVPV Solar, 2022). Η γεωργική δραστηριότητα στην περιοχή εμφανίζει έντονα εντατικό χαρακτήρα, με συστηματική καλλιέργεια κυρίως αροτραίων φυτών, δενδρωδών καλλιεργειών και σε μικρότερο βαθμό κηπευτικών. Βαμβάκι, καλαμπόκι, σιτάρι, βιομηχανική ντομάτα και κριθάρι αποτελούν τις βασικές αροτραίες καλλιέργειες, ενώ σε εκτεταμένες περιοχές αναπτύσσονται αμπελώνες και οπωρώνες με ροδάκινα, αχλάδια και μήλα. Η ύπαρξη πυκνού δικτύου αρδευτικών καναλιών, καθώς και η δυνατότητα γεωτρήσεων, έχει

επιτρέψει την εντατικοποίηση της παραγωγής, γεγονός που επηρεάζει άμεσα τη χρήση των φυσικών πόρων και την ποιότητα του εδάφους και των υδάτων (Gazos & Vagiona, 2024).

Η γεωργική χρήση της γης έχει διαμορφώσει και τη δομή του τοπίου, δημιουργώντας ένα μωσαϊκό καλλιεργειών, ακαλλιέργητων λωρίδων, δενδροστοιχιών και αναχωμάτων, που ενώ σε γενικές γραμμές χαρακτηρίζεται από χαμηλή φυσικότητα, εντούτοις παρέχει ποικιλία μικροενδιαιτημάτων για την τοπική πανίδα. Οι άκρες των χωραφιών, τα περιθώρια των καναλιών και τα φυτοφράγματα, αν και προϊόντα της αγροτικής χρήσης, αποκτούν οικολογική σημασία καθώς διατηρούν την οικολογική συνδεσιμότητα και φιλοξενούν πληθώρα ειδών, ιδίως πτηνών και μικρών θηλαστικών (Van Staden, 2021).

Η ένταση της γεωργίας επιφέρει όμως και περιβαλλοντικές πιέσεις. Η χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων, η απώλεια φυσικής βλάστησης και η μονοκαλλιέργεια μειώνουν τη βιοποικιλότητα και επηρεάζουν τη λειτουργία των οικοσυστημάτων. Ειδικά σε περιοχές υψηλής οικολογικής αξίας, όπως οι Ζώνες Ειδικής Προστασίας, οι γεωργικές δραστηριότητες πρέπει να εξισορροπούνται με πρακτικές φιλικές προς το περιβάλλον, όπως η αμειψισπορά, η διατήρηση αγροτικών φρακτών και η αποφυγή ψεκασμών σε περιόδους αναπαραγωγής της ορνιθοπανίδας (Lytopoulos & Xydis, 2025).

Η κτηνοτροφία στην περιοχή, αν και λιγότερο εκτεταμένη από τη γεωργία, παραμένει σημαντική τόσο ως οικονομική δραστηριότητα όσο και ως διαμορφωτής του τοπίου. Εντοπίζεται κυρίως υπό τη μορφή εκτατικής βόσκησης σε χορτολιβαδικές και θαμνώδεις εκτάσεις, καθώς και ημιεντατικών

μονάδων με αιγοπρόβατα και βοοειδή. Η παρουσία της κτηνοτροφίας επηρεάζει άμεσα τη διατήρηση ανοιχτών εκτάσεων, που είναι κρίσιμες για τη διατήρηση ειδών που εξαρτώνται από αυτά τα ενδιαιτήματα, ενώ παράλληλα προάγει την ανακύκλωση οργανικής ύλης και συμβάλλει στη διατήρηση της βιοποικιλότητας όταν ασκείται σε ήπιες εντάσεις (Souloroulou et al., 2022). Παρόλα αυτά, η υπερβόσκηση ή η εγκατάλειψη των παραδοσιακών βόσκησης έχουν αρνητικές επιπτώσεις. Η πρώτη οδηγεί σε υποβάθμιση της φυτοκάλυψης, διάβρωση και απώλεια γονιμότητας, ενώ η δεύτερη επιτρέπει τη σταδιακή μετάβαση του οικοσυστήματος σε πιο κλειστά δάση ή θαμνώνες, με απώλεια των ενδιαιτημάτων των ειδών των ανοικτών τοπίων. Η ισορροπημένη κτηνοτροφική δραστηριότητα, με σεβασμό στους φυσικούς ρυθμούς της βλάστησης, μπορεί να αποτελέσει σημαντικό εργαλείο διαχείρισης της φύσης και ταυτόχρονα να στηρίζει την τοπική οικονομία (Patsianidi, 2023).

Σημαντική επίσης είναι η παρουσία γεωργοκτηνοτροφικών μονάδων μικρής και μεσαίας κλίμακας, καθώς και η τοπική μεταποίηση των προϊόντων τους, ιδίως στο πεδίο της τυροκομίας και της οινοποιίας. Η περιοχή του Τυρνάβου φημίζεται για την παραγωγή τσίπουρου και κρασιού, προϊόντων που συνδέονται άμεσα με την αμπελοκαλλιέργεια. Αυτές οι δραστηριότητες όχι μόνο συμβάλλουν στην οικονομία της περιοχής, αλλά προβάλλουν και την πολιτισμική της ταυτότητα, αποτελώντας συχνά αφορμή για αγροτουριστικές δράσεις. Η ενίσχυση τέτοιων μορφών παραγωγής και η πιστοποίηση των προϊόντων μπορούν να ενισχύσουν την τοπική ανάπτυξη με περιβαλλοντικά υπεύθυνο τρόπο (Porichis, 2023). Άλλες οικονομικές δραστηριότητες στην περιοχή περιλαμβάνουν τον αγροτουρισμό, την παροχή υπηρεσιών σε

αγροτικές κοινότητες, καθώς και ήπιες μορφές αναψυχής που σχετίζονται με τη φύση, όπως η παρατήρηση πουλιών και η πεζοπορία (Nikolon, 2010). Αν και σε πρώιμο στάδιο, οι δραστηριότητες αυτές μπορούν να ενισχυθούν μέσω κατάλληλων επενδύσεων και στρατηγικών προβολής της φυσικής και πολιτισμικής κληρονομιάς της περιοχής. Η ύπαρξη της Ζώνης Ειδικής Προστασίας μπορεί να αποτελέσει αφορμή για την ανάπτυξη εναλλακτικών μορφών τουρισμού που θα βασίζονται στη διατήρηση της φύσης και όχι στην καταστροφή της (CSPVPV Solar, 2022).

Ταυτόχρονα, παρατηρείται η σταδιακή διείσδυση νέων τεχνολογιών στον αγροτικό τομέα, όπως η χρήση φωτοβολταϊκών για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών αγροκτημάτων και αρδευτικών μονάδων. Οι μικρής κλίμακας εφαρμογές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας προσφέρουν ενεργειακή αυτονομία και μείωση κόστους στους παραγωγούς, ενώ ενισχύουν το προφίλ της περιοχής ως δυναμικής και περιβαλλοντικά ευαίσθητης. Η σωστή ενσωμάτωση αυτών των τεχνολογιών στον αγροτικό σχεδιασμό μπορεί να οδηγήσει σε θετικά πολλαπλασιαστικά αποτελέσματα για την παραγωγικότητα και την περιβαλλοντική ισορροπία (Van Heerden, 2020).

Η εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου μεγάλης ισχύος, όπως αυτό που εξετάζεται στην περιοχή του Τυρνάβου, θα πρέπει να λάβει υπόψη την υφιστάμενη οικονομική δραστηριότητα ώστε να ελαχιστοποιήσει ενδεχόμενες συγκρούσεις χρήσεων γης. Η χωροθέτηση σε θέσεις χαμηλής παραγωγικότητας ή η αξιοποίηση υποβαθμισμένων εκτάσεων μπορεί να μειώσει την απώλεια γεωργικής γης. Επιπλέον, η δημιουργία συνεργειών με την τοπική αγροτική οικονομία, όπως η συμβολική καλλιέργεια μεταξύ των σειρών των φωτοβολταϊκών ή η χρήση των χώρων για βόσκηση, μπορεί να

προσδώσει στο έργο προστιθέμενη αξία (Lytopoulos & Xydis, 2025). Η συνύπαρξη γεωργίας, κτηνοτροφίας και νέων μορφών ανάπτυξης, όπως οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, αποτελεί πρόκληση αλλά και ευκαιρία για την περιοχή του Τυρνάβου. Η μακροχρόνια διαχείριση της γης πρέπει να βασίζεται στην αρχή της πολυλειτουργικότητας, αναγνωρίζοντας ότι το αγροτικό τοπίο είναι ταυτόχρονα πεδίο παραγωγής, χώρος διαβίωσης για την άγρια ζωή και πόρος για την τοπική κοινωνία.

Μόνο μέσω στρατηγικών που ενσωματώνουν τις περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές διαστάσεις μπορεί να εξασφαλιστεί ένα βιώσιμο μέλλον για την περιοχή (Steyn, 2021).

2.3. Οικολογικά χαρακτηριστικά και προστατευόμενα είδη

2.3.1. Βιότοποι και τύποι οικοτόπων

Η περιοχή ΖΕΠ GR1420013 στην ευρύτερη περιοχή του Τυρνάβου χαρακτηρίζεται από σημαντική οικολογική ποικιλότητα, γεγονός που την καθιστά περιοχή ιδιαίτερης σημασίας για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας. Το φυσικό και ημιφυσικό τοπίο περιλαμβάνει ένα πλέγμα διαφορετικών τύπων οικοτόπων, οι οποίοι συνδυάζονται με τις αγροτικές χρήσεις και τις ανθρωπογενείς επιρροές για να δημιουργήσουν ένα μωσαϊκό περιβαλλοντικών συνθηκών. Οι τύποι οικοτόπων που συναντώνται στην περιοχή είναι αντιπροσωπευτικοί της μεσογειακής ενδοχώρας και φιλοξενούν πολλά προστατευόμενα είδη, ιδίως ορνιθοπανίδας (Souloroulou et al., 2022).

Στο σύνολό τους, οι κύριοι τύποι οικοτόπων που εντοπίζονται στην περιοχή περιλαμβάνουν γεωργικές εκτάσεις, χορτολιβαδικές και θαμνώδεις εκτάσεις, παρόχθια και υγροτοπικά συστήματα, καθώς και σποραδικές νησίδες φυσικής βλάστησης. Οι γεωργικές εκτάσεις, παρόλο που αποτελούν ανθρωπογενή χρήση, λειτουργούν ενίοτε ως ημιφυσικά ενδιαίτηματα για είδη που προσαρμόζονται σε ανοιχτά τοπία, ιδιαίτερα όταν συνοδεύονται από ακαλλιέργητες νησίδες ή διατηρούνται στοιχεία όπως φράκτες και πρηνή. Οι ανοιχτοί αγροί είναι κατάλληλοι για είδη που φωλιάζουν στο έδαφος ή εκμεταλλεύονται τη χαμηλή βλάστηση για τροφοληψία (Van Staden, 2021).

Οι χορτολιβαδικές και θαμνώδεις εκτάσεις, αν και περιορίζονται στα περιθώρια των καλλιεργούμενων εδαφών ή σε λιγότερο παραγωγικά εδάφη, παίζουν σημαντικό ρόλο για τη βιοποικιλότητα της περιοχής. Ενδημικά φυτικά είδη, έντομα, μικρά θηλαστικά και πτηνά εξαρτώνται από τη δυναμική αυτών των οικοτόπων, που χαρακτηρίζονται από εποχική διακύμανση και υψηλή ετερογένεια (Dugan et al., 2011). Η παρουσία φυτών με έντονη ανθοφορία προσελκύει επικοινωναστές, ενώ η δομή της βλάστησης παρέχει κάλυψη και αναπαραγωγικά καταφύγια για πολυάριθμα είδη (Roller, 2019).

Παρόχθιες ζώνες κατά μήκος του ποταμού Τιταρήσιου και άλλων μικρότερων υδάτινων σωμάτων της περιοχής, αποτελούν ιδιαίτερα σημαντικούς τύπους οικοτόπων. Η παρόχθια βλάστηση, αποτελούμενη από είδη όπως λεύκες, ιτιές και πλατάνια, δημιουργεί ένα μικροκλίμα που υποστηρίζει σημαντική βιοποικιλότητα, παρέχοντας ταυτόχρονα σκίαση, σταθεροποίηση των όχθων και ρύθμιση της θερμοκρασίας των υδάτων. Οι περιοχές αυτές λειτουργούν ως κρίσιμες ζώνες για την τροφοληψία, την αναπαραγωγή και τη

μετανάστευση πολλών ειδών, ειδικά υδρόβιων πτηνών και αμφιβίων (Patsianidi, 2023).

Η παρουσία εποχικών υγροτόπων ή προσωρινών λιμνών εντός της περιοχής αποτελεί επιπλέον στοιχείο οικολογικής αξίας. Αυτοί οι υγρότοποι εμφανίζονται κυρίως κατά τους χειμερινούς μήνες λόγω βροχοπτώσεων και πλημμυρικών φαινομένων και αποξηραίνονται κατά τη θερινή περίοδο. Παρά τη μικρή διάρκεια ύπαρξής τους, αποτελούν ζωτικό πόρο για πολλά είδη, ιδίως μεταναστευτικά πτηνά που στηρίζονται στη διαθεσιμότητα αυτών των ενδιαιτημάτων για ανάπαυση και τροφοληψία κατά τις μεταναστευτικές διαδρομές (CSPVPV Solar, 2022). Η διατήρηση αυτών των οικοτόπων είναι στενά συνδεδεμένη με τις χρήσεις γης και τη διαχείριση της περιοχής. Η εντατικοποίηση της γεωργίας, η αλλαγή του υδρολογικού καθεστώτος και η εγκατάλειψη της παραδοσιακής διαχείρισης μπορούν να οδηγήσουν σε υποβάθμιση ή ακόμη και εξαφάνιση ορισμένων τύπων οικοτόπων. Για τον λόγο αυτό, η περιβαλλοντική πολιτική στην περιοχή επικεντρώνεται στη διατήρηση και αποκατάσταση των φυσικών χαρακτηριστικών του τοπίου, ενσωματώνοντας στρατηγικές διαχείρισης που στηρίζονται σε οικολογικά δεδομένα (Lytopoulos & Xydis, 2025).

Η σημασία των οικοτόπων της περιοχής δεν περιορίζεται μόνο στην τοπική βιοποικιλότητα αλλά επεκτείνεται και στην οικολογική συνδεσιμότητα. Οι φυσικοί διάδρομοι που συνδέουν τη ΖΕΠ GR1420013 με γειτονικές προστατευόμενες περιοχές επιτρέπουν την ανταλλαγή γενετικού υλικού και τη μετακίνηση των ειδών, γεγονός που ενισχύει τη μακροπρόθεσμη ανθεκτικότητα των πληθυσμών (Fonderflick et al., 2010). Η αποκατάσταση και διατήρηση αυτών των οικολογικών διαδρομών θεωρείται κρίσιμη

προτεραιότητα για τη μακροχρόνια βιωσιμότητα των οικοσυστημάτων (Porichis, 2023).

2.3.2. Προστατευόμενα είδη χλωρίδας και πανίδας σύμφωνα με τις Οδηγίες 92/43/ΕΟΚ και 2009/147/ΕΚ

Η οικολογική αξία της περιοχής δεν περιορίζεται στους τύπους οικοτόπων, αλλά ενισχύεται από την παρουσία πολυάριθμων ειδών που προστατεύονται σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο. Η Ζώνη Ειδικής Προστασίας GR1420013 έχει καταγραφεί ως σημαντική περιοχή για την ορνιθοπανίδα, φιλοξενώντας είδη τόσο καθ' όλη τη διάρκεια του έτους όσο και εποχιακά, κατά τη διάρκεια των μεταναστεύσεων. Πολλά από αυτά τα είδη εντάσσονται στα Παραρτήματα Ι της Οδηγίας 2009/147/ΕΚ για τα πτηνά και ΙΙ της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ για τους οικοτόπους, γεγονός που προσδίδει στη ΖΕΠ υψηλή σημασία για τη διατήρηση της ευρωπαϊκής βιοποικιλότητας (Van Heerden, 2020).

Μεταξύ των πιο χαρακτηριστικών ειδών που απαντώνται στην περιοχή συγκαταλέγονται αρπακτικά πτηνά όπως ο κραυγαετός (*Clanga pomarina*), ο φιδαιτός (*Circaetus gallicus*), και ο σφηκιάρης (*Pernis apivorus*). Τα είδη αυτά εκμεταλλεύονται το μωσαϊκό των καλλιεργειών και φυσικών εκτάσεων για την τροφοληψία τους και εξαρτώνται από την ύπαρξη ώριμων δέντρων ή ήσυχων περιοχών για τη φωλεοποίηση. Ο πληθυσμός τους απειλείται από την υποβάθμιση των ενδιαιτημάτων και τις ανθρωπογενείς ενοχλήσεις, γεγονός που καθιστά επιτακτική την ανάγκη προστασίας τους μέσω κατάλληλων μέτρων διαχείρισης (FSPVPV Solar, 2022).

Σημαντική είναι και η παρουσία ειδών εδαφόβιων και παρυδάτιων πτηνών, όπως η χαλκόκοτα (*Plegadis falcinellus*), ο καλαμοκανάς (*Himantopus*

himantopus), και το τσιχλοποταμίδι (*Tringa glareola*). Αυτά τα είδη εξαρτώνται από τη διαθεσιμότητα μικρών υγροτοπικών σχηματισμών και ανοιχτών εκτάσεων με ήπια κάλυψη βλάστησης, οι οποίες τείνουν να υποχωρούν εξαιτίας της αποξήρανσης και της αλλαγής χρήσεων γης (Jeal et al., 2019). Η διατήρηση της παρουσίας αυτών των ειδών στην περιοχή απαιτεί την προστασία των εποχιακών λιμνών και των παρόχθιων περιοχών, καθώς και την περιορισμένη παρέμβαση κατά την αναπαραγωγική περίοδο (Cali et al., 2021).

Επιπλέον, στην περιοχή απαντώνται και είδη μικρότερων σπουργιτόμορφων που συγκαταλέγονται στα προστατευόμενα, όπως η ωχροστρίσιδα (*Emberiza calandra*) και ο λευκοσουσουράδα (*Motacilla alba*). Τα είδη αυτά, αν και λιγότερο εντυπωσιακά, έχουν οικολογική σημασία καθώς λειτουργούν ως δείκτες οικολογικής κατάστασης των αγροτικών τοπίων. Η παρουσία και αναπαραγωγική επιτυχία αυτών των ειδών επηρεάζεται άμεσα από τη χρήση φυτοφαρμάκων, την απώλεια βλάστησης και τη διατάραξη των θέσεων φωλεοποίησης (Steyn, 2021). Πέρα από τα πτηνά, στην περιοχή συναντώνται και άλλα προστατευόμενα είδη πανίδας όπως αμφίβια (π.χ. *Pelophylax ridibundus*), ερπετά και μικρά θηλαστικά. Η διατήρηση αυτών των πληθυσμών απαιτεί τη διαφύλαξη των ενδιαιτημάτων τους, ιδιαίτερα των υγρών στοιχείων, των παρόχθιων ζωνών και των περιοχών με υψηλή βιοποικιλότητα φυτικής κάλυψης. Η σύνδεση μεταξύ των διαφορετικών τύπων οικοτόπων αποτελεί βασικό παράγοντα για την επιβίωση αυτών των ειδών (Van der Merwe et al., 2021).

Η παρουσία των ειδικά προστατευόμενων ειδών στην περιοχή του Τυρνάβου ενισχύει τη σημασία της ΖΕΠ GR1420013 όχι μόνο για την Ελλάδα αλλά και

για την ευρωπαϊκή στρατηγική διατήρησης της φύσης (Mentzafou et al., 2025). Η εφαρμογή ολοκληρωμένων προσεγγίσεων διαχείρισης που βασίζονται στη γνώση των οικολογικών απαιτήσεων των ειδών και των πιέσεων που αντιμετωπίζουν είναι ουσιώδης για τη διατήρηση της οικολογικής ακεραιότητας της περιοχής (Zaplata & Dullau, 2022).

2.3.3 Αναλυτική περιγραφή ειδών χαρακτηρισμού ΖΕΠ GR1420013: *Falco naumanni* & *Falco tinnunculus*

ΚΙΡΚΙΝΕΖΙ (*Falco naumanni*)

Το κερκινέζι (*Falco naumanni*) είναι ένα μικρό γερακοειδές που ανήκει στην τάξη Falconiformes και στην οικογένεια Falconidae. Πρόκειται για είδος μεταναστευτικό, το οποίο διακρίνεται για τον κοινωνικό του χαρακτήρα, την έντονη κινητικότητα και την εξειδίκευση στις εντόμους για τη διατροφή του. Φέρει ομοιότητες με το συγγενικό είδος *Falco tinnunculus* (βραχοκρκινέζο), από το οποίο διαφοροποιείται ως προς το μέγεθος, τη χρωματική απόχρωση και τη συμπεριφορά του. Τα αρσενικά του *Falco naumanni* έχουν γαλαζωπό κεφάλι και πλάτη χωρίς στίγματα, σε αντίθεση με το βραχοκρκινέζο, ενώ το είδος χαρακτηρίζεται από πιο κοινωνική φωλεοποίηση και εντονότερη σμηνοποίηση.



Εικόνα 4. Αρσενικό *Falco naumanni*

Η παγκόσμια κατανομή του κερκινέζιου περιλαμβάνει την αναπαραγωγή στη νότια Ευρώπη, τη Βόρεια Αφρική, τη Μέση Ανατολή και την Κεντρική Ασία, ενώ διαχειμάζει στην υποσαχάρια Αφρική. Ειδικότερα, οι κύριες περιοχές αναπαραγωγής βρίσκονται στην Ιβηρική χερσόνησο, την Ιταλία, την Τουρκία, τα Βαλκάνια και το δυτικό Ιράν. Κατά τη μεταναστευτική του πορεία διασχίζει τη Μεσόγειο, περνώντας από επικίνδυνες θαλάσσιες και ερημικές περιοχές. Στην ήπειρο της Αφρικής, διαχειμάζει σε περιοχές της Σενεγάλης, του Μάλι, του Νίγηρα, της Νιγηρίας, μέχρι και τη Ζάμπια και τη Νότια Αφρική (Groombridge et al., 2002).

