

Χ. Τουρκολιάς και **Δ. Διακουλάκη**, Εργαστήριο Βιομηχανικής και Ενεργειακής Οικονομίας ΕΜΠ, Ελλάδα

Σ. Μοιρασγεντής, Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης ΕΑΑ, Ελλάδα

Δ. Δαμίγος, Εργαστήριο Μεταλλευτικής Τεχνολογίας και Περιβαλλοντικής Μεταλλευτικής ΕΜΠ, Ελλάδα

Ανάλυση κόστους - οφέλους σεναρίων ηλεκτροπαραγωγής για το 2020

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή εξετάζονται και αξιολογούνται διαφορετικά σενάρια για την επέκταση του ηλεκτρικού συστήματος της Ελλάδας μέχρι το 2020. Τα σενάρια έχουν διαμορφωθεί έτσι ώστε να διερευνηθεί ο βαθμός κατά τον οποίο καλύπτονται οι στόχοι της ΕΕ για το μερίδιο των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή και κατ' επέκταση στο σύνολο της ενεργειακής κατανάλωσης.

Η αξιολόγηση στηρίζεται στη μεθοδολογία της Ανάλυσης Κόστους - Οφέλους αξιοποιώντας εκτιμήσεις του κοινωνικού κόστους βασικών τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής που έχουν προκύψει από πρόσφατες ερευνητικές προσπάθειες.

Τα αποτελέσματα δείχνουν τη σημαντική υπεροχή των σεναρίων που υποθέτουν σημαντική διεύρυνση ΑΠΕ. Ειδικότερα προκύπτει ότι η ανάπτυξη των ΑΠΕ στην Ελλάδα αποτελεί μία ελκυστική προοπτική, ιδιαίτερα αν ληφθεί υπόψη η σταδιακή ενσωμάτωση του εξωτερικού κόστους της κλιματικής μεταβολής στο μηχανισμό της αγοράς και τα οφέλη από την αύξηση της απασχόλησης επενδύσεων έργων ΑΠΕ.

1 | ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στην ηλεκτροπαραγωγή αποτελεί σταθερή επιδίωξη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) καθώς εξυπηρετεί και τους 3 στόχους της ενεργειακής της στρατηγικής:

- α)** την αειφορία του ενεργειακού συστήματος και την καταπολέμηση της κλιματικής μεταβολής,
- β)** την ενίσχυση της ασφάλειας της ενεργειακής τροφοδοσίας, και
- γ)** την αποδοτική λειτουργία της εσωτερικής αγοράς ενέργειας.

Η ενεργειακή αυτή στρατηγική αποτυπώνεται στην απόφαση του Συμβουλίου Αρχηγών των κρατών μελών της ΕΕ το 2007 (EC, 2007), ενώ το 2008 η απόφαση αυτή εξειδικεύεται με ένα πακέτο Κοινωνικών Οδηγιών και Αποφάσεων όπου προσδιορίζονται συγκεκριμένες υποχρεώσεις για τα Κράτη - Μέλη. Ειδικότερα, σύμφωνα με το σύστημα κατανομής βαρών ο στόχος του 20% συμμετοχής των ΑΠΕ στο σύνολο της Ακαθάριστης Εγχώριας Ενεργειακής Κατανάλωσης για το 2020 εξειδικεύεται για την Ελλάδα στο 18%, το οποίο με απόφαση της Ελληνικής Κυβέρνησης αυξήθηκε στο 20%.

Από τη μέχρι σήμερα εξέλιξη της διεύρυνσης των ΑΠΕ στα ηλεκτρικά συστήματα των χωρών μελών της ΕΕ, γίνεται φανερό ότι μία μεγάλης κλίμακας διεύρυνση των σχετικών τεχνολογιών δεν προκύπτει αυθόρμητα από τις δυνάμεις της αγοράς.

Και αυτό γιατί το ιδιωτικό κόστος των ΑΠΕ είναι κατά κανόνα υψηλότερο από εκείνο των συμβατικών μορφών ενέργειας.

Όμως, αν στο ιδιωτικό κόστος προστεθεί το εξωτερικό κόστος, δηλαδή το κόστος των επιπτώσεων από την παραγωγή ενέργειας στην ανθρώπινη υγεία, το φυσικό περιβάλλον και γενικότερα στην ανθρώπινη ευημερία, προκύπτει το κοινωνικό κόστος της ενέργειας το οποίο μεταβάλλει σημαντικά την κοινωνική ελκυστικότητα των διαφόρων ενεργειακών μορφών και τεχνολογιών.