Στην Ευρώπη, το κερκινέζι συναντάται κυρίως σε μεσογειακές χώρες, με σημαντικότερους πληθυσμούς στην Ισπανία, την Ιταλία, την Πορτογαλία, την Ελλάδα και την Τουρκία. Εμφανίζεται κυρίως σε ανοιχτά γεωργικά τοπία, με χαμηλή βλάστηση και χαμηλής έντασης ανθρώπινες δραστηριότητες. Προτιμά

αγροτικές περιοχές με βοσκοτόπια, λιβάδια, εγκαταλελειμμένες καλλιέργειες ή μωσαϊκό γεωργικών χρήσεων. Το είδος είναι ευέλικτο ως προς την επιλογή φωλεοποίησης, χρησιμοποιώντας κοιλότητες σε κτίρια, αποθήκες, καμπαναριά, εγκαταλελειμμένες κατοικίες, ακόμα και τεχνητές φωλιές όπου διατίθενται (BirdLife International 2021).

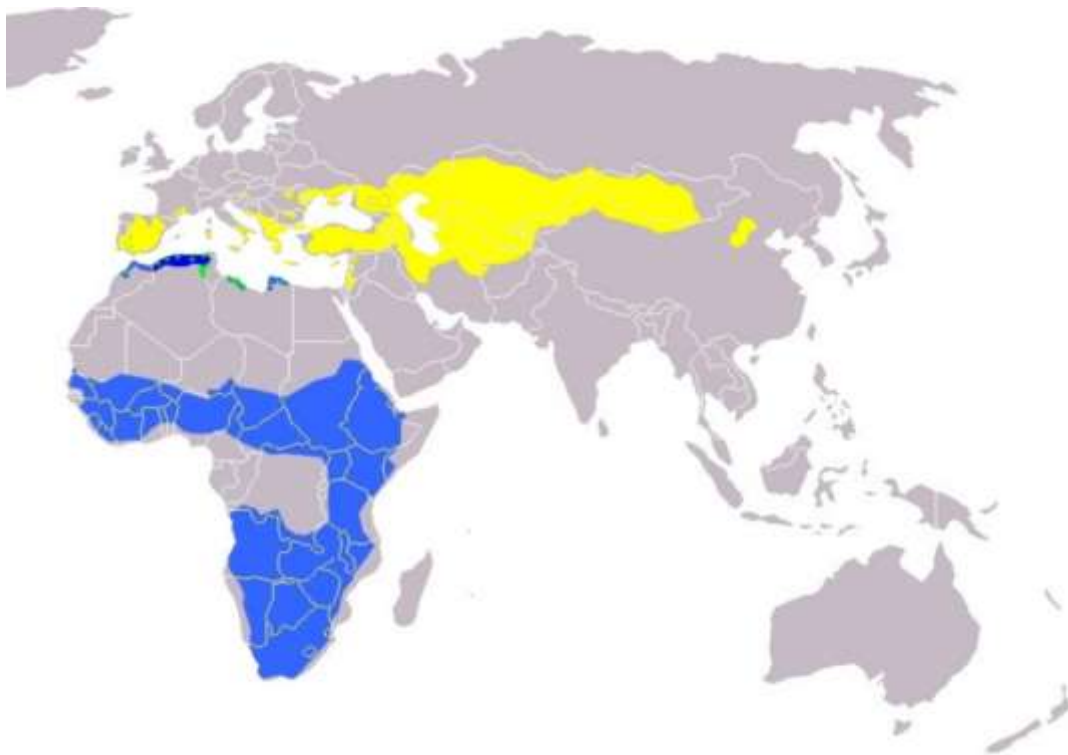
Στην Ελλάδα, το *Falco naumanni* φωλιάζει κυρίως στην ηπειρωτική χώρα, με ισχυρούς πληθυσμούς στη Θεσσαλία, τη Στερεά Ελλάδα, την Πελοπόννησο, την Κεντρική Μακεδονία και την Ανατολική Μακεδονία–Θράκη. Προτιμά εκτεταμένα πεδινά ή ημιορεινά αγροτικά τοπία με πλούσια εντομοπανίδα και χαμηλό ύψος βλάστησης. Η αναπαραγωγική περίοδος ξεκινά από τις αρχές Απριλίου και διαρκεί έως τα μέσα Ιουλίου. Τα ζευγάρια σχηματίζονται νωρίς την άνοιξη και φωλιάζουν σε κοιλότητες τοίχων ή στεγών, γεννώντας 3 έως 6 αυγά, τα οποία επωάζονται για περίπου 28 ημέρες. Οι νεοσσοί αναπτύσσονται μέσα στη φωλιά για 4 περίπου εβδομάδες μέχρι να πραγματοποιήσουν την πρώτη τους πτήση.

Η διατροφή του κirkινεζιού βασίζεται κυρίως σε έντομα, με κυρίαρχες ομάδες τα ορθόπτερα (π.χ. ακρίδες, γρύλοι), σκαθάρια, κάμπιες και άλλα αρθρόποδα. Ενίοτε μπορεί να τραφεί και με μικρά σπονδυλωτά, όπως ερπετά και τρωκτικά. Η διαθεσιμότητα τροφής επηρεάζεται από τη γεωργική δραστηριότητα και τη χρήση φυτοφαρμάκων. Το είδος θεωρείται ιδιαίτερα ευάλωτο σε περιβαλλοντικές και ανθρωπογενείς πιέσεις, ενώ η πληθυσμιακή του κατάσταση ποικίλλει ανά περιοχή (BirdLife International 2021).

Στην περιοχή του Τυρνάβου, και ειδικότερα εντός της Ζώνης Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ) **GR1420013**, το κirkινέζι βρίσκει κατάλληλες συνθήκες

φωλεοποίησης και διατροφής. Η περιοχή χαρακτηρίζεται από μωσαϊκό αγροτικών καλλιεργειών χαμηλής έντασης, λιβάδια, βοσκότοπους και διάσπαρτες δενδροστοιχίες. Επιπλέον, η παρουσία εγκαταλελειμμένων κτισμάτων και παλαιών αποθηκών προσφέρει πληθώρα εναλλακτικών θέσεων φωλεοποίησης. Οι εν λόγω συνθήκες καθιστούν τη ΖΕΠ GR1420013 σημαντική για την αναπαραγωγική επιτυχία και τη διατήρηση τοπικών πληθυσμών του είδους. Η περιοχή αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα αγροτικού τοπίου φιλικού προς το κερκινέζι και καταδεικνύει τη σημασία της διατήρησης τέτοιων ενδιαιτημάτων.

Ωστόσο, ο πληθυσμός του είδους απειλείται από διάφορους παράγοντες, όπως η εντατικοποίηση των γεωργικών δραστηριοτήτων, η χρήση εντομοκτόνων που μειώνουν τη διαθεσιμότητα θηραμάτων, η ανακαίνιση ή κατεδάφιση παλαιών κτιρίων που χρησιμοποιούνται για φωλεοποίηση και η γενικότερη υποβάθμιση των ενδιαιτημάτων. Οι κλιματικές αλλαγές ενδέχεται επίσης να επηρεάσουν το είδος μέσω της μείωσης της αφθονίας εντόμων κατά τις κρίσιμες περιόδους της αναπαραγωγής. Το *Falco naumanni* κατατάσσεται στην κατηγορία **"Ελάχιστης Ανησυχίας (Least Concern)"** από την IUCN, αλλά περιλαμβάνεται στο **Παράρτημα I** της Οδηγίας για τα Πτηνά (2009/147/EK), καθώς και στα **Παραρτήματα II** των Συμβάσεων της Βέρνης και της Βόννης, που αφορούν την προστασία των απειλούμενων και μεταναστευτικών ειδών. Η παρακολούθηση των πληθυσμών του και η διατήρηση κατάλληλων ενδιαιτημάτων αποτελούν βασικούς άξονες για την προστασία του στην Ελλάδα και ευρύτερα (Groombridge et al., 2002).

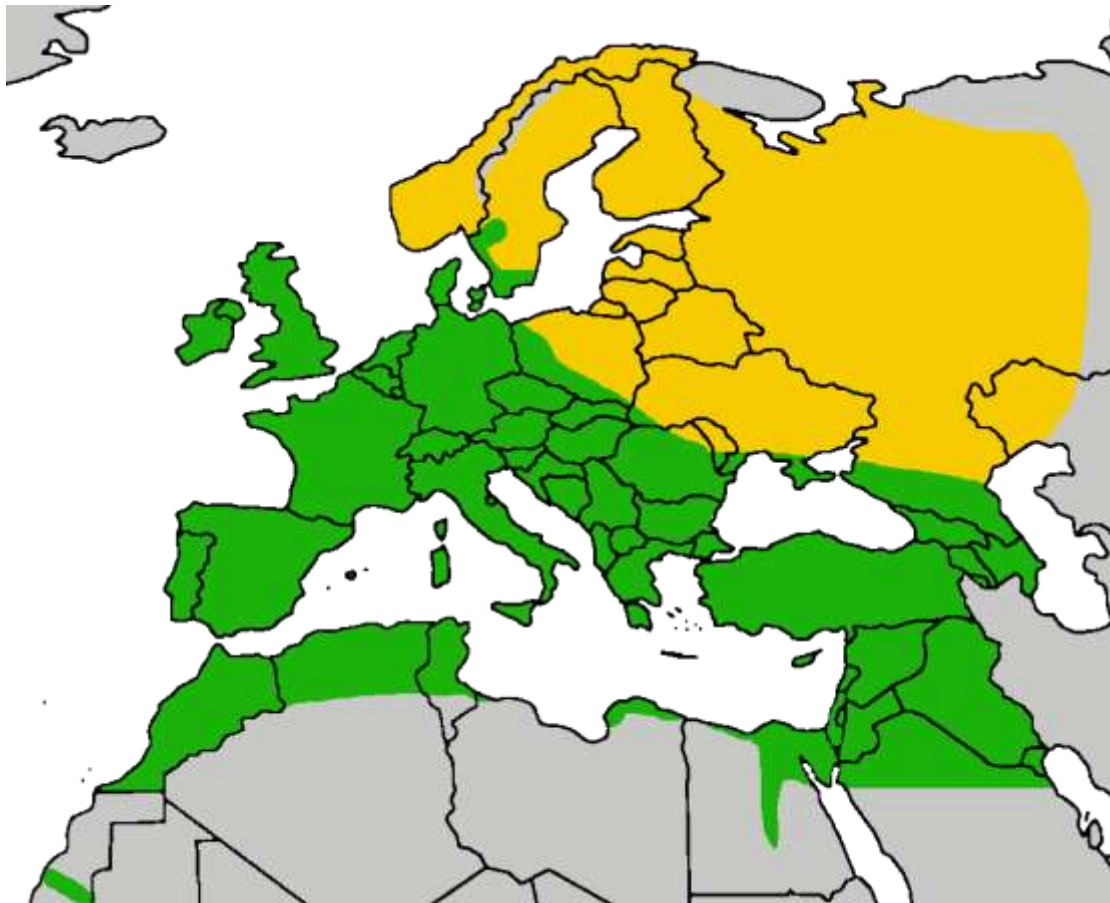


Εικόνα 5. Παγκόσμιος χάρτης κατανομής του κιρκινέζι (*Falco naumanni*). Με κίτρινο απεικονίζονται οι περιοχές αναπαραγωγής (κυρίως Νότια Ευρώπη, Τουρκία, Κεντρική Ασία), με μπλε οι περιοχές διαχείμασης (υποσαχάρια Αφρική), ενώ με πράσινο σημειώνονται οι μεταναστευτικές διαδρομές και ενδιάμεσες στάσεις. Ο χάρτης αναδεικνύει τον μεταναστευτικό χαρακτήρα του είδους, με ιδιαίτερη σημασία για την προστασία του τόσο στις περιοχές φωλιάσματος όσο και στους ενδιάμεσους και τελικούς σταθμούς.

ΑΕΤΟΓΕΡΑΚΙΝΑ (*Falco tinnunculus*)

Η αετογερακίνα (*Falco tinnunculus*) υπάγεται στην τάξη Falconiformes και στην οικογένεια Falconidae. Αποτελεί ένα από τα πλέον κοινά και διαδεδομένα είδη γερακιών στην Ευρώπη και την Ελλάδα, με ευρεία οικολογική προσαρμοστικότητα.

Η γεωγραφική κατανομή του *Falco tinnunculus* καλύπτει σχεδόν ολόκληρη την Ευρώπη, την Ασία και την Αφρική. Εντοπίζεται από τη Σκανδιναβία έως τις ακτές της Μεσογείου, ενώ στην Ασία φθάνει μέχρι τα όρια της Κεντρικής Ασίας και της Κίνας. Στην αφρικανική ήπειρο συναντάται μέχρι τη Νότιο Αφρική. Στην ελληνική επικράτεια διατηρεί σταθερούς πληθυσμούς σε ηπειρωτικές και νησιωτικές περιοχές. Η Ζώνη Ειδικής Προστασίας GR1420013 παρέχει κατάλληλους βιοτόπους για το είδος λόγω της εναλλαγής ανοιχτών αγροτικών εκτάσεων, φυσικής βλάστησης και ήπιων λοφώσεων (Schindler et al., 2016).



Εικόνα 6. Χάρτης κατανομής του *Falco tinnunculus* (μόνον οι δυτικές περιοχές)

Πράσινο = Επιδημητικό

Κίτρινο = Καλοκαιρινός αναπαραγόμενος επισκέπτης

Το *Falco tinnunculus* προτιμά ανοικτά τοπία με χαμηλή βλάστηση, γεωργικές εκτάσεις, βοσκοτόπια και λιβάδια, αλλά συναντάται επίσης σε περιαστικές και αστικές περιοχές. Χρησιμοποιεί ποικίλους χώρους φωλεοποίησης, όπως κοιλότητες σε δέντρα, βραχώδεις σχηματισμούς, παλιά κτίσματα και εγκαταλελειμμένες φωλιές κορακοειδών. Στην περιοχή του Τυρνάβου, οι εκτεταμένες καλλιέργειες, τα ακαλλιέργητα αγροτεμάχια και τα όρια των δρόμων προσφέρουν άφθονες θέσεις κυνηγιού και φωλεοποίησης. Η αναπαραγωγική περίοδος του *Falco tinnunculus* ξεκινά στα τέλη Μαρτίου και διαρκεί μέχρι τον Ιούνιο. Η γέννα αποτελείται από 4 έως 6 αυγά, τα οποία επωάζονται για περίπου 27-29 ημέρες. Οι νεοσσοί παραμένουν στη φωλιά για 30 περίπου ημέρες πριν την πρώτη τους πτήση. Το είδος δείχνει σημαντική ευελιξία στην επιλογή τοποθεσιών φωλεοποίησης, γεγονός που εξηγεί την εκτεταμένη κατανομή του (Niekerk, 2016).

Η μεταναστευτική συμπεριφορά του *Falco tinnunculus* ποικίλλει. Οι βόρειοι πληθυσμοί μεταναστεύουν τον χειμώνα προς νοτιότερες περιοχές. Στην Ελλάδα το είδος είναι κατά κύριο λόγο επιδημητικό, με ήπιες τοπικές μετακινήσεις, αναλόγως των συνθηκών διαθεσιμότητας τροφής και καιρικών φαινομένων.

Η διατροφή του στηρίζεται κυρίως σε μικρά τρωκτικά, όπως ποντίκια και αρουραίους. Συμπληρωματικά καταναλώνει έντομα, γαιοσκώληκες, σαύρες και περιστασιακά μικρά πτηνά. Οι ανοιχτές αγροτικές εκτάσεις του Τυρνάβου αποτελούν ευνοϊκό πεδίο κυνηγιού, εξασφαλίζοντας πλούσια τροφική βάση κατά τη διάρκεια όλου του έτους.

Το *Falco tinnunculus* απειλείται από την εντατικοποίηση της γεωργίας και τη χρήση τοξικών φυτοφαρμάκων, που περιορίζουν τη διαθεσιμότητα των θηραμάτων του. Η απώλεια θέσεων φωλεοποίησης λόγω υλοτομίας ή κατεδάφισης κτισμάτων περιορίζει τη δυνατότητα αναπαραγωγής. Πρόσθετες απειλές αποτελούν οι συγκρούσεις με οχήματα, οι ηλεκτροπληξίες σε πυλώνες και οι δευτερογενείς δηλητηριάσεις από τρωκτικοκτόνα δολώματα. Το *Falco tinnunculus* κατατάσσεται στην κατηγορία Least Concern (LC) της IUCN, παρουσιάζοντας σταθερούς πληθυσμούς σε παγκόσμιο επίπεδο. Στην Ελλάδα διατηρεί ισχυρούς πληθυσμούς, οι οποίοι παρακολουθούνται συστηματικά. Το είδος περιλαμβάνεται στο Παράρτημα I της Οδηγίας 2009/147/EK, καθώς και στο Παράρτημα II της Σύμβασης της Βέρνης και της Σύμβασης της Βόννης (Sarika et al., 2018).



Εικόνα 7. Κιρκινέζι



Εικόνα 8. Αετογερακίνα αρσενική ενήλικη



Εικόνα 9. Αετογερακίνα ενήλικη

3. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΠΑΡΚΟ

3.1. Γενικά στοιχεία του έργου και στόχοι εγκατάστασης

Το υπό μελέτη έργο αφορά την κατασκευή και λειτουργία ενός φωτοβολταϊκού πάρκου εντός της Ζώνης Ειδικής Προστασίας GR1420013 στην περιοχή Τυρνάβου. Πρόκειται για ένα έργο μεγάλης κλίμακας που εντάσσεται στο πλαίσιο της στρατηγικής ενίσχυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα, με στόχο την αύξηση της συμμετοχής τους στο ενεργειακό ισοζύγιο, τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την ενεργειακή απεξάρτηση της χώρας από τα ορυκτά καύσιμα.



Εικόνα 10. Τυπικό παράδειγμα φωτοβολταϊκού πάρκου εγκατεστημένου σε αγροτική περιοχή της Ελλάδας. Η εικόνα απεικονίζει τη γραμμική διάταξη των φωτοβολταϊκών πάνελ σε επίπεδο πεδίο, καθώς και τις συνοδευτικές υποδομές, όπως περιμετρική περίφραξη και βοηθητικές εγκαταστάσεις. Τέτοιου τύπου έργα συμβάλλουν στην αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας και στην επίτευξη των στόχων βιώσιμης ανάπτυξης.

Η επιλογή φωτοβολταϊκής τεχνολογίας στηρίζεται στην υψηλή ηλιακή ακτινοβολία της περιοχής, τη διαθεσιμότητα εκτάσεων και την τεχνική ωριμότητα της μεθόδου (Lytoroulos & Xydis, 2025). Το έργο θα περιλαμβάνει

περίφραξη, οδική πρόσβαση, σταθμούς ελέγχου και ενδεχομένως σύστημα πυρασφάλειας, όπως προβλέπεται από τις προδιαγραφές ασφάλειας μεγάλων ενεργειακών υποδομών (Roller, 2019).

Η επιλογή της περιοχής εγκατάστασης του έργου έγινε λαμβάνοντας υπόψη τη γεωγραφική θέση, την προσβασιμότητα και την ηλιακή ακτινοβολία. Η περιοχή Τυρνάβου είναι γνωστή για τη σταθερότητα των κλιματικών της συνθηκών, τις πολλές ημέρες ηλιοφάνειας και την ύπαρξη τεχνικά κατάλληλων εκτάσεων. Παρόλο που βρίσκεται εντός περιοχής Natura 2000, κρίθηκε ότι υπάρχουν δυνατότητες προσαρμογής και εφαρμογής κατάλληλων μέτρων ώστε να περιοριστούν οι επιπτώσεις στην οικολογική λειτουργία της περιοχής, πάντα υπό την προϋπόθεση της τήρησης των απαιτήσεων της νομοθεσίας για περιβαλλοντική αδειοδότηση (CSPVPV Solar, 2022).

Ο βασικός στόχος της εγκατάστασης είναι η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για την παραγωγή καθαρής ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία θα ενσωματωθεί στο εθνικό δίκτυο ηλεκτροδότησης. Με ισχύ 35 MW, το πάρκο εκτιμάται ότι θα μπορεί να καλύψει τις ανάγκες περίπου 16.000 νοικοκυριών ετησίως, συμβάλλοντας ουσιαστικά στη μείωση των εκπομπών CO₂ (Reis et al., 2012). Παράλληλα, η επένδυση φιλοδοξεί να ενισχύσει την τοπική οικονομία μέσω δημιουργίας θέσεων εργασίας κατά την κατασκευαστική φάση και μελλοντικά κατά τη λειτουργία και συντήρηση του έργου (Heinonen, 2024). Η ανάπτυξη του έργου υποστηρίζεται από την εθνική πολιτική για τις ΑΠΕ, όπως αυτή διατυπώνεται στα Εθνικά Σχέδια για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ), και ενισχύεται από τις δεσμεύσεις της Ελλάδας στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας. Το έργο έρχεται να καλύψει τις αυξανόμενες ανάγκες για πράσινη ενέργεια, συμβάλλοντας στον στόχο κάλυψης του 80% της

ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ έως το 2030. Παράλληλα, η κατασκευή του έργου υποστηρίζεται από πολιτικές ενίσχυσης επενδύσεων και χρηματοδοτικά εργαλεία που προωθούν την ενεργειακή μετάβαση (Froneman et al., 2021).

Η διαχείριση του έργου προβλέπει την τήρηση περιβαλλοντικών όρων, τη συμμόρφωση με τα πρότυπα της Ειδικής Οικολογικής Αξιολόγησης και την εφαρμογή καλών πρακτικών στη φάση κατασκευής και λειτουργίας. Η κατασκευή θα γίνει σταδιακά με φάσεις διαμόρφωσης, εγκατάστασης και διασύνδεσης, ενώ προβλέπεται και σχέδιο αποκατάστασης σε περίπτωση παύσης λειτουργίας ή αποξήλωσης της εγκατάστασης στο μέλλον. Το συνολικό πλαίσιο σχεδιασμού στοχεύει στην ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων στο φυσικό περιβάλλον και στη διατήρηση της λειτουργικότητας της περιοχής ως οικολογικού συστήματος (Steyn, 2021).

3.2. Χωροθέτηση του έργου και κάλυψη γης

Η χωροθέτηση του φωτοβολταϊκού πάρκου θα γίνει εντός γεωργικών εκτάσεων στην περιοχή Τυρνάβου, εντός της ΖΕΠ GR1420013, σε γήπεδα συνολικής έκτασης περίπου 350-400 στρεμμάτων. Η επιλογή των αγροτεμαχίων έγινε βάσει κριτηρίων τεχνικής σκοπιμότητας (προσβασιμότητα, μορφολογία, έκθεση) και περιορισμών που σχετίζονται με τη νομοθεσία για τις προστατευόμενες περιοχές. Οι εκτάσεις που θα καταληφθούν από το έργο χαρακτηρίζονται ως αρόσιμες, εντατικής καλλιέργειας, με περιορισμένη φυσική βλάστηση και χαμηλή οικολογική αξία συγκριτικά με άλλους πυρήνες της περιοχής (FSPVPV Solar, 2022). Η κάλυψη γης του έργου προβλέπει την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ που θα καλύπτουν κατά μέσο όρο το 60-70% της συνολικής επιφάνειας, αφήνοντας ελεύθερους διαδρόμους για συντήρηση, αποστράγγιση και πιθανές μελλοντικές χρήσεις (Krishna, 2016).

Οι διατάξεις των πλαισίων θα σχεδιαστούν ώστε να διατηρούν φυσικούς διαδρόμους για την κίνηση της πανίδας και να επιτρέπουν την ανάπτυξη χαμηλής βλάστησης ανάμεσα στις σειρές, στοιχείο που μπορεί να ενισχύσει τη βιοποικιλότητα εφόσον χρησιμοποιηθούν κατάλληλα είδη φυτών (Zaplata & Dullau, 2022). Η χωροθέτηση θα λάβει υπόψη τα δεδομένα της Ειδικής Οικολογικής Αξιολόγησης και τις κατευθύνσεις που απορρέουν από τη νομοθεσία Υ.Α. 170225/2014 (ΦΕΚ 135/Β'). Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην αποφυγή τοποθέτησης του έργου σε σημεία με υψηλή πυκνότητα παρατήρησης προστατευόμενων ειδών, κοντά σε θέσεις φωλεοποίησης ή διαδρόμους μετακίνησης ορνιθοπανίδας. Οι αποστάσεις από φυσικά χαρακτηριστικά όπως παρόχθιες ζώνες, λιμνάζοντα ύδατα και συστάδες φυσικής βλάστησης θα τηρηθούν ώστε να διατηρηθεί η οικολογική λειτουργικότητα της περιοχής (Diamond, 2023).

Η επιφάνεια που θα επηρεαστεί μόνιμα από τις υποδομές (π.χ. βάσεις, κτίρια ελέγχου, οδοποιία) εκτιμάται ότι θα είναι περίπου το 10-15% της συνολικής έκτασης, ενώ το υπόλοιπο θα διατηρηθεί ως ημι-φυσικός χώρος, με δυνατότητες συνδυαστικής χρήσης, όπως η βοσκή ή η επιλεκτική διαχείριση της βλάστησης. Η χρήση πρασίνου με εγχώρια φυτικά είδη ή/και η ανάπτυξη χαμηλής φύτευσης ανάμεσα στις σειρές των πάνελ μπορεί να συμβάλει στη δημιουργία μικροενδιαιτημάτων για επικονιαστές και μικρούς οργανισμούς (Golawski et al., 2025).

Η σύνδεση του πάρκου με το δίκτυο θα πραγματοποιηθεί μέσω υπογειοποίησης καλωδίων όπου είναι δυνατόν, ώστε να περιοριστεί η οπτική και φυσική όχληση, ενώ προβλέπεται η δημιουργία ζωνών προστασίας κατά μήκος των δρόμων και των ορίων του έργου. Οι ζώνες αυτές μπορούν να

λειτουργήσουν ως φίλτρα όχλησης, συμβάλλοντας στον μετριασμό των επιπτώσεων στο περιβάλλον και ενισχύοντας τη συμβατότητα του έργου με την ευρύτερη περιοχή (Lark, 2020). Η επιλογή της τοποθεσίας, σε αγροτική γη εντός περιοχής Natura 2000, εγείρει ζητήματα που αφορούν την ισορροπία μεταξύ παραγωγής ενέργειας και διατήρησης της φύσης (Walz, 2011). Η εφαρμογή περιβαλλοντικής ιεράρχησης κατά την επιλογή θέσης και σχεδιασμού, η συνεχής παρακολούθηση της βιοποικιλότητας και η υιοθέτηση πρακτικών που ενισχύουν τη συνύπαρξη φωτοβολταϊκών και οικοσυστημάτων αποτελούν θεμελιώδη στοιχεία για την αποδοχή και τη βιωσιμότητα του έργου (Van der Merwe et al., 2021).

3.3. Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων

Το φωτοβολταϊκό πάρκο που προγραμματίζεται να εγκατασταθεί στην περιοχή του Τυρνάβου, με ισχύ 35 MW, αντιπροσωπεύει ένα από τα μεγαλύτερης κλίμακας έργα στον τομέα της ηλιακής ενέργειας στην ηπειρωτική Ελλάδα. Η τεχνολογική προσέγγιση στηρίζεται στην υιοθέτηση φωτοβολταϊκών πάνελ υψηλής απόδοσης, προηγμένων συστημάτων παρακολούθησης (trackers), και διασύνδεσης με προηγμένες λύσεις ηλεκτρολογικού εξοπλισμού (Van Staden, 2021). Στην παρούσα υποθετική εγκατάσταση επιλέγονται πάνελ τεχνολογίας μονοκρυσταλλικού πυριτίου, τα οποία επιτυγχάνουν ενεργειακή απόδοση που ξεπερνά το 21%, διατηρώντας σταθερή λειτουργία ακόμα και σε υψηλές θερμοκρασίες, όπως αυτές που επικρατούν τους θερινούς μήνες στη Θεσσαλία. Κάθε φωτοβολταϊκό πλαίσιο έχει ισχύ μεταξύ 500 και 600 Wp, ενώ ο συνολικός αριθμός πλαισίων εκτιμάται σε περίπου 60.000 έως 70.000,

διαμορφώνοντας ένα μεσαίου μεγέθους δίκτυο παραγωγής ενέργειας εγκατεστημένο σε αγροτική περιοχή της ΖΕΠ Τυρνάβου (Calì et al., 2021).



Εικόνα 11. Σύγχρονα string inverters εγκατεστημένα σε φωτοβολταϊκό πάρκο μεγάλης κλίμακας. Κάθε μονάδα διαχειρίζεται μια ομάδα πάνελ (string), μετατρέποντας συνεχές ρεύμα (DC) σε εναλλασσόμενο (AC) για σύνδεση στο Δίκτυο. Αυτά τα συστήματα παρέχουν ευελιξία, βελτιωμένη απόδοση σε καταστάσεις με μερική σκίαση και ευκολία συντήρησης.

Για τη βελτιστοποίηση της παραγωγής ενέργειας κατά τη διάρκεια της ημέρας, τα πάνελ θα τοποθετηθούν σε μονοαξονικά συστήματα ιχνηλάτησης του ήλιου (single-axis trackers), τα οποία προσανατολίζουν τα πάνελ κάθετα ως προς την ηλιακή πορεία, αυξάνοντας την ενεργειακή απορρόφηση κατά περίπου 15%-20% συγκριτικά με στατικές βάσεις. Αυτή η τεχνολογία όχι μόνο προσφέρει υψηλότερες αποδόσεις αλλά μειώνει και την ένταση σκίασης ανάμεσα στις σειρές των πλαισίων, επιτρέποντας την ανάπτυξη φυτοκαλύψεων, γεγονός που ενισχύει τη μικροκλιματική σταθερότητα (Zaplata & Dullau, 2022).

Οι βάσεις στήριξης των πάνελ είναι μεταλλικές και γαλβανισμένες, σχεδιασμένες για αντοχή σε ακραία καιρικά φαινόμενα, με ελάχιστη διείσδυση στο έδαφος (Broughton, 2011). Ο σχεδιασμός των υποδομών τοποθέτησης επιδιώκει να περιορίσει τις αλλοιώσεις της φυσικής επιφάνειας του εδάφους και να διευκολύνει την πιθανή επαναφορά της περιοχής στην πρότερη κατάστασή της μετά το πέρας της λειτουργικής ζωής του έργου. Η απόσταση μεταξύ των σειρών θα επιτρέπει επαρκή κυκλοφορία αέρα και πρόσβαση για εργασίες συντήρησης, ενώ παράλληλα περιορίζει τη διάβρωση του εδάφους (FSPVPV Solar, 2022).

Η παραγωγή συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος από τα φωτοβολταϊκά πάνελ θα μετατρέπεται σε εναλλασσόμενο μέσω μετατροπών (inverters) κατανεμμένων στρατηγικά στο πεδίο. Οι inverters θα είναι εξοπλισμένοι με σύγχρονα συστήματα απομακρυσμένου ελέγχου και αυτοδιάγνωσης, για άμεση αντιμετώπιση βλαβών και παρακολούθηση της ενεργειακής απόδοσης σε πραγματικό χρόνο. Η εγκατάσταση θα διαθέτει επίσης πίνακες διανομής και συστήματα προστασίας από υπερτάσεις και κεραυνούς (Taylor et al., 2019).

Στο πεδίο θα διαμορφωθούν εσωτερικοί δρόμοι συντήρησης πλάτους 3 έως 5 μέτρων, κατασκευασμένοι από διαπερατά υλικά ώστε να ελαχιστοποιείται η απορροή και η διάβρωση του εδάφους. Επίσης, θα δημιουργηθεί περιμετρική περίφραξη για λόγους ασφαλείας, με πρόβλεψη για διαδρόμους διέλευσης της πανίδας μέσω διακριτών σημείων, ώστε να διατηρείται η οικολογική συνδεσιμότητα (Patsianidi, 2023). Για την αποφυγή υπερθέρμανσης, προβλέπεται παθητικό σύστημα αερισμού μέσω του ανοικτού σχεδιασμού των πλαισίων, ενώ η θερμοκρασία λειτουργίας των πάνελ θα παρακολουθείται

μέσω αισθητήρων θερμοκρασίας. Οι αισθητήρες αυτοί θα είναι συνδεδεμένοι με ένα κεντρικό σύστημα παρακολούθησης δεδομένων (SCADA), που θα επιτρέπει στους διαχειριστές την έγκαιρη λήψη αποφάσεων για συντήρηση ή αναπροσαρμογές (Froneman et al., 2021).

Η καθαριότητα των πάνελ θα γίνεται περιοδικά με τη χρήση ειδικών συστημάτων πλύσης χαμηλής πίεσης και νερού, χωρίς τη χρήση χημικών, ώστε να διασφαλίζεται η προστασία των οικοτόπων από πιθανή επιβάρυνση. Σε περιοχές που είναι εφικτό, θα εξεταστεί και η χρήση συστημάτων ξηρού καθαρισμού για την εξοικονόμηση υδάτινων πόρων, κάτι ιδιαίτερα σημαντικό για περιοχές που πλήττονται από θερινή λειψυδρία (Lytopoulos & Xydis, 2025).

Η τεχνική υποδομή θα συμπληρώνεται από μικρές εγκαταστάσεις υποστήριξης όπως container ελέγχου, αποθήκευσης και προσωρινής φύλαξης εξοπλισμού, που θα χωροθετηθούν σε μη ευαίσθητες περιοχές. Όλες οι κατασκευές θα προσαρμοστούν αισθητικά και λειτουργικά στο περιβάλλον με περιορισμένες επιφάνειες και υλικά χαμηλής ανακλαστικότητας (Golawski et al., 2025).

3.4. Υποδομές και δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας

Η ενέργεια που θα παράγεται από το φωτοβολταϊκό πάρκο θα πρέπει να μεταφερθεί με ασφάλεια και αξιοπιστία στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, ώστε να αξιοποιηθεί από το εθνικό σύστημα (Karamountzou & Vagiona, 2023). Για τον σκοπό αυτό, προβλέπεται η κατασκευή σύγχρονων υποδομών μεταφοράς και διασύνδεσης με το υφιστάμενο δίκτυο υψηλής τάσης, υπό την επίβλεψη

και τις τεχνικές προδιαγραφές του ΑΔΜΗΕ. Η δομή του δικτύου μεταφοράς είναι κρίσιμη για τη σταθερότητα και την απόδοση του έργου, αλλά και για την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στην περιοχή (Steyn, 2021).

Η εσωτερική διασύνδεση των επιμέρους ομάδων πάνελ με τον κεντρικό υποσταθμό του έργου θα γίνεται με υπόγεια καλώδια μέσης τάσης (20 kV), τοποθετημένα σε κανάλια ή σωλήνες προστασίας. Η επιλογή της υπογείωσης βασίζεται στην ανάγκη αποφυγής οπτικής ρύπανσης και στη μείωση της πιθανότητας σύγκρουσης πτηνών με εναέρια καλώδια, κάτι που αποκτά ιδιαίτερη σημασία εντός περιοχών Natura 2000 (Diamond, 2023).

Ο υποσταθμός ανύψωσης τάσης που θα ανεγερθεί στο κέντρο ή στην περίμετρο του πάρκου θα περιλαμβάνει μετασχηματιστές, διακοπτικό εξοπλισμό, συστήματα ψύξης και μονάδες προστασίας. Η ανύψωση της τάσης από 20 kV σε επίπεδο 150 ή 400 kV θα επιτρέψει την αποδοτική μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις, ελαχιστοποιώντας τις απώλειες. Ο σχεδιασμός του υποσταθμού θα εναρμονίζεται με τις περιβαλλοντικές απαιτήσεις, με περιμετρική δενδροφύτευση και ακουστική θωράκιση για τον περιορισμό της ηχητικής όχλησης (Van der Merwe et al., 2021).

Η σύνδεση με το δίκτυο υψηλής τάσης θα γίνει είτε μέσω νέας εναέριας γραμμής μεταφοράς είτε μέσω υπάρχουσας υποδομής, εφόσον πληρούνται οι τεχνικές προδιαγραφές και τα περιβαλλοντικά κριτήρια. Η χάραξη της διαδρομής θα ακολουθεί κατά προτεραιότητα υπάρχουσες υποδομές (δρόμους, αναχώματα), ώστε να μειωθεί ο περιβαλλοντικός κατακερματισμός.

Σε περιοχές υψηλής οικολογικής αξίας, θα εξεταστεί η δυνατότητα υπογειοποίησης των γραμμών, παρά το αυξημένο κόστος (Patsianidi, 2023).

Στα σημεία όπου η χρήση εναέριας γραμμής είναι αναπόφευκτη, θα ληφθούν ειδικά μέτρα προστασίας της ορνιθοπανίδας. Οι αγωγοί θα εξοπλιστούν με ανακλαστικά και οπτικά αποτρεπτικά (bird diverters), ενώ η κατανομή των πυλώνων θα προσαρμοστεί ώστε να αποφεύγεται η τοποθέτησή τους σε θέσεις που χρησιμοποιούνται για αναπαραγωγή ή ξεκούραση από προστατευόμενα είδη (Calì et al., 2021). Όλες οι υποδομές μεταφοράς θα ενταχθούν στο συνολικό σύστημα διαχείρισης του έργου, επιτρέποντας την παρακολούθηση της ροής ενέργειας, των τεχνικών σφαλμάτων και της απόδοσης του εξοπλισμού μέσω συστήματος SCADA. Η διασύνδεση με το δίκτυο θα επιτηρείται συνεχώς και θα υποστηρίζεται από αυτοματοποιημένα συστήματα απομόνωσης σε περίπτωση βλάβης, συμβάλλοντας στην ασφάλεια του δικτύου και στη συνέπεια της παροχής (Golawski et al., 2025).

Η ανάπτυξη των υποδομών μεταφοράς ενέργειας, εφόσον συνοδεύεται από υπεύθυνο περιβαλλοντικό σχεδιασμό, μπορεί να ενισχύσει τη βιωσιμότητα του έργου, μειώνοντας τις επιπτώσεις στην τοπική οικολογική ισορροπία. Ο χωρικός σχεδιασμός, η τεχνική αρτιότητα και η προσαρμογή στις περιβαλλοντικές ιδιαιτερότητες της περιοχής συνιστούν απαραίτητες προϋποθέσεις για την επιτυχημένη ένταξη του έργου στο φυσικό και κοινωνικό τοπίο του Τυρνάβου (Porichis, 2023).

3.5. Διαδικασία αδειοδότησης και χρονοδιάγραμμα κατασκευής

Η διαδικασία αδειοδότησης για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου ισχύος 35 MW εντός της Ζώνης Ειδικής Προστασίας GR1420013, στην περιοχή του Τυρνάβου, ακολουθεί την προβλεπόμενη θεσμική και κανονιστική πορεία όπως αυτή ορίζεται από την ελληνική και ευρωπαϊκή περιβαλλοντική νομοθεσία. Η εγκατάσταση ενός έργου τέτοιας κλίμακας εντός περιοχής Natura 2000 υπάγεται στην κατηγορία Α2, πράγμα που σημαίνει ότι απαιτείται η εκπόνηση Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ), συνοδευόμενη από Ειδική Οικολογική Αξιολόγηση (ΕΟΑ), σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 10 του Ν. 4014/2011 και της Υ.Α. 170225/2014 (ΦΕΚ 135/Β'/27.1.2014) (Lytopoulos & Xydis, 2025).

Το πρώτο στάδιο της διαδικασίας περιλαμβάνει την υποβολή αιτήματος για Βεβαίωση Παραγωγού στη ΡΑΕ, με συνοδευτικά στοιχεία που αποδεικνύουν τη δυνατότητα τεχνικής και οικονομικής υλοποίησης του έργου. Ακολουθεί η αίτηση για Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΑΕΠΟ), κατά την οποία εξετάζεται η συμβατότητα του έργου με την περιβαλλοντική ευαισθησία της περιοχής και τις προδιαγραφές του Ειδικού Χωροταξικού Πλαισίου για τις ΑΠΕ. Η ΜΠΕ συνοδεύεται από τεχνικές εκθέσεις, χαρτογραφήσεις και την ΕΟΑ, η οποία εξετάζει τις επιπτώσεις του έργου σε είδη και οικοτόπους κοινοτικής σημασίας (Patsianidi, 2023).

Η ΕΟΑ εστιάζει στην αξιολόγηση των δυνητικών άμεσων, έμμεσων και σωρευτικών επιπτώσεων του έργου στα προστατευόμενα είδη και οικοτόπους της ΖΕΠ. Για την περίπτωση μας, απαιτείται εμπεριστατωμένη καταγραφή των ειδών ορνιθοπανίδας που απαντώνται στην περιοχή, της εποχικότητάς τους, των κρίσιμων περιοχών αναπαραγωγής, τροφοληψίας και μετανάστευσης.

Επιπλέον, η αξιολόγηση περιλαμβάνει τη μελέτη της οικολογικής συνδεσιμότητας και των διαδρόμων μετακίνησης ειδών. Η έγκριση της ΕΟΑ από τις αρμόδιες περιβαλλοντικές υπηρεσίες αποτελεί προϋπόθεση για την έκδοση της ΑΕΠΟ (Souloroulou et al., 2022).

Μετά την ΑΕΠΟ ακολουθεί η έκδοση των υπολοίπων αδειών, όπως η Οικοδομική Άδεια για την κατασκευή υποσταθμών και εγκαταστάσεων ελέγχου, η άδεια σύνδεσης με το δίκτυο του ΑΔΜΗΕ, καθώς και η Ειδική Άδεια Επέμβασης σε δασικές εκτάσεις, εφόσον απαιτείται. Η εμπλοκή πολλών διοικητικών φορέων καθιστά τη διαδικασία σύνθετη, όμως η εφαρμογή του Ν. 4685/2020 στοχεύει στην απλοποίηση και επιτάχυνση της αδειοδοτικής διαδικασίας, ειδικά για έργα ΑΠΕ στρατηγικού χαρακτήρα (Porichis, 2023).

Το χρονοδιάγραμμα κατασκευής του έργου εκτιμάται σε 18 έως 24 μήνες από την ημερομηνία έκδοσης της Άδειας Εγκατάστασης. Περιλαμβάνει τέσσερις κύριες φάσεις: (α) Προκαταρκτικές εργασίες και διαμόρφωση του εδάφους, (β) Τοποθέτηση των βάσεων και εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών πλαισίων, (γ) Ηλεκτρολογική διασύνδεση και τοποθέτηση inverters και (δ) Κατασκευή υποδομών διασύνδεσης με το δίκτυο. Παράλληλα, θα υλοποιούνται περιβαλλοντικά μέτρα αποκατάστασης και προστασίας, σύμφωνα με τους όρους της ΕΟΑ και της ΑΕΠΟ (Van der Merwe et al., 2021).

Η ολοκλήρωση του έργου δεν σηματοδοτεί το τέλος της περιβαλλοντικής διαχείρισης. Προβλέπεται η μακροχρόνια παρακολούθηση ειδών και οικοτόπων (monitoring), με ετήσιες εκθέσεις προς τις αρμόδιες αρχές, προκειμένου να αξιολογείται η αποτελεσματικότητα των μέτρων μετριασμού και να αναπροσαρμόζονται εφόσον απαιτείται. Η παρακολούθηση αυτή

εντάσσεται στην ευρύτερη στρατηγική διατήρησης της βιοποικιλότητας εντός περιοχών Natura 2000 (CSPVPV Solar, 2022).

4. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

4.1. Επιπτώσεις στο τοπίο και τις χρήσεις γης

Η εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου μεγάλης κλίμακας, όπως το υπό μελέτη στην περιοχή του Τυρνάβου, επιφέρει σημαντικές αλλαγές στη φυσιογνωμία του τοπίου και στις χρήσεις γης. Το φυσικό και αγροτικό τοπίο της ΖΕΠ GR1420013 χαρακτηρίζεται από υψηλή οπτική συνοχή, ήπιες εναλλαγές μορφολογίας και τη συνύπαρξη γεωργικών, φυσικών και πολιτισμικών στοιχείων. Η εισαγωγή ενός τεχνολογικού στοιχείου όπως τα φωτοβολταϊκά πάνελ μεταβάλλει την εικαστική και λειτουργική δομή του τοπίου, δημιουργώντας ανάγκη για αξιολόγηση και διαχείριση των σχετικών επιπτώσεων (Golawski et al., 2025).

Η βασική επίπτωση στο τοπίο σχετίζεται με την οπτική αλλοίωση του φυσικού περιβάλλοντος. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ, λόγω της εκτεταμένης τους επιφάνειας και της γεωμετρικής τους διάταξης, διακόπτουν τη συνέχεια της φυσικής εικόνας του αγροτικού τοπίου. Ιδιαίτερα στις περιπτώσεις όπου το έργο βρίσκεται κοντά σε σημεία παρατήρησης ή χρήσης από τον τοπικό πληθυσμό (δρόμους, μονοπάτια, αγροτικές περιοχές), η αλλαγή στην αισθητική του χώρου γίνεται αντιληπτή και μπορεί να επηρεάσει την τοπική κοινωνική αποδοχή (Lark, 2020). Η μετατροπή καλλιεργούμενων εκτάσεων σε ενεργειακές εγκαταστάσεις επηρεάζει τις χρήσεις γης, προκαλώντας απώλεια παραγωγικής γης και ενδεχόμενες επιπτώσεις στην τοπική γεωργική οικονομία. Αν και οι εκτάσεις που επιλέγονται είναι συνήθως χαμηλής παραγωγικότητας ή υποβαθμισμένες, η αλλαγή χρήσης τους αποτελεί σημείο

προβληματισμού, ειδικά σε περιοχές με έντονη γεωργική δραστηριότητα. Η επιλογή εκτάσεων που δεν είναι σε χρήση ή η ταυτόχρονη χρήση της γης για ήπια γεωργία (π.χ. βόσκηση) μπορεί να μειώσει τις επιπτώσεις αυτές (FSPVPV Solar, 2022). Το τοπίο επηρεάζεται και από τη συνοδευτική υποδομή του έργου, όπως δρόμοι πρόσβασης, περίφραξη, μετασχηματιστές και κτίσματα ελέγχου. Τα στοιχεία αυτά προσθέτουν τεχνητά χαρακτηριστικά σε ένα κατά τα άλλα ημιφυσικό περιβάλλον, επηρεάζοντας τόσο την αισθητική όσο και τη λειτουργική του συνέχεια. Η τοποθέτησή τους με βάση κριτήρια τοπιακής ενσωμάτωσης και η χρήση φυτοτεχνικής αποκατάστασης μπορεί να συμβάλει στον περιορισμό της αρνητικής οπτικής επίπτωσης (Heinonen, 2024).