Οι πρώτες εκτιμήσεις των εξωτερικών οικονομιών της ενέργειας επικεντρώνονται στον υπολογισμό του περιβαλλοντικού εξωτερικού κόστους και χρονολογούνται από τα τέλη της δεκαετίας του '80. Μία συστηματική ερευνητική προσπάθεια στο πεδίο αυτό αρχίζει το 1992, όταν η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προωθεί το πρόγραμμα ExternE, με στόχο την ανάπτυξη ενός συνεπούς μεθοδολογικού πλαισίου αποτίμησης του εξωτερικού κόστους της ηλεκτροπαραγωγής και την εφαρμογή του σε όλα τα κράτη μέλη, με έμφαση και πάλι στο περιβαλλοντικό εξωτερικό κόστος.

Σήμερα, έχει ευρύτερα αναγνωρισθεί ότι ο ενεργειακός σχεδιασμός και η διαμόρφωση των πολιτικών θα πρέπει να στηρίζεται στη θεώρηση του κοινωνικού κόστους, με απώτερο στόχο την πλήρη ενσωμάτωση του εξωτερικού κόστους της ενέργειας στο μηχανισμό της αγοράς.

Τα πρώτα αποτελέσματα του προγράμματος ExternE έχουν ήδη ευρύτατα αξιοποιηθεί στην αξιολόγηση πολιτικών και την έκδοση σχετικών Οδηγιών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ιδιαίτερα

αυτών που αναφέρονται στην ποιότητα της ατμόσφαιρας. Ενδεικτικά αναφέρονται η Οδηγία 1999/30/EC για σωματίδια, NO₂, SO₂ και μόλυβδο, η Οδηγία 2000/76/EC για τα εθνικά ανώτατα όρια εκπομπών SO₂, NO_x, VOC και NH₃ στις χώρες της ΕΕ για το 2010, η Οδηγία 2001/80/EC για Μεγάλες Εγκαταστάσεις Καύσης κλπ. Παράλληλα, αρχίζει πιο συστηματικά η έρευνα για την αποτίμηση και άλλων συνιστωσών κοινωνικού κόστους ή οφέλους από την παραγωγή ενέργειας, και ιδιαίτερα εκείνων που σχετίζονται με την αύξηση της απασχόλησης και την ασφάλεια της ενεργειακής τροφοδοσίας.

Στην εργασία αυτή αξιοποιούνται οι νεότερες εκτιμήσεις κοινωνικού κόστους (δηλ. του αθροίσματος ιδιωτικοοικονομικού και εξωτερικού κόστους) για τη συγκριτική αξιολόγηση εναλλακτικών σεναρίων επέκτασης του ηλεκτρικού συστήματος της Ελλάδας μέχρι το 2020. Ειδικότερα, συγκρίνεται ένα Σενάριο Αναφοράς με σενάρια ανάπτυξης των ΑΠΕ που διασφαλίζουν την επίτευξη των στόχων που τίθενται με το ενεργειακό και κλιματικό πακέτο για το 2020 και εφαρμόζεται Ανάλυση Κόστους - Οφέλους με βάση τις πρόσθετες επενδύσεις και τα επιτυγχανόμενα κοινωνικά οφέλη που προκύπτουν σε κάθε περίπτωση. Ιδιαίτερη σημασία δίνεται στην αποτίμηση του οφέλους από την αύξηση της απασχόλησης, έτσι ώστε να συνεκτιμηθεί άλλη μια κρίσιμη συνιστώσα για μια πιο ολοκληρωμένη ανάλυση των κοινωνικοοικονομικών επιπτώσεων της ηλεκτροπαραγωγής.

2 | ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

2.1 Αποτίμηση επιπτώσεων ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Ο προσδιορισμός του εξωτερικού κόστους των επιπτώσεων από την ατμοσφαιρική ρύπανση πραγματοποιείται με βάση τη μεθοδολογία, η οποία αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος ExternE και βασίζεται στη μέθοδο της Συνάρτησης Ζημίας - ΣΖ (Impact Pathway Approach).

Η προτεινόμενη μέθοδος αποτελεί μία σειριακή διαδικασία ανάλυσης κατά την οποία οι εκπομπές ή άλλα φορτία ή οχλήσεις διαχέονται στο περιβάλλον και οδηγούν σε περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Για τη διευκόλυνση της προτεινόμενης υπολογιστικής διαδικασίας η μέθοδος έχει ενσωματωθεί στο υπολογιστικό εργαλείο EcoSense. Ο υπολογισμός των προκαλούμενων επιπτώσεων και των συνεπαγόμενων ζημιών ή ωφελειών από τη λειτουργία μιας μονάδας ηλεκτροπαραγωγής υπολογίζονται σε οριακή βάση, για κάθε δηλαδή πρόσθετη μονάδα παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, παίρνοντας σε κάθε περίπτωση υπόψη τη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία και το περιβάλλον αναφοράς, δηλαδή το είδος, το πλήθος και τη γεωγραφική διασπορά των αποδεκτών.