Οι σωρευτικές επιπτώσεις στο τοπίο πρέπει επίσης να εξεταστούν, ιδιαίτερα σε περιοχές όπου προγραμματίζεται η εγκατάσταση και άλλων ΑΠΕ ή υποδομών. Ο κατακερματισμός του χώρου και η σταδιακή αντικατάσταση φυσικών ή αγροτικών περιοχών με τεχνικά στοιχεία αλλοιώνουν τον χαρακτήρα του τοπίου και μπορεί να επηρεάσουν τόσο την οικολογική του λειτουργία όσο και την πολιτιστική του αξία (Sogah, 2012). Η ολοκληρωμένη χωροταξική προσέγγιση για τις ΑΠΕ είναι αναγκαία ώστε να αποτραπεί η ανεξέλεγκτη μεταμόρφωση της υπαίθρου (Souloroulou et al., 2022). Η χρήση γης για ενεργειακούς σκοπούς μεταβάλλει και την πρόσβαση του τοπικού πληθυσμού σε εκτάσεις που παλαιότερα ήταν ανοιχτές για βόσκηση, συλλογή ξύλων, αγροτική εργασία ή αναψυχή (Tampakis et al., 2013). Η αλλαγή αυτή ενδέχεται να προκαλέσει κοινωνικές εντάσεις, ιδίως αν δεν έχει προηγηθεί διαβούλευση με τους κατοίκους και τους φορείς της περιοχής. Η ενσωμάτωση

τοπικών κοινωνικών παραμέτρων στον σχεδιασμό του έργου συμβάλλει στη δημιουργία συνθηκών κοινωνικής συναίνεσης (Porichis, 2023).

Τέλος, είναι σημαντικό να αξιολογηθούν οι δυνατότητες αντιστάθμισης (offsetting) των επιπτώσεων στο τοπίο, μέσω δράσεων όπως η δημιουργία πράσινων ζωνών, η εγκατάσταση ενημερωτικών υποδομών για την ανάδειξη της βιοποικιλότητας ή η ανάπτυξη γειτονικών υποβαθμισμένων περιοχών. Η ανάδειξη των φυσικών και πολιτιστικών στοιχείων της περιοχής μπορεί να συμβάλει στην περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση και στην ενίσχυση της σχέσης ανθρώπου-τοπίου (Van Heerden, 2020).

4.2. Επιπτώσεις στο μικροκλίμα της περιοχής

Η εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου μεγάλης κλίμακας όπως το υπό μελέτη στην περιοχή του Τυρνάβου μπορεί να επιφέρει αλλαγές στο μικροκλίμα της τοπικής περιοχής. Οι τροποποιήσεις αυτές προκύπτουν κυρίως λόγω της μεγάλης επιφάνειας των φωτοβολταϊκών πάνελ, της μεταβολής στη θερμική ισορροπία του εδάφους και της αλληλεπίδρασης των νέων τεχνητών επιφανειών με την ηλιακή ακτινοβολία, την υγρασία και τη ροή του αέρα. Αν και πρόκειται για μεταβολές τοπικής κλίμακας, η σημασία τους είναι αυξημένη όταν η εγκατάσταση χωροθετείται εντός περιοχών προστατευόμενων για την οικολογική τους αξία, όπως συμβαίνει στη Ζώνη Ειδικής Προστασίας GR1420013 (Lytoroulos & Xydis, 2025).

Τα φωτοβολταϊκά πάνελ απορροφούν ένα σημαντικό ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ ανακλούν ένα μικρό ποσοστό της. Η ενέργεια που απορροφάται είτε μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό είτε αποδίδεται

στο περιβάλλον υπό μορφή θερμότητας. Αυτό δημιουργεί ένα φαινόμενο γνωστό ως “photovoltaic heat island effect”, κατά το οποίο η θερμοκρασία του αέρα στην άμεση περιοχή του φωτοβολταϊκού πάρκου αυξάνεται σε σχέση με γειτονικές μη καλυμμένες περιοχές. Το φαινόμενο αυτό ενισχύεται κατά τις θερμές περιόδους, ειδικά όταν δεν υπάρχουν επαρκή διαλείμματα πρασίνου ή σκίασης (Zaplata & Dullau, 2022).

Η αύξηση της θερμοκρασίας σε τοπικό επίπεδο μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την πανίδα, ιδιαίτερα τα είδη εκείνα που είναι ευαίσθητα σε θερμικές μεταβολές. Τα είδη ορνιθοπανίδας που φωλιάζουν στο έδαφος ενδέχεται να αντιμετωπίσουν αυξημένο θερμικό στρες, ενώ τα έντομα επικοινωνιστές ενδέχεται να περιορίσουν την δραστηριότητά τους σε ώρες αιχμής της θερμότητας (Jung et al., 2018). Αυτή η τροποποίηση του μικροκλίματος ενδέχεται να προκαλέσει αλυσιδωτές επιπτώσεις στη λειτουργία του οικοσυστήματος και στην αλληλεπίδραση μεταξύ ειδών (Golawski et al., 2025). Η σκίαση που δημιουργούν τα πάνελ επηρεάζει τη θερμοκρασία του εδάφους, την εξάτμιση και την ανάπτυξη της φυτοκάλυψης μεταξύ των σειρών. Αν και η μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας στο έδαφος μπορεί να περιορίσει την ανάπτυξη ορισμένων φυτικών ειδών, ταυτόχρονα μειώνει την εξάτμιση, αυξάνοντας τη διατήρηση της εδαφικής υγρασίας σε ξηρές περιόδους. Αυτό ενδέχεται να ευνοήσει την ανάπτυξη συγκεκριμένων ειδών χλωρίδας με αντοχή στη σκιά, αλλά να περιορίσει τα είδη που εξαρτώνται από άμεση ηλιακή ακτινοβολία (Taylor et al., 2019).

Ένα σημαντικό μικροκλιματικό φαινόμενο που σχετίζεται με φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις είναι η μεταβολή της ροής του ανέμου. Η τοποθέτηση μεγάλων επιφανειών, ακόμα και σε μικρό ύψος από το έδαφος, μπορεί να επηρεάσει τη

φυσική κυκλοφορία του αέρα, δημιουργώντας τοπικές αναστροφές, αυξημένο στροβιλισμό ή ακόμα και στασιμότητα. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένες συγκεντρώσεις σωματιδίων ή διοξειδίου του άνθρακα κοντά στο έδαφος, ειδικά τις νυχτερινές ώρες και κατά τη διάρκεια περιόδων άπνοιας (Van Heerden, 2020).

Η μεταβολή του μικροκλίματος έχει επίσης έμμεσες συνέπειες στη λειτουργία των γύρω γεωργικών εκτάσεων. Οι αγροκαλλιέργειες που γειτνιάζουν με το πάρκο ενδέχεται να παρουσιάσουν διακυμάνσεις στην απόδοση τους, ανάλογα με την έκθεση στον ήλιο, τη διατήρηση υγρασίας ή τη ροή του αέρα. Σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να υπάρξουν ευνοϊκές συνθήκες για την καλλιέργεια ειδών που απαιτούν μερική σκίαση, αλλά σε άλλες περιπτώσεις οι αλλαγές αυτές να επιφέρουν δυσμενείς επιδράσεις στην παραγωγικότητα (FSPVPV Solar, 2022). Η θερμοκρασιακή άνοδος κοντά στην επιφάνεια των πάνελ ενδέχεται να δημιουργήσει νέους μικροενδιαιτηματικούς θύλακες για ερπετά ή έντομα που αναζητούν θερμό περιβάλλον. Αν και αυτό δεν αποτελεί απαραίτητα αρνητική εξέλιξη, μπορεί να μεταβάλει τη σύνθεση των πληθυσμών τοπικά, αυξάνοντας για παράδειγμα τα είδη που είναι θερμόφιλα εις βάρος άλλων. Η αλλαγή αυτή στη βιοκοινότητα μπορεί να επηρεάσει έμμεσα τις διατροφικές σχέσεις και τη σταθερότητα του οικοσυστήματος (Lark, 2020).

Η σωστή διαχείριση του εδάφους και της βλάστησης εντός του πάρκου μπορεί να συμβάλει στον μετριασμό των επιπτώσεων στο μικροκλίμα. Η φύτευση φυτών χαμηλής ανάπτυξης ανάμεσα στις σειρές των πάνελ, με χρήση γηγενών ειδών, προσφέρει σκίαση στο έδαφος, περιορίζει την εξάτμιση και ενισχύει την εδαφική μικροπανίδα. Παράλληλα, λειτουργεί ως φίλτρο της

θερμότητας και μειώνει τις μεταβολές της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της ημέρας (Calì et al., 2021).

Η ενσωμάτωση συστημάτων πράσινων υποδομών, όπως φυτοφράκτες και ζώνες βλάστησης στα όρια του πάρκου, μπορεί να ενισχύσει την τοπική δροσιά μέσω της εξατμισοδιαπνοής, ενώ λειτουργεί και ως ανεμοφράκτης, περιορίζοντας τις επιπτώσεις της τροποποιημένης κυκλοφορίας του αέρα. Επιπλέον, οι ζώνες αυτές συμβάλλουν στην απορρόφηση διοξειδίου του άνθρακα και την ενίσχυση της οικολογικής συνδεσιμότητας της περιοχής (Gazos & Vagiona, 2024). Ο χρονικός παράγοντας είναι επίσης σημαντικός. Οι επιπτώσεις στο μικροκλίμα ενδέχεται να είναι πιο έντονες κατά τα πρώτα έτη λειτουργίας του έργου, πριν δημιουργηθεί σταθερή βλάστηση ή εδραιωθούν νέες οικολογικές ισορροπίες. Η μακροχρόνια παρακολούθηση των μικροκλιματικών παραμέτρων (θερμοκρασία εδάφους, υγρασία, ταχύτητα ανέμου, ηλιακή ακτινοβολία) είναι αναγκαία για την κατανόηση και αξιολόγηση της εξέλιξης αυτών των φαινομένων (Van Staden, 2021).

Συμπερασματικά, οι επιπτώσεις ενός φωτοβολταϊκού πάρκου στο μικροκλίμα της περιοχής είναι πολυπαραγοντικές και εξαρτώνται από τη χωροθέτηση, τη μορφολογία του εδάφους, τη βλάστηση, την έκταση της εγκατάστασης και τη διαχείριση των ενδιάμεσων χώρων. Οι αρνητικές επιδράσεις, αν και περιορισμένης γεωγραφικής εμβέλειας, μπορεί να είναι σημαντικές για τα οικοσυστήματα και τις ανθρώπινες δραστηριότητες εάν δεν αντιμετωπιστούν με κατάλληλο σχεδιασμό (Patsianidi, 2023).

Η μείωση των επιπτώσεων στο μικροκλίμα απαιτεί την εφαρμογή μέτρων όπως η επιλογή κατάλληλων υλικών με υψηλή ανακλαστικότητα, η χρήση

ημιδιαφανών πάνελ σε ευαίσθητες περιοχές, η δημιουργία διαλειμμάτων φυσικού τοπίου και η εφαρμογή έξυπνων τεχνολογιών παρακολούθησης του περιβάλλοντος. Οι τεχνικές αυτές, σε συνδυασμό με την προσαρμοστική διαχείριση, μπορούν να ενισχύσουν την αρμονική συνύπαρξη του έργου με το φυσικό περιβάλλον (Porichis, 2023).

4.3. Αλλαγές στους οικοτόπους και τη χλωρίδα της περιοχής

Η εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου ισχύος 35 MW στην περιοχή του Τυρνάβου, εντός της Ζώνης Ειδικής Προστασίας GR1420013, συνδέεται αναπόφευκτα με άμεσες και έμμεσες μεταβολές στους φυσικούς οικοτόπους και τη χλωρίδα της περιοχής (Borges et al., 2016). Οι αλλαγές αυτές σχετίζονται τόσο με τη φάση της κατασκευής, όσο και με τη μακροχρόνια παρουσία των εγκαταστάσεων στον χώρο. Ειδικότερα, επηρεάζονται η δομή, η λειτουργία και η σύνθεση των οικοτόπων, καθώς και οι φυτικές κοινότητες που τους συγκροτούν (Almeida et al., 2025). Οι επιπτώσεις αυτές αποκτούν ιδιαίτερη βαρύτητα, δεδομένου ότι η περιοχή περιλαμβάνει τύπους οικοτόπων και φυτικά είδη που προστατεύονται από την ευρωπαϊκή και εθνική νομοθεσία για τη βιοποικιλότητα (Van Staden, 2021). Κατά τη φάση της κατασκευής, η απομάκρυνση της φυσικής ή ημιφυσικής βλάστησης αποτελεί αναγκαία ενέργεια για την τοποθέτηση των βάσεων στήριξης των πάνελ, τη δημιουργία οδών πρόσβασης, την κατασκευή του υποσταθμού και των συνοδευτικών τεχνικών έργων. Οι εργασίες αυτές επιφέρουν την άμεση απώλεια φυτοκάλυψης, γεγονός που οδηγεί σε μείωση της ποικιλότητας των ειδών, καταστροφή μικροενδιαιτημάτων και αποσύνδεση των οικολογικών διαδρόμων

που επιτρέπουν την κίνηση φυτικών και ζωικών οργανισμών στον χώρο (FSPVPV Solar, 2022).

Η έντονη επιφανειακή διατάραξη του εδάφους επηρεάζει τη σύνθεση των φυτικών κοινοτήτων, καθώς οι ευαίσθητοι τύποι βλάστησης αντικαθίστανται από πρωτογενή ή δευτερογενή είδη που έχουν μεγαλύτερη ανοχή στην ενόχληση. Αυτό οδηγεί στην εξάπλωση ανταγωνιστικών, συχνά ξενικών, ειδών που επιβαρύνουν τη φυσική ισορροπία και μειώνουν τη συνεισφορά της χλωρίδας στην οικολογική λειτουργία του οικοτόπου. Ειδικότερα σε περιοχές με χορτολιβαδική βλάστηση, η αλλοίωση της φυτοκάλυψης ενδέχεται να είναι μη αναστρέψιμη (Zaplata & Dullau, 2022). Η αλλαγή της κάλυψης του εδάφους με τεχνητά υλικά (μεταλλικές βάσεις, αντιδιαβρωτικά στρώματα, δρόμοι) μεταβάλλει τις συνθήκες φωτισμού, υγρασίας και θερμοκρασίας στο μικροπεριβάλλον της περιοχής. Αυτές οι μεταβολές επηρεάζουν την ανάπτυξη φυτικών ειδών που εξαρτώνται από συγκεκριμένες μικροκλιματικές παραμέτρους, με αποτέλεσμα την εξάλειψη ή τη μείωση πληθυσμών φυτών που είναι προσαρμοσμένα σε ειδικές συνθήκες, όπως έντονη ηλιοφάνεια ή υψηλή υγρασία εδάφους (Calì et al., 2021).

Η μόνιμη σκίαση που προκαλείται από τα φωτοβολταϊκά πάνελ οδηγεί σε αλλαγές στη σύνθεση της χαμηλής βλάστησης. Η μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας εμποδίζει την ανάπτυξη φωτοφιλικών ειδών και ευνοεί εκείνα που μπορούν να επιβιώσουν υπό συνθήκες μειωμένου φωτός. Αυτή η φυτοκοινωνική μετάβαση μπορεί να οδηγήσει σε μονοτυπικές φυτοκοινωνίες, φτωχές σε είδη, οι οποίες δεν μπορούν να υποστηρίξουν την προηγούμενη βιοποικιλότητα των ενδιαιτημάτων (Taylor et al., 2019).

Η συμπίεση του εδάφους από βαρέα μηχανήματα κατά την κατασκευή προκαλεί μειωμένη διείσδυση του νερού και περιορισμό του αερισμού, γεγονός που οδηγεί σε υποβάθμιση των οικολογικών χαρακτηριστικών του εδάφους και επηρεάζει αρνητικά τη βλάστηση. Επιπλέον, η μηχανική διατάραξη της επιφάνειας του εδάφους μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένο ρυθμό διάβρωσης, ιδιαίτερα σε επικλινή εδάφη, με αποτέλεσμα την απώλεια της γονιμότητας και τη μεταφορά ιζημάτων σε γειτονικά ευαίσθητα οικοσυστήματα (Lytopoulos & Xydis, 2025). Με την πάροδο του χρόνου, και κατά τη φάση λειτουργίας του φωτοβολταϊκού πάρκου, παρατηρείται μια νέα οικολογική ισορροπία στους τροποποιημένους οικοτόπους. Οι εγκαταστάσεις αποκτούν χαρακτηριστικά ημιφυσικού ενδιαιτήματος, ανάλογα με τον τρόπο διαχείρισης της βλάστησης. Εάν εφαρμοστούν καλές πρακτικές όπως η φύτευση γηγενών ειδών μεταξύ των σειρών των πάνελ και η αποφυγή εκτεταμένης αποψίλωσης, μπορεί να διατηρηθεί ή ακόμα και να ενισχυθεί η παρουσία ορισμένων φυτικών ειδών, ιδιαίτερα εκείνων που ευνοούνται από σκίαση ή μειωμένη ανθρώπινη όχληση (Gazos & Vagiona, 2024). Η μετατροπή των χρήσεων γης από γεωργικές ή ημιφυσικές σε ενεργειακές επιφάνειες αλλάζει και τη δομή των οικοτόπων. Πολλοί από τους τύπους οικοτόπων της περιοχής του Τυρνάβου, όπως τα ανοιχτά λιβάδια, τα φρύγανα και οι λειμώνες, έχουν δημιουργηθεί ή συντηρηθεί από την παραδοσιακή χρήση της γης. Η παύση της βόσκησης ή της καλλιέργειας και η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών οδηγεί σε αποδιάρθρωση αυτών των συστημάτων, με αποτέλεσμα την αλλαγή της σύνθεσης της χλωρίδας και τη μετατόπιση της δυναμικής διαδοχής της βλάστησης (Souloroulou et al., 2022).

Η εδραίωση νέων φυτικών ειδών που προσαρμόζονται στις συνθήκες του φωτοβολταϊκού περιβάλλοντος μπορεί να οδηγήσει σε τοπική ομοιομορφία και να μειώσει την ετερογένεια του τοπίου. Αυτή η μείωση της ετερογένειας περιορίζει την ποικιλία των μικροενδιαιτημάτων και των διαθέσιμων πόρων για άλλα είδη, ιδίως ζωικά, που εξαρτώνται από συγκεκριμένους τύπους βλάστησης. Η διατήρηση της ετερογένειας απαιτεί ενεργή διαχείριση και σχεδιασμό με γνώμονα τη διατήρηση της ποικιλίας στη φυτοκάλυψη (Roller, 2019). Αξιοσημείωτη είναι και η έμμεση επίδραση των εγκαταστάσεων στους πληθυσμούς επικονιαστών, οι οποίοι εξαρτώνται από την ύπαρξη φυτών με άνθη (Rudman, 2017). Αν η νέα βλάστηση εντός του πάρκου αποτελείται από λίγα ανθοφόρα είδη ή γίνεται υπερβολική αποψίλωση για λόγους πρόληψης πυρκαγιών, τότε περιορίζεται η δυνατότητα διατροφής των εντόμων. Αυτό έχει αλυσιδωτές επιπτώσεις τόσο στη χλωρίδα (μέσω μειωμένης επικονίασης) όσο και σε άλλα τροφικά επίπεδα (Van Heerden, 2020).

Σε ευαίσθητες περιοχές όπως οι Ζώνες Ειδικής Προστασίας, οι αλλαγές στους οικοτόπους μπορεί να διαταράξουν κρίσιμες λειτουργίες του οικοσυστήματος, όπως η αναπαραγωγή των ειδών, η ρύθμιση της υγρασίας, η συγκράτηση του εδάφους και η κυκλοφορία των θρεπτικών στοιχείων. Ακόμη και η μερική τροποποίηση των οικοτόπων μπορεί να έχει σημαντικές συνέπειες, εάν αυτοί λειτουργούν ως ενδιάμεσοι σταθμοί μεταναστευτικών ειδών ή ως σύνδεσμοι σε δίκτυα οικολογικής συνέχειας (Patsianidi, 2023).

Η εφαρμογή ενός σχεδίου αποκατάστασης και διαχείρισης της βλάστησης είναι κρίσιμη για τη μείωση των αρνητικών συνεπειών. Το σχέδιο αυτό πρέπει να βασίζεται στη χαρτογράφηση των υφιστάμενων τύπων οικοτόπων, την καταγραφή των χαρακτηριστικών φυτικών ειδών και την πρόβλεψη για

περιοδική παρακολούθηση της χλωρίδας κατά τη διάρκεια λειτουργίας του έργου. Ειδική μέριμνα απαιτείται για την αποφυγή εγκατάστασης του έργου σε περιοχές με παρουσία ενδημικών ή απειλούμενων φυτικών ειδών (CSPVPV Solar, 2022). Τέλος, η ευκαιρία για βελτίωση των οικολογικών χαρακτηριστικών της περιοχής δεν θα πρέπει να αγνοείται. Εφόσον σχεδιαστεί κατάλληλα, ένα φωτοβολταϊκό πάρκο μπορεί να λειτουργήσει και ως εφαλτήριο για την ενίσχυση της φυσικότητας του χώρου. Η εισαγωγή στοιχείων όπως μικρά λιβάδια άγριας βλάστησης, περιμετρικοί φυτοφράκτες ή αναβαθμισμένες περιοχές ενδιαίτησης μπορεί να αντισταθμίσουν τις απώλειες από την εγκατάσταση των πάνελ. Αυτές οι παρεμβάσεις, όταν βασίζονται σε επιστημονική τεκμηρίωση και διαχειριστική παρακολούθηση, μπορούν να μετατρέψουν το έργο από περιβαλλοντική απειλή σε ευκαιρία για αναβάθμιση της βιοποικιλότητας (Steyn, 2021).

4.4. Πιθανές επιπτώσεις στη χερσαία και υδάτινη πανίδα

Η εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου ισχύος 35 MW στην περιοχή του Τυρνάβου, εντός της Ζώνης Ειδικής Προστασίας GR1420013, ενδέχεται να επιφέρει σημαντικές επιπτώσεις στη χερσαία και υδάτινη πανίδα της περιοχής. Οι επιπτώσεις αυτές μπορούν να διακριθούν σε άμεσες και έμμεσες, καθώς και σε επιπτώσεις που λαμβάνουν χώρα κατά τη φάση της κατασκευής και κατά τη λειτουργία του έργου. Κατά τη φάση της κατασκευής, η αποψίλωση της βλάστησης και η διατάραξη του εδάφους μπορεί να οδηγήσουν σε απώλεια ενδιαιτημάτων για πολλά είδη χερσαίας πανίδας. Είδη

όπως ερπετά, μικρά θηλαστικά και έντομα που εξαρτώνται από τη φυσική βλάστηση για καταφύγιο και τροφή ενδέχεται να εκτοπιστούν ή να μειωθούν οι πληθυσμοί τους λόγω της καταστροφής των οικοτόπων τους. Επιπλέον, η χρήση βαρέων μηχανημάτων και η αυξημένη ανθρώπινη δραστηριότητα κατά την κατασκευή μπορεί να προκαλέσουν θόρυβο και δονήσεις, επηρεάζοντας αρνητικά την πανίδα της περιοχής.

Η αποψίλωση της βλάστησης μπορεί επίσης να οδηγήσει σε αυξημένη διάβρωση του εδάφους και απορροή, επηρεάζοντας τα υδάτινα οικοσυστήματα της περιοχής. Η αυξημένη απορροή μπορεί να μεταφέρει ιζήματα και ρύπους σε κοντινά υδάτινα σώματα, επηρεάζοντας την ποιότητα του νερού και τους υδρόβιους οργανισμούς. Ειδικά σε περιοχές με ευαίσθητα υδάτινα οικοσυστήματα, τέτοιες αλλαγές μπορεί να έχουν σοβαρές επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα. Κατά τη φάση λειτουργίας του φωτοβολταϊκού πάρκου, η παρουσία των πάνελ και των συνοδευτικών υποδομών μπορεί να επηρεάσει τη χερσαία πανίδα μέσω της αλλαγής της χρήσης γης και της δημιουργίας φραγμών στην κίνηση των ζώων. Μεγαλύτερα θηλαστικά που κινούνται σε μεγάλες αποστάσεις μπορεί να βρουν δυσκολία στη διέλευση μέσα από την περιοχή του πάρκου, οδηγώντας σε κατακερματισμό των ενδιαιτημάτων τους και πιθανή μείωση των πληθυσμών τους.

Η σκίαση που προκαλείται από τα φωτοβολταϊκά πάνελ μπορεί να αλλάξει τη σύνθεση της βλάστησης κάτω από αυτά, επηρεάζοντας τα είδη φυτών που αναπτύσσονται και, κατ' επέκταση, τα είδη ζώων που εξαρτώνται από αυτά για τροφή και καταφύγιο. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγές στις τροφικές αλυσίδες και στη δυναμική των πληθυσμών της πανίδας.

Επιπλέον, η αντανάκλαση του φωτός από τα πάνελ μπορεί να επηρεάσει τα πουλιά, προκαλώντας σύγχυση και πιθανές συγκρούσεις με τις εγκαταστάσεις. Ορισμένα είδη πουλιών μπορεί να αντιληφθούν τις ανακλάσεις ως υδάτινες επιφάνειες, οδηγώντας τα να προσγειωθούν ή να συγκρουστούν με τα πάνελ, προκαλώντας τραυματισμούς ή θανάτους.

Για την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων στη χερσαία και υδάτινη πανίδα, είναι σημαντικό να εφαρμοστούν κατάλληλα μέτρα μετριασμού. Αυτά περιλαμβάνουν τη διατήρηση διαδρόμων φυσικής βλάστησης για τη διέλευση της πανίδας, την αποφυγή κατασκευής σε ευαίσθητα οικοσυστήματα, τη χρήση φιλικών προς το περιβάλλον πρακτικών κατά την κατασκευή και τη λειτουργία, καθώς και την παρακολούθηση των πληθυσμών της πανίδας πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την εγκατάσταση του πάρκου.

Συνολικά, ενώ τα φωτοβολταϊκά πάρκα συμβάλλουν στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και στην προώθηση της ανανεώσιμης ενέργειας, είναι κρίσιμο να αξιολογούνται και να διαχειρίζονται προσεκτικά οι επιπτώσεις τους στη βιοποικιλότητα, ιδιαίτερα όταν εγκαθίστανται σε περιοχές υψηλής οικολογικής αξίας.

4.5. Επιπτώσεις στη συνολική οικολογική ισορροπία

Η εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου ισχύος 35 MW στην περιοχή του Τυρνάβου, εντός της Ζώνης Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ) GR1420013, ενδέχεται να επιφέρει σημαντικές επιπτώσεις στη συνολική οικολογική ισορροπία της περιοχής. Οι επιπτώσεις αυτές αφορούν τόσο τη χλωρίδα και την πανίδα όσο

και τις λειτουργίες των οικοσυστημάτων, με πιθανές συνέπειες στη βιοποικιλότητα και τις οικολογικές διεργασίες.

Κατά τη φάση της κατασκευής, η αποψίλωση της βλάστησης και η διατάραξη του εδάφους μπορεί να οδηγήσουν σε απώλεια ενδιαιτημάτων για πολλά είδη, επηρεάζοντας την τοπική βιοποικιλότητα. Η χρήση βαρέων μηχανημάτων και η αυξημένη ανθρώπινη δραστηριότητα ενδέχεται να προκαλέσουν θόρυβο και δονήσεις, επηρεάζοντας αρνητικά την πανίδα της περιοχής. Επιπλέον, η αποψίλωση μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη διάβρωση του εδάφους και απορροή, επηρεάζοντας τα υδάτινα οικοσυστήματα και την ποιότητα του νερού.

Κατά τη φάση λειτουργίας του φωτοβολταϊκού πάρκου, η παρουσία των πάνελ και των συνοδευτικών υποδομών μπορεί να αλλάξει τη χρήση γης και να δημιουργήσει φραγμούς στην κίνηση των ζώων, οδηγώντας σε κατακερματισμό των ενδιαιτημάτων. Η σκίαση που προκαλείται από τα πάνελ μπορεί να αλλάξει τη σύνθεση της βλάστησης, επηρεάζοντας τα είδη φυτών και, κατ' επέκταση, τα είδη ζώων που εξαρτώνται από αυτά για τροφή και καταφύγιο. Επιπλέον, η αντανάκλαση του φωτός από τα πάνελ μπορεί να επηρεάσει τα πουλιά, προκαλώντας σύγχυση και πιθανές συγκρούσεις με τις εγκαταστάσεις. Για την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων στη συνολική οικολογική ισορροπία, είναι σημαντικό να εφαρμοστούν κατάλληλα μέτρα μετριασμού. Αυτά περιλαμβάνουν τη διατήρηση διαδρόμων φυσικής βλάστησης για τη διέλευση της πανίδας, την αποφυγή κατασκευής σε ευαίσθητα οικοσυστήματα, τη χρήση φιλικών προς το περιβάλλον πρακτικών κατά την κατασκευή και τη λειτουργία, καθώς και την παρακολούθηση των

πληθυσμών της πανίδας πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την εγκατάσταση του πάρκου.

5. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ΣΤΗΝ ΟΡΝΙΘΟΠΑΝΙΔΑ

5.1. Σύνθεση και σημασία της ορνιθοπανίδας στη ΖΕΠ GR1420013

Η Ζώνη Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ) GR1420013, "Περιοχή Τυρνάβου", αποτελεί περιοχή ιδιαίτερης σημασίας για την ορνιθοπανίδα. Σύμφωνα με το Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας, η περιοχή είναι σημαντική για την αναπαραγωγή του παγκοσμίως απειλούμενου *Falco naumanni* (Κιρκινέζι). Άλλα είδη ενδιαφέροντος που αναπαράγονται στην περιοχή περιλαμβάνουν το *Buteo rufinus* (Αετογερακίνα) (Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, 2017).

Η παρουσία αυτών των ειδών καθιστά την περιοχή κρίσιμη για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας και των οικολογικών ισορροπιών (Karner et al., 2024). Η εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου ενδέχεται να επηρεάσει αρνητικά την ορνιθοπανίδα μέσω της απώλειας ενδιαιτημάτων, της διατάραξης κατά την κατασκευή και της πιθανής θνησιμότητας λόγω συγκρούσεων με τις εγκαταστάσεις. Επομένως, απαιτείται λεπτομερής αξιολόγηση και εφαρμογή μέτρων μετριασμού για την προστασία των σημαντικών αυτών ειδών και των οικοτόπων τους.

5.2. Άμεσα και έμμεσα αποτελέσματα της κατασκευής του έργου στα πτηνά

Κατά την κατασκευαστική φάση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου, ειδικά όταν αυτό χωροθετείται εντός Ζώνης Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ) όπως η GR1420013 («Περιοχή Τυρνάβου»), προκαλούνται σημαντικές άμεσες επιπτώσεις στην

ορνιθοπανίδα. Οι εργασίες εκχέρσωσης, οι εκσκαφές, η διάνοιξη δρόμων και η εγκατάσταση του εξοπλισμού συνοδεύονται από εντονότατη ανθρώπινη παρουσία, χρήση μηχανημάτων, θόρυβο και δονήσεις, οι οποίες συνιστούν σοβαρότατη όχληση για τα πτηνά της περιοχής. Αυτή η όχληση διαταράσσει τις περιοχές φωλεοποίησης, την ηρεμία που απαιτείται για την εκκόλαψη και την ανατροφή των νεοσσών και συχνά προκαλεί την εγκατάλειψη φωλιών, ιδίως για εδαφόβια ή εδαφόβια-φωλεάζοντα είδη όπως το *Hirundo rustica* (Χελιδόνα) ή το *Dendrocopos* spp. (Τρυποκάρυδος). Σε αρκετές περιπτώσεις, η ενόχληση αυτή μπορεί να έχει και σωρευτικό χαρακτήρα, καθώς συνδέεται και με άλλες δραστηριότητες εντός της περιοχής, όπως γεωργία ή έργα υποδομής (Golawski et al., 2025). Πέρα από τις άμεσες, οι έμμεσες επιπτώσεις της κατασκευής είναι εξίσου σημαντικές. Με την αποψίλωση της φυσικής βλάστησης και την αλλοίωση του μικροτοπίου, μεταβάλλεται η διαθεσιμότητα και ποιότητα των ενδαιτημάτων. Ορισμένα είδη πτηνών βασίζονται σε συγκεκριμένα φυτικά είδη ή τύπους κάλυψης για προστασία ή τροφή, και η απώλειά τους οδηγεί σε μείωση των πληθυσμών (Badelt et al., 2023). Επιπλέον, η χρήση προσωρινών υποδομών, όπως αποθηκευτικοί χώροι, χώροι στάθμευσης και καταλύματα εργοταξίου, μπορεί να επεκτείνει τον χωρικό αντίκτυπο της κατασκευής πέρα από τα αυστηρά όρια του έργου. Οι συνέπειες γίνονται πιο έντονες εφόσον το έργο κατασκευάζεται την περίοδο άνοιξης-καλοκαιριού, που συμπίπτει με την αναπαραγωγική περίοδο για τα περισσότερα είδη ορνιθοπανίδας (Froneman et al., 2021).

Ακόμη, κατά την εκτέλεση του έργου παρατηρείται αυξημένος κίνδυνος σύγκρουσης πτηνών με οχήματα ή προσωρινές δομές, ιδίως κατά τις ώρες

χαμηλής ορατότητας. Είδη με έντονη κινητικότητα ή νυκτερινή δραστηριότητα, όπως οι νυκτόβιοι θηρευτές, είναι ιδιαιτέρως ευάλωτα. Σε περιοχές όπου υφίστανται υδροτοπικά χαρακτηριστικά ή παρυδάτια ενδιαιτήματα, οι παρεμβάσεις στο υδρολογικό καθεστώς —λόγω εκσκαφών ή αποστραγγιστικών εργασιών— μπορεί να μειώσουν τη διαθεσιμότητα τροφής για τα υδρόβια είδη. Έτσι, διαμορφώνεται ένα σύνολο αλλαγών που επηρεάζει άμεσα τις χωρικές και οικολογικές συνήθειες των πτηνών, με επακόλουθα την εκτόπισή τους, τη μείωση της αναπαραγωγικής επιτυχίας και την υποβάθμιση κρίσιμων ενδιαιτημάτων (Maroga, 2021). Επιπλέον, δεν θα πρέπει να παραγνωρίζεται η σωρευτική διάσταση των επιπτώσεων. Σε περιοχές όπως η ΖΕΠ GR1420013, όπου η ανθρώπινη δραστηριότητα είναι ήδη αυξημένη λόγω αγροτικής εκμετάλλευσης, η προσθήκη ενός ακόμα παράγοντα πίεσης μέσω της κατασκευής του φωτοβολταϊκού πάρκου ενδέχεται να επιφέρει κατώφλια αλλαγής στην οικολογική ισορροπία. Οι συχνές διαταραχές στο ίδιο γεωγραφικό εύρος ενδέχεται να μειώσουν τη χωρητικότητα του τοπίου για φιλοξενία σημαντικών ειδών, ακόμα και αν οι επιμέρους παρεμβάσεις φαίνονται περιορισμένες σε κλίμακα (Calì et al., 2021).

Η αποφυγή τέτοιων επιπτώσεων απαιτεί στρατηγικό σχεδιασμό της φάσης κατασκευής, με χρονοκατανομές που αποφεύγουν την περίοδο αναπαραγωγής, περιορισμό των μηχανικών δραστηριοτήτων στις απολύτως αναγκαίες και διατήρηση φυσικών στοιχείων, όπως δενδρώδεις συστάδες ή ρεματιές.

Τέτοιες προσεγγίσεις εντάσσονται σε ένα ευρύτερο πλαίσιο προληπτικής διαχείρισης, το οποίο πρέπει να εφαρμόζεται υποχρεωτικά σε έργα που υλοποιούνται εντός προστατευόμενων περιοχών (Gazos & Vagiona, 2024).

5.3. Επιπτώσεις από τη λειτουργία του φωτοβολταϊκού πάρκου στην ορνιθοπανίδα

Η λειτουργία του φωτοβολταϊκού πάρκου, ακόμη και μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής, διατηρεί μια σειρά από πιεστικές επιπτώσεις για την ορνιθοπανίδα. Μία από τις πιο σημαντικές είναι η μονιμοποίηση της απώλειας ενδιαιτήματος. Οι εκτάσεις που καλύπτονται από φωτοβολταϊκές μονάδες δεν είναι πλέον διαθέσιμες για χρήση από τα πτηνά είτε για αναπαραγωγή είτε για αναζήτηση τροφής. Ειδικά σε είδη που βασίζονται σε ανοιχτά, ημιφυσικά ή χαμηλής βλάστησης τοπία —όπως οι *Streptopelia turtur*, *Pica pica*, *Galerida cristata* (τρυγόνες, τα κορίκια και οι κορυδαλλοί, αντίστοιχα)— η μετατροπή της γης σε τεχνητά καλυμμένη επιφάνεια μειώνει δραστικά τη βιωσιμότητα του οικοτόπου (Lytopoulos & Xydis, 2025).

Μια άλλη κρίσιμη επίπτωση σχετίζεται με το φαινόμενο της φωτοταξίας και της αντανάκλασης. Πολλά πτηνά προσελκύονται ή αποπροσανατολίζονται από τις αντανάκλασεις των φωτοβολταϊκών πάνελ, τα οποία μιμούνται την αντανάκλαση του νερού. Το φαινόμενο αυτό έχει παρατηρηθεί σε πολλά είδη, ιδίως σε υδρόβια και παρυδάτια που επιχειρούν να προσγειωθούν σε επιφάνειες που φαίνονται σαν λίμνες, με αποτέλεσμα να υφίστανται τραυματισμούς ή ακόμη και θανάτους από σύγκρουση (Golawski et al., 2025).

Επιπλέον, η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών πάνελ και των συνοδευτικών υποδομών, όπως οι περιφράξεις και οι πυλώνες, διαμορφώνει νέες συνθήκες σκίασης, κατανομής της θερμοκρασίας και αλλαγής της ροής του ανέμου. Αυτές οι μικροκλιματικές μεταβολές επηρεάζουν τη διαθεσιμότητα εντόμων και άλλων τροφικών πόρων, άμεσα συνδεδεμένων με την επιβίωση ορισμένων

εντομοφάγων ή αρπακτικών ειδών. Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα ίδια τα πάνελ ή οι υποδομές προσφέρουν καταφύγια για είδη θηρευτών, όπως αρπακτικά πτηνά, οδηγώντας σε ενίσχυση του πληθυσμού τους και συνακόλουθα αυξημένη πίεση στα μικρότερα είδη (Zaplata & Dullau, 2022).

Η χρήση συστημάτων φωτισμού ασφαλείας κατά τη διάρκεια της νύχτας, εφόσον υπάρχει, μπορεί επίσης να επηρεάσει σημαντικά την ορνιθοπανίδα, ιδιαίτερα τα νυκτόβια είδη ή τα μεταναστευτικά πτηνά που προσανατολίζονται με βάση φυσικά φωτεινά σημεία. Το τεχνητό φως μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγή μεταναστευτικών διαδρομών ή σε παρατεταμένη παραμονή σε ακατάλληλες περιοχές, διαταράσσοντας το φυσικό τους κύκλο (Van Staden, 2021). Τέλος, δεν πρέπει να παραβλέπεται η σωρευτική επίδραση της μακροχρόνιας λειτουργίας του πάρκου. Η συνεχής μη πρόσβαση στις καλυμμένες εκτάσεις, η ενίσχυση του κατακερματισμού των ενδιαιτημάτων και οι μακροπρόθεσμες μικροκλιματικές μεταβολές συμβάλλουν στη σταδιακή αποδυνάμωση του οικολογικού πλέγματος της περιοχής. Η απώλεια οικολογικής συνδεσιμότητας μεταξύ διαφορετικών τύπων οικοτόπων μπορεί να μειώσει τη γενετική ποικιλότητα και να καταστήσει τους πληθυσμούς πιο ευάλωτους σε εξωτερικές πιέσεις, όπως η κλιματική αλλαγή ή οι επιδημίες (Porichis, 2023).

Η προστασία της ορνιθοπανίδας σε συνθήκες λειτουργίας απαιτεί διαρκή παρακολούθηση, εφαρμογή τεχνικών μετριασμού (π.χ. μείωση αντανakλαστικών επιφανειών, δημιουργία ασφαλών διαδρόμων μετακίνησης, φυτεύσεις φυσικής βλάστησης) και συνεχή αναπροσαρμογή του σχεδιασμού. Η λειτουργία ενός φωτοβολταϊκού πάρκου δεν μπορεί να θεωρείται περιβαλλοντικά ουδέτερη εάν δεν ενσωματώνει στρατηγικές για τη διατήρηση

της βιοποικιλότητας και την υποστήριξη των οικολογικών λειτουργιών της περιοχής (Soulouroulou et al., 2022).

5.4. Κίνδυνοι σύγκρουσης και μέτρα μετριασμού

Οι κίνδυνοι σύγκρουσης των πτηνών με φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις αποτελούν ένα από τα πιο κρίσιμα ζητήματα για τη διατήρηση της ορνιθοπανίδας σε περιοχές όπως η Ζώνη Ειδικής Προστασίας GR1420013. Το φαινόμενο της σύγκρουσης εμφανίζεται κυρίως εξαιτίας της αντανάκλασης των φωτοβολταϊκών πάνελ, η οποία προσομοιάζει οπτικά με την επιφάνεια νερού. Τα πτηνά, ιδίως τα υδρόβια και παρυδάτια, ενδέχεται να εκληφθούν εσφαλμένα ότι πρόκειται για υγρότοπο και να επιχειρήσουν προσγείωση, οδηγώντας σε πτώσεις, συγκρούσεις και συχνά θανατηφόρα περιστατικά. Οπτικές ψευδαισθήσεις αυτού του τύπου είναι ιδιαίτερες επικίνδυνες κατά τη διάρκεια της μετανάστευσης, όταν η ανάγκη για ξεκούραση και τροφή οδηγεί τα είδη σε εντατική αναζήτηση ενδιαιτημάτων (Bolonio et al., 2024). Εκτός από τα πάνελ, οι κίνδυνοι σύγκρουσης σχετίζονται και με τις συνοδευτικές υποδομές των φωτοβολταϊκών πάρκων, όπως οι γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, οι πυλώνες, οι περιφράξεις και τα στηρίγματα. Οι γραμμές μεταφοράς συνιστούν συχνό σημείο πρόσκρουσης κυρίως για είδη με μεγάλα σώματα και χαμηλές πτητικές ταχύτητες, όπως οι αρπακτικοί. Η πιθανότητα πρόσκρουσης αυξάνεται σε καιρικές συνθήκες χαμηλής ορατότητας (ομίχλη, βροχή) ή κατά τις μεταμεσονύκτιες ώρες, όταν πολλά είδη χρησιμοποιούν περιοχές Natura 2000 ως ενδιάμεσους σταθμούς. Ειδικά στις περιοχές με έντονη γεωμορφολογική ετερογένεια, η διάταξη των πάνελ και

των καλωδίων κοντά σε διαδρόμους πτήσης ενισχύει τον κίνδυνο (Zaplata & Dullau, 2022).

Για την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων, προτείνονται συγκεκριμένα μέτρα μετριασμού τα οποία θα πρέπει να εφαρμοστούν υποχρεωτικά κατά τον σχεδιασμό και την υλοποίηση του έργου. Ένα από τα αποτελεσματικότερα μέτρα είναι η χρήση ειδικών επικαλύψεων στα πάνελ που μειώνουν την αντανάκλαση, καθιστώντας τις επιφάνειες λιγότερο ελκυστικές για τα πτηνά. Επιπλέον, η τοποθέτηση οπτικών σημάτων ή αυτοκόλλητων σιλούετων αρπακτικών μπορεί να λειτουργήσει αποτρεπτικά, μειώνοντας την πιθανότητα προσέγγισης. Τα οπτικά αυτά στοιχεία θα πρέπει να είναι διατεταγμένα σε μικρές αποστάσεις ώστε να μεγιστοποιείται η ορατότητά τους από τα πτηνά (Froneman et al., 2021). Άλλο σημαντικό μέτρο μετριασμού είναι η υπόγεια τοποθέτηση των καλωδίων μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, ώστε να περιοριστεί ο κίνδυνος πρόσκρουσης με εναέρια εμπόδια. Εφόσον δεν είναι εφικτή η πλήρης υπογειοποίηση, επιβάλλεται η σήμανση των γραμμών με σφαιρικούς ή ημιδιαφανείς δείκτες πτήσης (bird diverters), οι οποίοι αυξάνουν την ορατότητα των καλωδίων. Σημαντική είναι και η ορθή χωροθέτηση του πάρκου, ώστε να αποφεύγεται η εγκατάστασή του σε βασικούς διαδρόμους μετανάστευσης ή περιοχές φωλεοποίησης. Η ανάλυση των μοτίβων πτήσης με χρήση γεωχωρικών δεδομένων πριν την υλοποίηση του έργου μπορεί να συμβάλλει αποφασιστικά σε αυτό (Diamond, 2023).

Τα μέτρα μετριασμού δεν πρέπει να εφαρμόζονται αποσπασματικά, αλλά να εντάσσονται σε ένα ευρύτερο στρατηγικό σχέδιο διαχείρισης του έργου, με τη συμμετοχή ειδικών ορνιθολόγων και οικολογικών επιστημόνων. Η εμπειρία από άλλες περιοχές Natura 2000 έχει δείξει ότι η επιτυχία τέτοιων μέτρων

εξαρτάται από τη συστηματική παρακολούθηση των επιπτώσεων και την προσαρμοστική διαχείριση, η οποία μπορεί να περιλαμβάνει διορθώσεις στον σχεδιασμό ή την εγκατάσταση επιπρόσθετων αποτρεπτικών μέσων (Calì et al., 2021).

5.5. Διαχείριση της ορνιθοπανίδας κατά την κατασκευή και λειτουργία του έργου

Η αποτελεσματική διαχείριση της ορνιθοπανίδας σε περιοχές όπου εγκαθίστανται μεγάλης κλίμακας έργα, όπως φωτοβολταϊκά πάρκα, είναι κρίσιμη για τη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας. Ιδιαίτερα σε προστατευόμενες περιοχές Natura 2000, όπως η ΖΕΠ GR1420013, η παρουσία ειδών πτηνών με ευρωπαϊκή σημασία καθιστά επιβεβλημένη την υιοθέτηση μέτρων διαχείρισης που καλύπτουν όλο τον κύκλο ζωής του έργου – από τον σχεδιασμό μέχρι τη λειτουργία και αποκατάσταση.

Κατά την κατασκευή, οι εργασίες θα πρέπει να προγραμματίζονται με γνώμονα την αποφυγή της αναπαραγωγικής περιόδου των πτηνών. Το διάστημα Απριλίου-Ιουλίου είναι κρίσιμο για πολλά είδη, και η αποφυγή παρεμβάσεων σε αυτό το διάστημα μειώνει σημαντικά τον κίνδυνο εγκατάλειψης φωλιών και αποτυχημένης αναπαραγωγής. Παράλληλα, απαιτείται η διατήρηση φυσικών ή ημιφυσικών στοιχείων εντός του εργοταξίου, όπως θάμνοι, δενδρώδεις γραμμές ή ακαλλιέργητες νησίδες, οι οποίες μπορούν να λειτουργούν ως καταφύγια κατά την προσωρινή διατάραξη του τοπίου (Souloroulou et al., 2022). Η παρουσία οικολογικού παρατηρητή είναι απαραίτητη καθ' όλη τη διάρκεια της κατασκευής, ώστε να εντοπίζονται

φωλιές, να αξιολογείται η δραστηριότητα των πτηνών και να διαμορφώνονται άμεσα ενέργειες αποφυγής επιπτώσεων. Οι παρατηρητές θα πρέπει να διατηρούν καταγραφές, ώστε να αναλύονται τα δεδομένα και να διαπιστώνονται πρόωρα τυχόν αποκλίσεις από τους στόχους διατήρησης. Επίσης, η προσωρινή περιφραξιοποίηση ευαίσθητων μικροενδιαιτημάτων και η απαγόρευση πρόσβασης σε αυτά από τα μηχανήματα, προστατεύει κρίσιμες περιοχές (Van Staden, 2021).

Κατά τη φάση της λειτουργίας, απαιτείται μακροχρόνιο σχέδιο παρακολούθησης της ορνιθοπανίδας με σταθερά σημεία δειγματοληψίας και εποχιακές επισκέψεις. Η παρακολούθηση πρέπει να εστιάζει στις πληθυσμιακές μεταβολές, τις μετακινήσεις των ειδών, την κατανομή των φωλιών και την καταγραφή τυχόν θανάτων από συγκρούσεις. Η ανάλυση των δεδομένων αυτών παρέχει τη βάση για τη λήψη διορθωτικών μέτρων ή τροποποιήσεων στον τρόπο λειτουργίας του πάρκου. Η απλή λειτουργία χωρίς σύστημα παρακολούθησης καθιστά αδύνατη την έγκαιρη αντιμετώπιση προβλημάτων και ακυρώνει την έννοια της προσαρμοστικής διαχείρισης (Heinonen, 2024). Η διαχείριση μπορεί να περιλαμβάνει και ενέργειες αποκατάστασης της φυσικής βλάστησης στα περιθώρια του πάρκου ή την εγκατάσταση τεχνητών φωλιών για την ενίσχυση τοπικών πληθυσμών (Badelt et al., 2025). Τέτοιες δράσεις μπορούν να αντισταθμίσουν μέρος των επιπτώσεων από την κατάληψη γης. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στην αποφυγή του ευνοϊκού μικροπεριβάλλοντος για αρπακτικά ή ανταγωνιστικά είδη (π.χ. κορακοειδή), καθώς ενδέχεται να δημιουργηθεί νέα οικολογική ανισορροπία. Ο σχεδιασμός θα πρέπει να στηρίζεται στην τοπική οικολογική

γνώση και να αποτυπώνεται με σαφήνεια σε σχέδιο περιβαλλοντικής διαχείρισης (Patsianidi, 2023).

Τέλος, η συμμετοχή τοπικών φορέων και οργανώσεων είναι καθοριστική για την αποτελεσματικότητα των μέτρων διαχείρισης. Η δημιουργία δικτύου συνεργασίας με τις περιβαλλοντικές αρχές, τις τοπικές κοινότητες και τις επιστημονικές δομές ενισχύει την παρακολούθηση, μειώνει την πιθανότητα συγκρούσεων και ενθαρρύνει την υιοθέτηση της ευθύνης από όλους τους εμπλεκόμενους. Η ενίσχυση της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης στην περιοχή του έργου συνεισφέρει θετικά στη μακροπρόθεσμη προστασία της ορνιθοπανίδας, καθώς προωθεί την αποδοχή και κατανόηση των περιβαλλοντικών μέτρων (Porichis, 2023).

6. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΡΑ ΜΕΤΡΙΑΣΜΟΥ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ

6.1. Μέτρα προστασίας και αποκατάστασης του περιβάλλοντος

Η εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου εντός Ζώνης Ειδικής Προστασίας, όπως η GR1420013, απαιτεί την άμεση ενσωμάτωση μέτρων προστασίας και αποκατάστασης του περιβάλλοντος στο συνολικό σχέδιο υλοποίησης του έργου. Οι προστατευόμενες περιοχές του δικτύου Natura 2000 διακρίνονται για την υψηλή οικολογική τους αξία και τη λειτουργία τους ως κρίσιμα ενδιαιτήματα για προστατευόμενα και μεταναστευτικά είδη. Επομένως, η οποιαδήποτε χωρική ή λειτουργική επέμβαση εντός αυτών οφείλει να σχεδιάζεται υπό αυστηρό οικολογικό πρίσμα. Βασική αρχή αποτελεί η αποφυγή, όπου είναι εφικτό, της επέμβασης σε ευαίσθητους οικοτόπους, ιδίως σε υγροτοπικές περιοχές, ανοιχτές εκτάσεις υψηλής φυσικότητας και θέσεις φωλεοποίησης της ορνιθοπανίδας (CSPVPV Solar, 2022).

Ο προσδιορισμός και η χωρική αποτύπωση περιοχών που πρέπει να εξαιρεθούν από τις εργασίες αποτελεί ένα από τα πρώτα στάδια των μέτρων προστασίας. Οι «ζώνες αποκλεισμού» λειτουργούν ως καταφύγια για είδη που είναι ευάλωτα στην ενόχληση, αλλά και ως κόμβοι οικολογικής συνδεσιμότητας, ιδιαίτερα για τους οργανισμούς που εξαρτώνται από την αδιάκοπη ροή του τοπίου. Τα όρια αυτών των ζωνών πρέπει να προσδιορίζονται βάσει επιστημονικών δεδομένων, λαμβάνοντας υπόψη εποχικότητα, αναπαραγωγική περίοδο, διαδρομές μετακίνησης και παρουσία νεοσσών ή φωλιών (Souloroulou et al., 2022). Η αποφυγή εκχέρσωσης και η διατήρηση της υφιστάμενης βλάστησης είναι επίσης θεμελιώδης παράγοντας

για την προστασία της οικολογικής ισορροπίας. Ειδικότερα, σε οικοσυστήματα που έχουν ήδη υποστεί πίεση από ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως η εντατική γεωργία ή η υδρολογική ρύθμιση, η ύπαρξη φυσικής βλάστησης λειτουργεί ως στοιχείο σταθερότητας (Bétard, 2013). Αν είναι αναγκαίο να γίνει αποψίλωση, αυτή πρέπει να γίνεται σταδιακά, υπό παρακολούθηση, και να συνοδεύεται από πρόγραμμα αποκατάστασης με αυτοφυή είδη κατάλληλα για το τοπικό μικροκλίμα (Golawski et al., 2025).

Η αποκατάσταση των φυσικών χαρακτηριστικών του τοπίου μετά την ολοκλήρωση των εργασιών κατασκευής περιλαμβάνει μια σειρά από παρεμβάσεις. Πρώτον, προβλέπεται η ανασυγκρότηση της τοπικής βλάστησης μέσω στοχευμένων φυτεύσεων με εγχώρια είδη, ώστε να επανέλθει η φυσική δομή και λειτουργία των ενδιαιτημάτων. Η δημιουργία λωρίδων πρασίνου και διαδρόμων οικολογικής διέλευσης μεταξύ των πάνελ είναι επίσης κρίσιμη, ώστε να επιτραπεί η ασφαλής μετακίνηση των ειδών, κυρίως των πτηνών και μικρών θηλαστικών. Η δομή αυτών των φυτεύσεων πρέπει να προσομοιάζει τη φυσική βλάστηση της περιοχής και να ενισχύει την ετερογένεια (FSPVPV Solar, 2022). Ένα επιπλέον μέτρο είναι ο περιορισμός της διάβρωσης του εδάφους και της απορροής των υδάτων, φαινόμενα που συχνά επιδεινώνονται λόγω της κατασκευής και των τεχνητών επιφανειών. Με τεχνικές όπως οι βιολογικοί ανασχετήρες, οι ζώνες ανάσχεσης απορροής και η χρήση αδιατάρακτων εδαφών εντός του έργου, μπορεί να μειωθεί η περιβαλλοντική επιβάρυνση. Η κατεύθυνση της απορροής θα πρέπει να ελέγχεται με μελέτη μικροϋδρολογίας, προκειμένου να αποφευχθεί η μεταφορά φερτών υλικών σε υδροτοπικές ή γεωργικές περιοχές (Patsianidi, 2023).

Τα μέτρα προστασίας και αποκατάστασης οφείλουν να μην είναι στατικά, αλλά να προσαρμόζονται βάσει των ευρημάτων από τη συνεχή παρακολούθηση της κατάστασης των οικοσυστημάτων και της βιοποικιλότητας. Αυτή η προσαρμοστικότητα αποτελεί προϋπόθεση για την επιτυχία κάθε σχεδίου αποκατάστασης, καθώς οι δυναμικές των ειδών και των ενδιαιτημάτων δεν είναι πάντα προβλέψιμες, ιδίως σε περιοχές υψηλής οικολογικής σημασίας (Lytopoulos & Xydis, 2025).

6.2. Περιβαλλοντική παρακολούθηση κατά την κατασκευή και τη λειτουργία

Η περιβαλλοντική παρακολούθηση είναι βασικός μηχανισμός ελέγχου και διασφάλισης της εφαρμογής των περιβαλλοντικών όρων και μέτρων σε κάθε έργο ΑΠΕ. Στην περίπτωση εγκατάστασης φωτοβολταϊκού πάρκου εντός Ζώνης Ειδικής Προστασίας, η παρακολούθηση αποκτά κρίσιμη σημασία, καθώς συνδέεται άμεσα με τη διατήρηση των ειδών και οικοτόπων που προστατεύονται από την Οδηγία για τα Πτηνά και την Οδηγία για τους Οικοτόπους. Η παρακολούθηση πρέπει να είναι συνεχής και να καλύπτει όλο το φάσμα από την έναρξη της κατασκευής έως και την ολοκλήρωση της λειτουργίας του έργου (Van Staden, 2021).

Κατά την περίοδο κατασκευής, ο ρόλος της παρακολούθησης είναι η άμεση καταγραφή πιθανών αρνητικών επιπτώσεων και η δυναμική αντίδραση σε αυτές. Ενδεικτικά, η ανίχνευση φωλιών σε περιοχές που πρόκειται να δεχθούν παρεμβάσεις μπορεί να οδηγήσει σε αναβολή ή αναπροσαρμογή του έργου σε εκείνο το τμήμα. Η ύπαρξη οικολογικού επιτηρητή επί του πεδίου είναι απαραίτητη για την καθημερινή καταγραφή δεδομένων και την παροχή

αναφορών στις αρμόδιες αρχές και στον φορέα υλοποίησης του έργου. Οι παρεμβάσεις πρέπει να προσαρμόζονται σε πραγματικό χρόνο, κάτι που προϋποθέτει υψηλό επίπεδο διασύνδεσης μεταξύ επιστημονικής ομάδας και κατασκευαστικού φορέα (Heinonen, 2024).

Η παρακολούθηση κατά τη φάση λειτουργίας του πάρκου στοχεύει στην αξιολόγηση των μακροπρόθεσμων επιπτώσεων. Η παρακολούθηση της ορνιθοπανίδας, με καταγραφές παρουσίας, πληθυσμιακής τάσης, αναπαραγωγικής επιτυχίας και συμπεριφορικών μεταβολών, αποτελεί βασικό εργαλείο αξιολόγησης της λειτουργίας του έργου σε σχέση με τους οικολογικούς στόχους της περιοχής. Παράλληλα, παρακολουθούνται οι μεταβολές στη βλάστηση, η διατήρηση της φυσικής κάλυψης, οι αλλαγές στο μικροκλίμα και τα επίπεδα υγρασίας ή απορροής. Όλα τα δεδομένα καταγράφονται σε πρότυπα δελτία και επεξεργάζονται συγκριτικά με τα προ της εγκατάστασης στοιχεία (Porichis, 2023). Ένα σύστημα παρακολούθησης μπορεί να περιλαμβάνει και αυτοματοποιημένα μέσα, όπως φωτοπαγίδες, αισθητήρες θερμοκρασίας και υγρασίας, ή και ακουστικά συστήματα καταγραφής φωνών των πτηνών, για τη συνεχή και διακριτική καταγραφή δραστηριοτήτων στο πεδίο. Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται και στην καταγραφή περιστατικών θανάτων ή τραυματισμών πτηνών λόγω σύγκρουσης με τα πάνελ ή τις υποδομές. Η συστηματική αναφορά τέτοιων περιστατικών δίνει εικόνα της έκτασης του προβλήματος και επιτρέπει την άμεση τροποποίηση τεχνικών παραμέτρων (Zaplata & Dullau, 2022).

Η περιοδική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της παρακολούθησης οδηγεί στην αναθεώρηση ή ενίσχυση των μέτρων μετριασμού. Σε περιπτώσεις όπου τα δεδομένα δείχνουν αυξανόμενη αρνητική επίδραση στο περιβάλλον, ο

φορέας του έργου υποχρεούται, σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία, να προχωρήσει σε πρόσθετες ενέργειες αποκατάστασης ή περιορισμού των επιπτώσεων. Η διαφάνεια και η πρόσβαση των επιστημονικών δεδομένων σε δημόσιες βάσεις ενισχύει τον κοινωνικό έλεγχο και τη συμμετοχή της τοπικής κοινωνίας στην περιβαλλοντική διαχείριση (Calì et al., 2021). Η ορθή εφαρμογή των διαδικασιών παρακολούθησης δεν εξασφαλίζει μόνο την προστασία της βιοποικιλότητας αλλά συμβάλλει και στη βελτίωση της τεχνογνωσίας και της επιστημονικής κατανόησης των επιπτώσεων των ΑΠΕ σε ευαίσθητα οικοσυστήματα. Η δημιουργία βάσεων δεδομένων μακροπρόθεσμης οικολογικής παρακολούθησης μπορεί να χρησιμεύσει ως εργαλείο σχεδιασμού για μελλοντικά έργα, καθιστώντας τη συνύπαρξη ενεργειακής ανάπτυξης και περιβαλλοντικής προστασίας περισσότερο ρεαλιστική (Diamond, 2023).

6.3. Στρατηγικές ενσωμάτωσης του έργου στο φυσικό περιβάλλον

Η επιτυχής ενσωμάτωση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου στο φυσικό περιβάλλον μιας περιοχής Natura 2000, όπως η Ζώνη Ειδικής Προστασίας GR1420013, προϋποθέτει μια πολυεπίπεδη προσέγγιση που συνδυάζει τον τεχνικό σχεδιασμό με την οικολογική γνώση (Guerin, 2017). Η λειτουργία τέτοιων έργων σε ευαίσθητα οικοσυστήματα δεν μπορεί να βασίζεται μόνο στην κάλυψη των νομικών απαιτήσεων, αλλά απαιτεί ενεργό σχεδιασμό που αποσκοπεί στη λειτουργική ένταξη του έργου στον περιβάλλοντα χώρο. Οι στρατηγικές ενσωμάτωσης του έργου οφείλουν να ενισχύουν τη συμβατότητα του φωτοβολταϊκού πάρκου με τις οικολογικές δομές και λειτουργίες της

περιοχής και να επιδιώκουν την αποφυγή ρήξεων στη βιολογική και τοπιολογική συνέχεια του τοπίου (Patsianidi, 2023).

Η χωροταξική ενσωμάτωση του έργου αποτελεί τη βάση κάθε στρατηγικής. Η επιλογή της θέσης εγκατάστασης πρέπει να βασίζεται σε κριτήρια οικολογικής καταλληλότητας και όχι μόνο σε τεχνικά ή οικονομικά χαρακτηριστικά. Η αποφυγή περιοχών με υψηλή συγκέντρωση φωλιών, μεταναστευτικών διαδρόμων, υγροτόπων ή σημαντικών ενδιαιτημάτων για προστατευόμενα είδη μειώνει εξ αρχής τον περιβαλλοντικό κίνδυνο. Επίσης, η τοποθέτηση του έργου σε ήδη υποβαθμισμένες γεωργικές εκτάσεις ή περιοχές με χαμηλή βιοποικιλότητα ενισχύει τη συμβατότητα του με το φυσικό περιβάλλον (Van Staden, 2021). Η διατήρηση και ενίσχυση της οικολογικής συνδεσιμότητας του τοπίου αποτελεί ένα ακόμη κρίσιμο στοιχείο. Το φωτοβολταϊκό πάρκο δεν πρέπει να λειτουργεί ως εμπόδιο στη μετακίνηση της πανίδας ή στη ροή των οικολογικών διεργασιών. Για τον λόγο αυτό, ενδείκνυται η δημιουργία πράσινων διαδρόμων ανάμεσα στις συστοιχίες των πάνελ, η διατήρηση φυσικών στοιχείων όπως ρέματα, δέντρα και θάμνοι και η αποφυγή πλήρους περίφραξης του έργου. Οι διάδρομοι αυτοί μπορούν να συνδεθούν με γειτονικά φυσικά ενδιαιτήματα, διασφαλίζοντας τη μετακίνηση των ειδών, ιδίως της ορνιθοπανίδας και των μικρών θηλαστικών (Golawski et al., 2025).

Η μορφολογική ενσωμάτωση του έργου στο τοπίο συμβάλλει στη μείωση της οπτικής και χωρικής αλλοίωσης. Η χρήση γήινων χρωμάτων στα στηρίγματα των πάνελ, η περιορισμένη χρήση ανακλαστικών επιφανειών και η φύτευση περιμετρικών ζωνών με τοπικά φυτικά είδη περιορίζει την οπτική ένταση και μειώνει τον κίνδυνο προσέλκυσης ή αποπροσανατολισμού των πτηνών. Η τοποθέτηση των εγκαταστάσεων σε φυσικές κοιλότητες ή σε θέσεις που δεν

προβάλουν στον ορίζοντα μειώνει την κυριαρχία τους στο τοπίο και συμβάλλει στην αρμονική τους ένταξη (Calì et al., 2021).

Η λειτουργική ενσωμάτωση του έργου προϋποθέτει τη συμβατότητά του με τις τοπικές χρήσεις γης και τις κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες. Το έργο μπορεί να σχεδιαστεί ώστε να επιτρέπει ή να ενισχύει τη συνέχιση παραδοσιακών πρακτικών χαμηλής όχλησης, όπως η εκτατική βόσκηση ή η μελισσοκομία. Η συνέχιση αυτών των δραστηριοτήτων ενισχύει τη σταθερότητα του τοπίου και προάγει την κοινωνική αποδοχή του έργου, ενώ παράλληλα διατηρεί στοιχεία ετερογένειας στον χώρο που είναι κρίσιμα για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας (Froneman et al., 2021).

Η στρατηγική ενσωμάτωσης πρέπει να λαμβάνει υπόψη και τον παράγοντα του χρόνου. Η δυναμική των οικοσυστημάτων σημαίνει ότι οι επιπτώσεις ενός έργου δεν είναι στατικές αλλά μπορεί να εξελιχθούν σε βάθος ετών. Για τον λόγο αυτό, απαιτείται σχεδιασμός με μακροπρόθεσμο ορίζοντα, που περιλαμβάνει τη δυνατότητα αναπροσαρμογών στις τεχνικές και χωρικές παραμέτρους, βάσει των αποτελεσμάτων από την περιβαλλοντική παρακολούθηση. Η ενσωμάτωση δεν είναι διαδικασία στιγμιαία, αλλά προϋποθέτει την οικοδόμηση σχέσης αλληλεπίδρασης μεταξύ του έργου και του τοπικού οικολογικού πλαισίου (Porichis, 2023).

6.4. Βέλτιστες πρακτικές για την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων

Η εφαρμογή βέλτιστων πρακτικών για την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων ενός φωτοβολταϊκού πάρκου σε προστατευόμενη περιοχή αποτελεί κρίσιμη προϋπόθεση για την περιβαλλοντικά βιώσιμη ανάπτυξή του. Οι πρακτικές

αυτές δεν περιορίζονται στην τυπική συμμόρφωση με τη νομοθεσία αλλά ενσωματώνουν τη σύγχρονη επιστημονική γνώση και την εμπειρία από ανάλογες περιπτώσεις εφαρμογής σε άλλες περιοχές. Στην περίπτωση της ΖΕΠ GR1420013, όπου η παρουσία ευαίσθητων οικοτόπων και προστατευόμενων ειδών είναι έντονη, η χρήση τέτοιων πρακτικών αποκτά ακόμα μεγαλύτερη σημασία (Bolonio et al., 2024). Μία από τις βασικότερες βέλτιστες πρακτικές είναι η εκπόνηση αναλυτικής προκαταρκτικής οικολογικής χαρτογράφησης πριν την έναρξη οποιασδήποτε επέμβασης. Η χαρτογράφηση αυτή καταγράφει με ακρίβεια τις οικολογικά ευαίσθητες περιοχές, τις ζώνες φωλεοποίησης, τα μεταναστευτικά περάσματα, τους τύπους οικοτόπων και τα σημεία υψηλής οικολογικής λειτουργικότητας. Η ακρίβεια των δεδομένων αυτών επιτρέπει τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων κατά τη φάση σχεδιασμού του έργου και συμβάλλει στη μείωση του εν δυνάμει οικολογικού αποτυπώματος (Zaplata & Dullau, 2022).

Η σταδιακή και χρονικά κατανεμημένη κατασκευή αποτελεί επίσης πρακτική που μειώνει σημαντικά την πίεση στα οικοσυστήματα. Η εκτέλεση του έργου σε φάσεις και η αποφυγή δραστηριοτήτων κατά την αναπαραγωγική περίοδο των πτηνών περιορίζει τον κίνδυνο εγκατάλειψης φωλιών ή θανάτου νεοσσών. Παράλληλα, επιτρέπει την παρακολούθηση των επιπτώσεων σε πραγματικό χρόνο και τη δυνατότητα προσαρμογής της πορείας των εργασιών ανάλογα με τις παρατηρούμενες επιδράσεις (Lytopoulos & Xydis, 2025). Η επιλογή τεχνολογιών χαμηλής όχλησης είναι επίσης κρίσιμος παράγοντας. Οι φωτοβολταϊκές μονάδες θα πρέπει να επιλέγονται βάσει της ενεργειακής τους αποδοτικότητας αλλά και της φιλικότητάς τους προς το περιβάλλον. Πάνελ με χαμηλή ανακλαστικότητα, στήριγμα που επιτρέπει τη

βλάβηση στο υπόστρωμα, και αποφυγή χημικών αντιρρυπαντικών ουσιών, αποτελούν στοιχεία που περιορίζουν την περιβαλλοντική πίεση. Η εφαρμογή τεχνικών καθαρισμού των πάνελ χωρίς τη χρήση χημικών είναι επιπλέον επιθυμητή, καθώς προστατεύει το έδαφος και τους υδάτινους πόρους (Diamond, 2023).

Η εκπαίδευση και η ευαισθητοποίηση του προσωπικού αποτελεί προαπαιτούμενο για την επιτυχία κάθε μέτρου. Όλα τα άτομα που συμμετέχουν στην κατασκευή ή λειτουργία του έργου πρέπει να είναι ενήμερα για τις οικολογικές ιδιαιτερότητες της περιοχής και τις διαδικασίες που πρέπει να ακολουθούνται σε περίπτωση εντοπισμού φωλιάς ή ζώου. Η παρουσία οικολογικού επόπτη δεν αρκεί από μόνη της εάν το προσωπικό αγνοεί βασικές πρακτικές φιλικές προς το περιβάλλον (Heinonen, 2024).

Η συνεργασία με επιστημονικούς φορείς, πανεπιστημιακά ιδρύματα και περιβαλλοντικές οργανώσεις μπορεί να προσδώσει πρόσθετη εγκυρότητα και επιστημονική τεκμηρίωση στις πρακτικές του έργου. Οι φορείς αυτοί μπορούν να συνδράμουν στον σχεδιασμό πρωτοκόλλων παρακολούθησης, στην ανάλυση δεδομένων και στην υποβολή προτάσεων για διορθωτικές ενέργειες. Μέσα από τέτοιες συνεργασίες δημιουργούνται συνθήκες κοινωνικής συναίνεσης και ενισχύεται η διαφάνεια στη διαχείριση του έργου (Steyn, 2021).

Η ενίσχυση της φυσικής ετερογένειας του τοπίου μέσω μικρών παρεμβάσεων αποκατάστασης και διατήρησης στοιχείων της φυσικής βλάστησης εντός και πέριξ του έργου αποτελεί πρακτική που όχι μόνο μειώνει τις επιπτώσεις αλλά ενδεχομένως αυξάνει και την οικολογική αξία της περιοχής. Μικρές συστάδες

δέντρων, ενδιάμεσες λωρίδες με αγριολούλουδα και χαμηλή φυσική βλάστηση μπορούν να λειτουργούν ως ενδιαιτήματα διατροφής και ανάπαυσης για είδη που διαφορετικά θα απομακρύνονταν (FSPVPV Solar, 2022).

Η επιτυχία των βέλτιστων πρακτικών δεν κρίνεται μόνο από την αρχική τους εφαρμογή αλλά από τη συνέπειά τους στον χρόνο και την προσαρμοστικότητά τους. Οι πρακτικές αυτές οφείλουν να επανεξετάζονται και να επικαιροποιούνται βάσει της περιβαλλοντικής παρακολούθησης και των μεταβαλλόμενων οικολογικών συνθηκών, ώστε να ανταποκρίνονται στις πραγματικές ανάγκες διατήρησης του φυσικού κεφαλαίου της περιοχής.

6.5. Προτάσεις για τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα του έργου

Η μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα ενός φωτοβολταϊκού πάρκου που έχει εγκατασταθεί εντός μιας περιοχής του δικτύου Natura 2000, όπως η Ζώνη Ειδικής Προστασίας GR1420013, αποτελεί μία σύνθετη διαδικασία που δεν περιορίζεται στην ενεργειακή του αποδοτικότητα ή στη νομική του συμμόρφωση. Απαιτεί ένα μακρόπνοο πλαίσιο περιβαλλοντικής, κοινωνικής και οικονομικής διαχείρισης που θα εξασφαλίζει την ισόρροπη συνύπαρξη του έργου με τα οικολογικά και κοινωνικά χαρακτηριστικά της περιοχής. Κεντρικός στόχος αυτών των προτάσεων είναι η ενσωμάτωση του έργου στην τοπική περιβαλλοντική πραγματικότητα, χωρίς να τίθεται σε κίνδυνο η βιοποικιλότητα ή οι λειτουργίες του οικοσυστήματος (Souloroulou et al., 2022).

Ένας από τους σημαντικότερους άξονες για τη βιωσιμότητα του έργου είναι η ενίσχυση της προσαρμοστικότητάς του στις μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες. Η κλιματική αλλαγή επιφέρει σημαντικές επιπτώσεις στα

οικοσυστήματα και επηρεάζει τη συμπεριφορά της πανίδας, ιδιαίτερα της ορνιθοπανίδας. Για να ανταποκριθεί το έργο στις συνθήκες αυτές, απαιτείται η δυνατότητα αναπροσαρμογής των τεχνικών και διαχειριστικών χαρακτηριστικών του, με στόχο την ελαχιστοποίηση των νέων πιέσεων που ενδέχεται να προκύψουν. Η ευελιξία στη λειτουργία του έργου και η δυνατότητα εφαρμογής προσαρμοστικών στρατηγικών αποτελούν προϋποθέσεις για την επιβίωσή του σε βάθος χρόνου (Cali et al., 2021). Η μακροπρόθεσμη παρακολούθηση της κατάστασης του περιβάλλοντος και των επιπτώσεων του έργου είναι κρίσιμη για την αποφυγή της σταδιακής υποβάθμισης. Το έργο πρέπει να συνοδεύεται από ένα μόνιμο και καλά οργανωμένο σύστημα περιβαλλοντικής παρακολούθησης που περιλαμβάνει συγκεκριμένους δείκτες ποιότητας και βιοποικιλότητας, ετήσια ή εποχική καταγραφή της ορνιθοπανίδας και παρακολούθηση των αλλαγών στους οικοτόπους. Τα δεδομένα αυτά οφείλουν να αξιοποιούνται για την έγκαιρη αναγνώριση νέων προβλημάτων και την υιοθέτηση διορθωτικών μέτρων σε πραγματικό χρόνο (Van Staden, 2021).

Η βιωσιμότητα εξαρτάται και από την ενεργή συμμετοχή της τοπικής κοινωνίας στη διαχείριση και παρακολούθηση του έργου. Η αποδοχή του έργου από τους κατοίκους και τους τοπικούς φορείς συνδέεται άμεσα με την αντίληψη ότι το έργο συμβάλλει θετικά στην κοινωνική και περιβαλλοντική ζωή της περιοχής. Η δημιουργία δομών διαβούλευσης, η τακτική ενημέρωση για τα αποτελέσματα της παρακολούθησης και η δυνατότητα εμπλοκής σε δράσεις αποκατάστασης ή παρακολούθησης δημιουργούν συνθήκες εμπιστοσύνης και συνεργασίας που ενισχύουν τη βιωσιμότητα (Porichis, 2023). Η σύνδεση του έργου με τοπικά εκπαιδευτικά και ερευνητικά ιδρύματα αποτελεί μία ακόμη

πρόταση για τη βιωσιμότητα. Μέσα από την ένταξη του φωτοβολταϊκού πάρκου σε ερευνητικά και επιμορφωτικά προγράμματα, διασφαλίζεται αφενός η συνεχής αξιολόγηση των οικολογικών επιπτώσεων, αφετέρου η παραγωγή νέας γνώσης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βελτιστοποίηση των περιβαλλοντικών πρακτικών. Επιπλέον, τέτοιες συνεργασίες προσδίδουν στο έργο εκπαιδευτική και κοινωνική προστιθέμενη αξία (Patsianidi, 2023).

Η εγκατάσταση ή η διατήρηση στοιχείων φυσικής βλάστησης εντός του χώρου του πάρκου, όπως διάσπαρτες νησίδες φυσικού πρασίνου, λωρίδες άγριας χλωρίδας ανάμεσα στις συστοιχίες των πάνελ και ζώνες προστασίας περιμετρικά του έργου, μπορεί να ενισχύσει τον οικολογικό ρόλο του πάρκου. Τέτοιες πρακτικές μειώνουν την ομοιομορφία του τοπίου, αυξάνουν τη μικροκλιματική ποικιλότητα και προσφέρουν καταφύγια σε είδη που διαφορετικά θα εκτοπίζονταν. Η ύπαρξη αυτών των στοιχείων όχι μόνο περιορίζει τις αρνητικές επιπτώσεις αλλά μπορεί να συμβάλλει στην ενίσχυση της οικολογικής αξίας του έργου (FSPVPV Solar, 2022).

Η χρήση τεχνολογιών που ελαχιστοποιούν τις λειτουργικές επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι επίσης απαραίτητη για την επιμήκυνση του κύκλου ζωής του έργου χωρίς να προκαλούνται διαρκείς πιέσεις στο οικοσύστημα. Η επιλογή πάνελ με μειωμένη ανακλαστικότητα, η ελαχιστοποίηση της τεχνητής φωτορύπανσης, η χρήση συστημάτων καθαρισμού χωρίς χημικά και η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης αποτελούν τεχνολογικές παρεμβάσεις που συντελούν στην ενίσχυση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας του πάρκου (Bolonio et al., 2024). Μία σημαντική πτυχή της βιωσιμότητας αφορά και την οικονομική της διάσταση. Η εξασφάλιση πόρων για την εφαρμογή των μέτρων αποκατάστασης, παρακολούθησης και προσαρμοστικής διαχείρισης

πρέπει να προβλέπεται από την αρχή. Η μακροχρόνια λειτουργία του έργου απαιτεί τη διασφάλιση ταμειακής επάρκειας για την υποστήριξη δράσεων που σχετίζονται με τη συντήρηση του φυσικού περιβάλλοντος και την αποκατάσταση οικολογικών λειτουργιών σε περιπτώσεις έκτακτων συμβάντων. Η πρόβλεψη ταμείων διαχείρισης ή τακτικής χρηματοδότησης των δράσεων αυτών αποτελεί συστατικό στοιχείο της μακροπρόθεσμης ανθεκτικότητας του έργου (Heinonen, 2024).

Η τελική φάση ζωής του έργου πρέπει επίσης να περιλαμβάνεται στον σχεδιασμό της βιωσιμότητας. Η αποσυναρμολόγηση του πάρκου, η διαχείριση των υλικών, η αποκατάσταση του εδάφους και η επαναφορά της περιοχής σε φυσική κατάσταση ή η ενσωμάτωσή της σε νέο τύπο χρήσης με χαμηλό οικολογικό αποτύπωμα, πρέπει να περιγράφονται με σαφήνεια από την αρχή. Η σύνταξη σχεδίου αποκατάστασης μετά τη λήξη της λειτουργίας του έργου αποτελεί απαραίτητη πρακτική ώστε να διασφαλίζεται η συνέχεια των οικολογικών διεργασιών και να αποτρέπεται η υποβάθμιση του τοπίου (Diamond, 2023).

Η ενίσχυση της περιβαλλοντικής συνείδησης του κοινού μέσω εκπαιδευτικών δράσεων και καμπανιών ενημέρωσης μπορεί επίσης να συμβάλει καθοριστικά στη βιωσιμότητα του έργου. Όταν η τοπική κοινωνία κατανοεί τους σκοπούς και τις περιβαλλοντικές ανάγκες του έργου, είναι πιο πιθανό να το υποστηρίξει και να συνδράμει στην προστασία της περιοχής. Οι δράσεις αυτές θα πρέπει να προσανατολίζονται στη συμμετοχική διαχείριση, ενισχύοντας τη σύνδεση των πολιτών με τον φυσικό χώρο (Steyn, 2021). Η μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα ενός φωτοβολταϊκού πάρκου δεν εξαρτάται αποκλειστικά από τεχνικές προδιαγραφές ή αποδόσεις ισχύος, αλλά κυρίως από τη δυνατότητα

του να λειτουργεί ως μέρος του φυσικού και κοινωνικού ιστού, να προσαρμόζεται και να εξελίσσεται σε αρμονία με τα τοπικά οικοσυστήματα και τις κοινότητες. Αυτή η προσέγγιση ενισχύει την περιβαλλοντική του αποδοχή και διασφαλίζει τη μακροχρόνια συνεισφορά του στην αειφόρο ανάπτυξη.

6.6 Προτάσεις Αποκατάστασης μετά την Παύση Λειτουργίας του Έργου

Μετά την ολοκλήρωση του κύκλου ζωής του φωτοβολταϊκού πάρκου, που εκτιμάται σε περίπου 25-30 έτη, κρίνεται απαραίτητος ο προγραμματισμός και η εφαρμογή ενός ολοκληρωμένου Σχεδίου Αποκατάστασης και Αποκαθήλωσης (Decommissioning and Restoration Plan), με στόχο την επαναφορά της περιοχής στην πρότερη ή άλλη περιβαλλοντικά αποδεκτή κατάσταση, σύμφωνα με τις αρχές της αειφόρου διαχείρισης και την προστασία των φυσικών οικοσυστημάτων.

Η διαδικασία αποκατάστασης περιλαμβάνει αρχικά την πλήρη αποξήλωση όλων των εγκαταστάσεων του φωτοβολταϊκού σταθμού, όπως τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, οι βάσεις στήριξης, τα καλωδιώματα, οι μετατροπείς (inverters), οι πίνακες ελέγχου, οι μετασχηματιστές και κάθε άλλο βοηθητικό εξοπλισμό. Η απομάκρυνση των υλικών θα πραγματοποιείται με τρόπο που να διασφαλίζει την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων στο έδαφος και τη γύρω βλάστηση, αποφεύγοντας διαρροές, επιμολύνσεις ή φθορά του εδαφικού προφίλ.

Τα υλικά που θα αποξηλωθούν θα πρέπει να οδηγηθούν σε πιστοποιημένους φορείς ανακύκλωσης ή κατάλληλους χώρους διαχείρισης αποβλήτων, σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία περί διαχείρισης αποβλήτων (ν.

4819/2021 για την ανακύκλωση, ΦΕΚ 129/Α/2021). Ιδιαίτερη μέριμνα θα ληφθεί για τα επικίνδυνα ή ειδικής διαχείρισης απόβλητα (όπως ενδεχόμενα στοιχεία ηλεκτρονικών συστημάτων και μετασχηματιστών).

Μετά την απομάκρυνση του εξοπλισμού, θα ακολουθήσει η αποκατάσταση της εδαφικής επιφάνειας. Οι επιχωματώσεις, οι εκσκαφές και οι τυχόν διαταραχές του εδάφους θα αποκαθίστανται με κατάλληλες πρακτικές διαμόρφωσης, επιπέδωσης και εμπλουτισμού του εδάφους με οργανική ύλη, όπου απαιτείται. Στόχος είναι η αποτροπή διάβρωσης και η δημιουργία κατάλληλων συνθηκών για την ανάπτυξη φυσικής βλάστησης.

Στο πλαίσιο της βιολογικής αποκατάστασης, προβλέπεται η επαναφύτευση αυτοφυών ή προσαρμοσμένων φυτικών ειδών που απαντώνται στην περιοχή, σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά των τοπικών οικοτόπων και τις κατευθυντήριες οδηγίες του φορέα διαχείρισης της προστατευόμενης περιοχής. Έμφαση θα δοθεί στη δημιουργία κατάλληλων ενδιαιτημάτων για την ορνιθοπανίδα και τα υπόλοιπα προστατευόμενα είδη της ΖΕΠ GR1420013, αποκαθιστώντας τη φυσική ισορροπία του οικοσυστήματος. Η διαδικασία αποκατάστασης θα συνοδεύεται από πρόγραμμα περιβαλλοντικής παρακολούθησης για εύλογο χρονικό διάστημα (π.χ. 3-5 έτη μετά την απομάκρυνση), ώστε να διασφαλιστεί η επιτυχής ανασύσταση της βλάστησης, η σταθεροποίηση του εδάφους και η επαναφορά της οικολογικής λειτουργίας της περιοχής. Εφόσον κριθεί απαραίτητο, θα λαμβάνονται διορθωτικά μέτρα για την υποστήριξη της φυσικής διαδοχής.

Η εφαρμογή του σχεδίου αποκατάστασης μετά την παύση λειτουργίας του έργου διασφαλίζει τη μακροπρόθεσμη προστασία του οικοσυστήματος, την

αποφυγή υποβάθμισης και την επίτευξη των στόχων διατήρησης της Ζώνης
Ειδικής Προστασίας, σύμφωνα με τις αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης.

7. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα ειδική οικολογική αξιολόγηση ανέδειξε τη σημασία της προστασίας του φυσικού περιβάλλοντος και της ορνιθοπανίδας στο πλαίσιο υλοποίησης ενός φωτοβολταϊκού πάρκου εντός περιοχής του δικτύου Natura 2000 (Heinonen, 2024). Η Ζώνη Ειδικής Προστασίας GR1420013, στην οποία προβλέπεται η εγκατάσταση του έργου, χαρακτηρίζεται από υψηλή βιολογική αξία, καθώς αποτελεί σημαντικό ενδιαίτημα για προστατευόμενα και μεταναστευτικά πτηνά που απαιτούν αυστηρό καθεστώς διαχείρισης, ενώ ταυτόχρονα φιλοξενεί πλούσια χλωρίδα και τύπους οικοτόπων (Diamond, 2023).

Από την ανάλυση των επιπτώσεων που σχετίζονται με την κατασκευή και λειτουργία του φωτοβολταϊκού πάρκου προκύπτει ότι, αν και τα έργα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχουν ουσιαστική συμβολή στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, η εγκατάστασή τους ενδέχεται να προκαλέσει σοβαρές επιπτώσεις σε ευαίσθητα οικοσυστήματα εάν δεν συνοδεύονται από κατάλληλα μέτρα πρόληψης, αποφυγής και αποκατάστασης (Zapata & Dullau, 2022). Ιδιαίτερα κατά τη φάση κατασκευής, καταγράφηκαν πιθανά άμεσα και έμμεσα αποτελέσματα στην ορνιθοπανίδα, όπως η ενόχληση κατά την περίοδο φωλεοποίησης, η απώλεια ενδιαιτημάτων και η μετατόπιση των ειδών από τις φυσικές τους περιοχές. Η λειτουργία του φωτοβολταϊκού πάρκου μπορεί επίσης να επηρεάσει δυσμενώς την ορνιθοπανίδα, μέσω αλλαγών στα χαρακτηριστικά του μικροτοπίου, της σκίασης, της αντανάκλασης και της μόνιμης μετατροπής χρήσεων γης. Το φαινόμενο της αντανάκλασης των πάνελ που δημιουργεί ψευδαίσθηση υδάτινης επιφάνειας και ενδέχεται να προκαλέσει σύγκρουση πτηνών,

συνιστά έναν σημαντικό κίνδυνο που πρέπει να αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά. Επιπρόσθετα, οι συνοδευτικές υποδομές του έργου, όπως οι πυλώνες, τα καλώδια μεταφοράς και οι περιφράξεις, μπορούν να δημιουργήσουν εμπόδια στη μετακίνηση των ειδών και να αυξήσουν την απομόνωση των πληθυσμών (Lytopoulos & Xydis, 2025).

Η ανάγκη για λήψη μέτρων μετριασμού είναι συνεπώς επιτακτική και πολυδιάστατη. Τα μέτρα αυτά πρέπει να ξεκινούν από τη φάση σχεδιασμού, με την επιλογή κατάλληλης χωροθέτησης που να αποφεύγει κρίσιμους οικοτόπους και μεταναστευτικές διαδρομές, και να συνεχίζονται με την εφαρμογή τεχνικών που μειώνουν την επιφάνεια κάλυψης, περιορίζουν την όχληση και διατηρούν την οικολογική συνδεσιμότητα του τοπίου. Η πρόβλεψη ζωνών αποκλεισμού και οικολογικών διαδρόμων, η χρήση φυσικών στοιχείων στο σχεδιασμό και η αποκατάσταση της βλάστησης στις παρυφές του έργου ενισχύουν την αρμονική ένταξη της εγκατάστασης στο τοπίο. Ιδιαίτερη βαρύτητα δόθηκε στην ανάγκη για διαχείριση της ορνιθοπανίδας τόσο κατά την κατασκευή όσο και κατά τη λειτουργία του έργου. Η παρουσία ειδών υψηλής οικολογικής και προστατευτικής σημασίας καθιστά αναγκαία την εποχιακή προσαρμογή των παρεμβάσεων, ώστε να αποφεύγεται η όχληση κατά την αναπαραγωγική περίοδο.

Η σταδιακή κατασκευή, η συνεχής παρακολούθηση της πανίδας από ειδικευμένο προσωπικό, καθώς και η εκπαίδευση του προσωπικού του έργου για την αναγνώριση ευαίσθητων ειδών ή συμπεριφορών, μπορούν να μειώσουν την έκταση και ένταση των επιπτώσεων.

Εξίσου κρίσιμος είναι ο ρόλος της περιβαλλοντικής παρακολούθησης, η οποία πρέπει να είναι συνεχής, οργανωμένη και προσανατολισμένη στην αξιολόγηση της πραγματικής επίδρασης του έργου στο περιβάλλον (Zaplata & Dullau, 2022). Η δημιουργία δικτύου δειγματοληπτικών σημείων για την καταγραφή της πανίδας, η παρακολούθηση των μεταβολών στη χλωρίδα και στα υδρολογικά χαρακτηριστικά και η καταγραφή περιστατικών πρόσκρουσης ή εγκατάλειψης φωλιών από πτηνά παρέχουν πολύτιμα δεδομένα για την προσαρμογή των μέτρων διαχείρισης. Η χρήση νέων τεχνολογιών, όπως φωτοπαγίδες, ηχογραφήσεις ή αισθητήρες, μπορεί να ενισχύσει τη λεπτομέρεια και την εγκυρότητα της παρακολούθησης. Η στρατηγική ενσωμάτωσης του έργου στο φυσικό περιβάλλον πρέπει να ξεφεύγει από τον απλό περιορισμό των επιπτώσεων και να στοχεύει στη λειτουργική ένταξη του έργου στο οικοσύστημα. Αυτή μπορεί να επιτευχθεί με τη διατήρηση των φυσικών στοιχείων εντός του έργου, τη διαμόρφωση ενδιάμεσων ζωνών χαμηλής παρέμβασης, την αποκατάσταση του εδάφους και της βλάστησης και την ενίσχυση της ποικιλότητας μέσω φυτεύσεων με τοπικά είδη. Η αξιοποίηση των πρακτικών αυτών μπορεί να οδηγήσει ακόμη και σε θετικές οικολογικές επιδράσεις, λειτουργώντας αντισταθμιστικά για παλαιότερες παρεμβάσεις στην περιοχή (Diamond, 2023).

Οι βέλτιστες πρακτικές που εξετάστηκαν εστιάζουν τόσο στον σχεδιασμό όσο και στην εφαρμογή του έργου και περιλαμβάνουν τεχνικές, διοικητικές και κοινωνικές παραμέτρους. Η εκπόνηση αναλυτικών οικολογικών μελετών προ της υλοποίησης, η επιλογή τεχνολογιών φιλικών προς το περιβάλλον, η εφαρμογή μέτρων αποτροπής συγκρούσεων, η χρονική κατανομή των επεμβάσεων, η εκπαίδευση του προσωπικού και η συνεργασία με

επιστημονικούς και κοινωνικούς φορείς συγκροτούν ένα ολοκληρωμένο πλέγμα πρακτικών που ενισχύουν την αποτελεσματικότητα των περιβαλλοντικών μέτρων και την κοινωνική αποδοχή του έργου.

Η πρόβλεψη δράσεων για τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα του έργου είναι επίσης αναγκαία, ώστε να εξασφαλιστεί η διατήρηση της οικολογικής σταθερότητας πέρα από τον χρονικό ορίζοντα ζωής του ίδιου του έργου. Οι δράσεις αυτές περιλαμβάνουν τον σχεδιασμό συστήματος παρακολούθησης και διαχείρισης, την πρόβλεψη ταμειακής υποστήριξης για δράσεις αποκατάστασης, την ενεργό συμμετοχή της τοπικής κοινωνίας, την ανάπτυξη ερευνητικών και εκπαιδευτικών πρωτοβουλιών και την κατάρτιση σχεδίου αποκατάστασης μετά το τέλος λειτουργίας του πάρκου. Μέσω αυτών των ενεργειών το έργο αποκτά χαρακτήρα συνεργατικό, οικολογικά ευαίσθητο και κοινωνικά ενταγμένο (Heinonen, 2024).

Η εμπειρία από την παρούσα μελέτη υποδεικνύει ότι η ισόρροπη συμβίωση έργων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας με τη φύση είναι εφικτή, αρκεί να βασίζεται σε επιστημονικά τεκμηριωμένο σχεδιασμό, διαρκή παρακολούθηση, κοινωνική συμμετοχή και διάθεση για συνεχή προσαρμογή. Η εφαρμογή της Οδηγίας για τους Οικοτόπους και της Οδηγίας για τα Πτηνά δεν αποτελεί εμπόδιο για την πράσινη ενέργεια, αλλά εργαλείο διασφάλισης ότι η ενεργειακή μετάβαση δεν θα συνοδεύεται από περιβαλλοντική απώλεια (Lytopoulos & Xydis, 2025).

Η ανάπτυξη φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων εντός ή πλησίον περιοχών του δικτύου NATURA 2000 αποτελεί ζήτημα αυξανόμενου επιστημονικού και πολιτικού ενδιαφέροντος, καθώς συνδυάζει δύο βασικούς άξονες της

ευρωπαϊκής περιβαλλοντικής στρατηγικής: την προώθηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) και την προστασία της βιοποικιλότητας. Η περίπτωση της ΖΕΠ GR1420013 στον Τύρναβο είναι χαρακτηριστική των σύγχρονων προκλήσεων που αφορούν τον χωρικό σχεδιασμό έργων ΑΠΕ σε περιοχές υψηλής οικολογικής αξίας.

Από τη μια πλευρά, η ενεργειακή μετάβαση προς τη βιωσιμότητα απαιτεί την ταχεία υλοποίηση έργων καθαρής ενέργειας (IRENA, 2020). Από την άλλη, οι περιοχές NATURA 2000, όπως και η προκείμενη ΖΕΠ, φιλοξενούν ευαίσθητα και συχνά απειλούμενα είδη, όπως το κερκινέζι (*Falco naumanni*), τα οποία εξαρτώνται από τη διατήρηση συγκεκριμένων ενδιαιτημάτων. Η επιτυχής συνύπαρξη έργων ΑΠΕ και ειδών-στόχων διατήρησης είναι εφικτή, εφόσον ακολουθηθούν αυστηρές διαδικασίες περιβαλλοντικής αξιολόγησης, όπως η Ειδική Οικολογική Αξιολόγηση (ΕΟΑ) (European Commission, 2021).

Η εμπειρία δείχνει ότι κατάλληλα σχεδιασμένα έργα φωτοβολταϊκών με ελαχιστοποίηση των παρεμβάσεων στο έδαφος, διατήρηση φυσικής βλάστησης, και δημιουργία ουδέτερων ζωνών μπορούν όχι μόνο να περιορίσουν τις αρνητικές επιπτώσεις αλλά και να προσφέρουν ευκαιρίες για διατήρηση της βιοποικιλότητας (Zapłata & Dullau, 2022). Επιπλέον, η διατήρηση μωσαϊκού χρήσεων γης και παραδοσιακών γεωργικών πρακτικών εντός των ΖΕΠ αποτελεί κρίσιμη προϋπόθεση για την επιβίωση του *Falco naumanni* (Niekerk, 2016).

Συνεπώς, η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σε περιοχές NATURA απαιτεί όχι μόνο τεχνική αρτιότητα, αλλά και οικολογική ευαισθησία, τεκμηριωμένο σχεδιασμό και συνεχή παρακολούθηση των επιπτώσεων.

8. Προτάσεις

Με βάση τα παραπάνω, προτείνεται:

- Η εφαρμογή αυστηρών κριτηρίων οικολογικής αξιολόγησης πριν από την τελική χωροθέτηση του έργου.
- Η δέσμευση για μη επέμβαση σε κρίσιμους οικοτόπους και η τήρηση χρονοδιαγραμμάτων εργασιών που λαμβάνουν υπόψη την αναπαραγωγική περίοδο της πανίδας.
- Η θεσμοθέτηση περιβαλλοντικού επιτηρητή και η διαρκής ενημέρωση των αρχών για την πορεία εφαρμογής των μέτρων.
- Η πρόβλεψη ευέλικτου σχεδίου λειτουργίας που να μπορεί να τροποποιηθεί βάσει των αποτελεσμάτων της περιβαλλοντικής παρακολούθησης.
- Η ενίσχυση της τοπικής συμμετοχής και η δημιουργία μηχανισμών συνδιαχείρισης με κοινωνικούς και επιστημονικούς φορείς.
- Η κατάρτιση σχεδίου απόσυρσης του έργου και αποκατάστασης της περιοχής μετά το τέλος της λειτουργικής ζωής του.

Η επιτυχής υλοποίηση τέτοιων προτάσεων διαμορφώνει ένα πρότυπο ανάπτυξης που δεν υποτάσσει τη φύση στις ανάγκες της ενέργειας, αλλά ενσωματώνει την ενέργεια στη δυναμική της φύσης. Με τον τρόπο αυτό, τα φωτοβολταϊκά έργα μπορούν να εξελιχθούν από πηγή πίεσης σε μέσο ενεργειακής μετάβασης που σέβεται και ενισχύει την οικολογική ακεραιότητα των ευρωπαϊκών προστατευόμενων περιοχών.

Βιβλιογραφία

- Almeida, S. M., Gonsioroski, G., Marques, N. C. S., et al. (2025). "Together is better": the contribution of academy, citizen science and gray literature for the knowledge of the urban avifauna of a megadiverse easternmost Amazonian. *Ornithology*.
- Angelelli, I., Codato, D., Pappalardo, S. E., et al. (2025). Developing a Methodology for Assessing Visual and Environmental Sensitivity for Agrivoltaics Land Suitability Projects: The Case Study of Viterbo Province (Italy). *International Journal of Geo*.
- Badelt, O., Wiehe, J., & von Haaren, C. (2023). Harnessing energy abundance: sustainable expansion of ground mounted PV in Lower Saxony through harmonized spatial planning. *ResearchSquare*.
- Badelt, O., Wiehe, J., & von Haaren, C. (2025). Harnessing energy abundance: sustainable expansion of solar parks in Lower Saxony through harmonized spatial planning. *Energy, Sustainability and Society*.
- Bétard, F. (2013). Patch-scale relationships between geodiversity and biodiversity in hard rock quarries: case study from a disused quartzite quarry in NW France. *Geoheritage*.
- Bolonio, L., Moreno, E., La Calle, A., & Montelío, E. (2024). *Renewable energy acceleration endangers a protected species: Better stop to light a torch than run in the dark. Environmental Impact Assessment Review*. Elsevier. DOI: 10.1016/j.eiar.2024.107432

- Borges, S. H., Cornelius, C., Ribas, C., & Aleixo, A. (2016). What is the avifauna of Amazonian white-sand vegetation? *Bird Conservation International*. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0959270915000052>
- Broughton, E. K. (2011). A framework for coherent decision-making in environmental impact assessments in the energy sector of South Africa. ProQuest.
- Calì, R. T., Ferrara, F., & Zagaglia, G. (2021). *Designing a landscape to promote biodiversity in a solar park*. Politecnico di Milano.
- CSPVPV Solar. (2022). *Biodiversity impact assessment – Carolus Solar Photo-Voltaic (PV) Solar Energy Facility, Pixley ka Seme District Municipality, Northern Cape Province*. SavannahSA.
- Diamond, M. (2023). *200MW Lion Thorn Photovoltaic Solar Energy Facility & Electrical Grid Infrastructure Project*. SAHRIS.
- Diamond, M. (2023). *Lethabo Photovoltaic Solar Energy Facility 132kV Power Line Grid Connection*. SAHRIS.
- Dugan, J. E., Airoidi, L., Chapman, M. G., Walker, S. J., et al. (2011). *Estuarine and coastal structures: environmental effects, a focus on shore and nearshore structures*. Treatise on Estuarine and Coastal Science.
- Fonderflick, J., Caplat, P., Lovaty, F., & Thévenot, M. (2010). *Avifauna trends following changes in a Mediterranean upland pastoral system*. Agriculture, Ecosystems & Environment.

- Froneman, A., van Rooyen, C., McEwan, K., & Systems. (2021). *Biodiversity and ecology*. SAHRIS.
- FSPVPV Solar. (2022). *Biodiversity impact assessment – Fountain Solar Photo-Voltaic (PV) Solar Energy Facility, Pixley ka Seme District Municipality, Northern Cape Province*. SAHRIS.
- Gardner, T. (2010). *Monitoring forest biodiversity: improving conservation through ecologically-responsible management*. Earthscan.
- Gariboldi, E., et al. (2012). *Effectiveness of the Italian national protected areas system in conservation of farmland birds: a gap analysis*. Academia.edu.
- Gazos, K., & Vagiona, D. G. (2024). Marine suitability assessment for offshore wind farms' deployment in Thrace, Greece. *Sustainability*, 16(10), 4204.
- Gigante, D., Angelucci, S., Bonini, F., Caruso, F., Di Cecco, V., et al. (2024). Seminatural grasslands: An emblematic challenge for nature conservation in protected areas. *Land*.
- Goddard, M. A., Dougill, A. J., & Benton, T. G. (2010). Scaling up from gardens: biodiversity conservation in urban environments. *Trends in Ecology & Evolution*.
- Golawski, A., Mitrus, C., & Jankowiak, Ł. (2025). *Increased bird diversity around small-scale solar energy plants in agricultural landscape. Agriculture, Ecosystems & Environment*. Elsevier. DOI: 10.1016/j.agee.2024.109361

- Graff, B. J. (2015). An assessment of direct mortality to avifauna from wind energy facilities in North Dakota and South Dakota. *Tethys*.
- Guerin, T. (2017). *A case study identifying and mitigating the environmental and community impacts from construction of a utility-scale solar photovoltaic power plant in eastern Australia*. Solar Energy, Elsevier.
- Heinonen, A. (2024). *Gone with the wind?: A life-cycle biodiversity impact assessment of a Finnish wind farm*. LUT University.
- Htay, T., Htoo, K. K., Røskoft, E., Ringsby, T. H., et al. (2024). Environmental Factors Affecting Spatio-Temporal Distribution of Crop-Exploiting Species: Implications for Coexistence Between Agricultural Production and Avifauna. *Environmental*.
- Jeal, C., Perold, V., Ralston-Paton, S., & Ryan, P. G. (2019). Impacts of a concentrated solar power trough facility on birds and other wildlife in South Africa. *Ostrich*.
- Jung, M., Alagador, D., Chapman, M., et al. (2024). An assessment of the state of conservation planning in Europe. *Journal of the Royal Society*.
- Karamountzou, S., & Vagiona, D. G. (2023). Suitability and sustainability assessment of existing onshore wind farms in Greece. *Sustainability*.
- Karner, K., Weber, N., Asbäck, Y., Getzner, M., & Schönhart, M. (2024). Analyse der Auswirkungen von Photovoltaikanlagen auf Biodiversität unter Berücksichtigung der vielfältigen naturräumlichen Standortvoraussetzungen in Österreich. TU Wien.

- Kemp, M. R., Nat, P. S., & Engelbrecht, D. (2021). *Lichtenburg PV Solar Park Projects*. SAHRIS.
- Krishna, P. V. (2016). Avifaunal diversity of Wyra and Paler R Khammam District, Telangana, India. *Academia.edu*.
- L Municipality, T. L Municipality, & E. I. Assessment. (2022). *Project information*. SAHRIS.
- Lark, R. (2020). *Avifaunal specialist report*. SAHRIS.
- Lee, A. T. K. (2024). *Climate Change Impacts on Fynbos Endemic Birds: Spatial and temporal patterns of abundance and dispersal of Fynbos avifauna*. Blue Hill Escape.
- Lytopoulos, F., & Xydis, G. (2025). Harnessing water for solar power: Economic and environmental insights from floating photovoltaic systems in Greece and in Cyprus. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 47(1), 5654-5674.
- Macchi, L., Grau, H. R., Zelaya, P. V., & Marinaro, S. (2013). Trade-offs between land use intensity and avian biodiversity in the dry Chaco of Argentina: A tale of two gradients. *Agriculture, Ecosystems & Environment*.
- Maroga, R. (2021). *Site sensitivity verification report for the proposed Ilikwa Solar PV Facility*. SAHRIS.
- Maroga, R. (2021). *Site sensitivity verification report for the proposed grid connection*. SAHRIS.

- Mentzafou, A., Dimitriou, E., Karaouzas, I., & Zogaris, S. (2025). Impact Assessment of Floating Photovoltaic Systems on the Water Quality of Kremasta Lake, Greece. *Hydrology*.
- Niekerk, J. van (2016). An avifaunal assessment for the Kloofsig 2 phase of the proposed Kloofsig Solar PV Energy Facility on the Farm Kalk Poort RE/18, Hopetown, Northern Cape.
- Niekerk, J. van (2016). Avifaunal scoping report for the proposed 150 MW Noupoot Concentrated Solar Power Facility, Northern Cape.
- Niekerk, J. van (2016). Environmental Impact Assessment for the proposed construction of the 150 MW Sol Invictus 3 photovoltaic facility near Aggeneis in the Northern Cape.
- Nikolov, S. C. (2010). Effects of land abandonment and changing habitat structure on avian assemblages in upland pastures of Bulgaria. *Bird Conservation International*.
- No, S. (2011). Environmental Impact Assessment of the National Large Solar Telescope Project and its ecological impact in Merak area. *ResearchGate*.
- Ortega-Álvarez, R., & MacGregor-Fors, I. (2011). Dusting-off the file: A review of knowledge on urban ornithology in Latin America. *Landscape and Urban Planning*.
- P. S. D., & Virani, R. S. (2024). *Impact assessment of avifauna from the selected lakes around Adani thermal power station in Gondia district, MS, India*. *ResearchGate*.

- Patsianidi, H. (2023). Environmental Impact Assessment of Child-friendly open urban spaces. Case study: An open urban child-friendly public space in the area of “Lathea A” building block 1413 of Municipality of Acharnes in Greece.
- Porichis, D. (2023). ENERGY ISLANDS-A CASE STUDY IN GREECE.
- PV Blomspruit Solar, & W Cape. (2024). *Terrestrial biodiversity impact assessment report for the proposed Blomspruit Solar PV Facility, Free State Province*. Enviroworks.
- PV Rietgat Solar, & W Cape. (2024). *Terrestrial ecological impact assessment report for the proposed Rietgat Solar PV Facility, Free State Province*. Enviroworks.
- PV Sunveld Solar, & BWC Province. (2024). *Avifaunal impact assessment*. Cape-EAPrac.
- Reis, E., López-Iborra, G. M., & Pinheiro, R. T. (2012). Changes in bird species richness through different levels of urbanization: Implications for biodiversity conservation and garden design in Central Brazil. *Landscape and Urban Planning*.
- Roller, L. (2019). *Avifaunal specialist impact assessment report*. SAHRIS.
- Rooyen, C. van, & Froneman, A. (2012). Solar Park Integration Project. Zitholele Consulting.
- Rudman, J. (2017). *Investigating the direct environmental impacts of emerging solar power and shale gas developments in two arid biomes of South Africa*. Stellenbosch University.

- Sarika, M. A., Christopoulou, A. N., Zervou, S. D., & Zikos, A. C. (2018). Vegetation units of wetland and terrestrial habitats: the case study of Spercheios River and Maliakos Gulf (Sterea Ellas, Greece), a Natura 2000 Site. *Hacquetia*.
- Schindler, S., O'Neill, F. H., Biró, M., Damm, C., et al. (2016). Multifunctional floodplain management and biodiversity effects: a knowledge synthesis for six European countries. *Biodiversity and Conservation*.
- SD, P., & Virani, R. S. (2016). Impact assessment of avifauna from the selected lakes around Adani thermal power station in Gondia district, MS, India. *ResearchGate*.
- Sogah, S. G. (2012). The effects of differences in agro-ecosystems on the diversity and distribution of avifauna in selected areas in the Eastern Region of Ghana.
- Soulopoulou, P., Padilla, A., Marco Molina, J. A., & Damos, P. (2022). Relation between Climate, Agricultural Land Cover and Bird Richness in a Mediterranean Natura 2000 Wetland.
- Steyn, C. (2021). *Biodiversity report as part of the environmental impact assessment and authorisation process for a 75 MW thermal power project*. SAHRIS.
- Tampakis, S., Tsantopoulos, G., Arabatzis, G., et al. (2013). Citizens' views on various forms of energy and their contribution to the environment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.

- Taylor, R., Conway, J., & Gabb, O. (2019). *Potential ecological impacts of ground-mounted photovoltaic solar panels*. BSG Ecology: Oxford.
- Van der Merwe, D., Hooton, C., Cloete, N., & Van Staden, S. (2021). *The environmental assessment and authorisation process for the development of the Scafell Cluster solar photovoltaic project*. SAHRIS.
- Van der Merwe, D., Hooton, C., Cloete, N., & Van Staden, S. (2021). *Environmental assessment as part of the environmental authorisation process for the development of the Scafell Cluster, Solar Photovoltaic project*. SAHRIS.
- Van Heerden, H. P. (2020). *Avian impact of South Africa's first concentrating solar power tower facility in the Northern Cape*. Stellenbosch University.
- Van Staden, S. (2021). *Avifaunal assessment as part of the environmental impact assessment process for proposed solar photovoltaic (PV) projects*. SAHRIS.
- Visser, E. (2016). The impact of South Africa's largest photovoltaic solar energy facility on birds in the Northern Cape, South Africa. *Open.uct.ac.za*.
- Walz, U. (2011). Landscape structure, landscape metrics and biodiversity. Living Reviews in Landscape Research.
- Yuzyk, A. V. (2024). *Global insights on the impact of solar power plants on bird populations*. HNPU.
- Zaplata, M. K., & Dullau, S. (2022). *Applying ecological succession theory to birds in solar parks: An approach to address protection and planning*. Land, MDPI.

Groombridge, Jim J.; Jones, Carl; Bayes, Michelle K.; van Zyl, Anthony J.; Carrillo, José; Nichols, Richard A.; Bruford, Michael W. (2002). "A molecular phylogeny of African kestrels with reference to divergence across the Indian Ocean". *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 25 (2): 267–277.

BirdLife International (2021). "*Falco naumanni*". IUCN Red List of Threatened Species. 2021: e.T22696357A205768513. doi:10.2305/IUCN.UK.2021-