Περισσότερες πληροφορίες για τη μεθοδολογία και τα στάδια της υπολογιστικής διαδικασίας μπορούν να αναζητηθούν σε μελέτες του προγράμματος ExternE (EC, 1998 and 2005) και σε σχετικές εργασίες εφαρμογής (Diakoulaki et al., 2007).

2.2 Αποτίμηση επιπτώσεων κλιματικής αλλαγής

Η αποτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής παρουσιάζει σημαντικές μεθοδολογικές δυσκολίες, και κανείς θα πρέπει να λάβει υπόψη το σημαντικό αριθμό δραστηριοτήτων και τομέων της οικονομίας που επηρεάζονται από το φαινόμενο, το μακροπρόθεσμο χαρακτήρα των επιπτώσεων αυτών, αλλά και τις δυνατότητες προσαρμογής των αποδεκτών αφού οι κλιματικές αλλαγές αναμένεται να εξελιχθούν προοδευτικά σε βάθος χρόνου.

Στο πλαίσιο του προγράμματος ExternE για την αποτίμηση των εξωτερικών οικονομικών της κλιματικής αλλαγής υιοθετούνται δύο εναλλακτικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις.

Η **πρώτη** χρησιμοποιεί αναλυτικά υπολογιστικά εργαλεία προκειμένου να προσδιορίσει το οικονομικό κόστος των κλιματικών αλλαγών, και ισούται με την καθαρή παρούσα αξία των διαφορών της οικονομικής αξίας των επιπτώσεων που προκαλούνται από την αύξηση των εκπομπών CO₂ ανηγμένη ανά t εκπεμπόμενου CO₂.

Η **δεύτερη** προσέγγιση αξιοποιεί μεθόδους Αποτρεπτικής Συμπεριφοράς, Κόστους Αποφυγής και Εξαρτημένης Αξιολόγησης προκειμένου να εξαγάγει συμπεράσματα σχετικά με τις ατομικές προτιμήσεις για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την αποφυγή των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Η τιμή εξωτερικού κόστους που χρησιμοποιείται είναι ίση με 19 €/tn CO₂ και προήλθε από την εφαρμογή της μεθόδου του Κόστους Αποφυγής (EC, 1998 and 2005)..

2.2 Αποτίμηση επιπτώσεων κλιματικής αλλαγής

Οι δραστηριότητες που αναλαμβάνονται και τα έργα που υλοποιούνται στον τομέα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συμβάλουν στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και επομένως στη μείωση της ανεργίας. **Επομένως, η εγκατάσταση μιας νέας μονάδας ηλεκτροπαραγωγής δημιουργεί:**

- **Άμεση απασχόληση (direct employment), ως απόρροια των εργασιών κατασκευής της μονάδας και των λοιπών απαραίτητων υποδομών, εξόρυξης και παραγωγής του καυσίμου, μεταφοράς του καυσίμου, λειτουργίας της μονάδας, διαχείρισης των αποβλήτων, κλπ.**
- **Έμμεση απασχόληση (indirect employment), λόγω της αύξησης της δραστηριότητας και του κύκλου εργασιών σε άλλους κλάδους της οικονομίας, εξαιτίας των δαπανών και των εργασιών που υλοποιούνται κατά την εγκατάσταση/λειτουργία της εν λόγω μονάδας ηλεκτροπαραγωγής.**
- **Συνεπαγόμενη απασχόληση (induced employment), λόγω της αύξησης του διαθέσιμου εισοδήματος που θα προκύψει από την προαναφερθείσα άμεση και έμμεση αύξηση της οικονομικής δραστηριότητας, ένα μέρος του οποίου θα επανεπενδυθεί για την αγορά αγαθών και υπηρεσιών αυξάνοντας με τον τρόπο αυτό την απασχόληση σε άλλους κλάδους της οικονομίας.**

Η εκτίμηση της άμεσης απασχόλησης ανά στάδιο των εξεταζόμενων ενεργειακών κύκλων έγινε χρησιμοποιώντας τεχνικές που βασίζονται στην ανάλυση Προσφοράς. Με βάση τις τεχνικές αυτές η εκτίμηση της απασχόλησης που δημιουργείται από την υλοποίηση μιας επένδυσης γίνεται στη βάση άντλησης πληροφοριών από παρεμφερείς δραστηριότητες αποτελώντας μια διαδικασία μεθοδολογικά ευκολότερη να πραγματοποιηθεί, η οποία όμως απαιτεί τη συγκέντρωση μεγάλου όγκου πληροφοριών και στατιστικών στοιχείων όσον αφορά τον αριθμό και τα χαρακτηριστικά των εργαζομένων στις διάφορες παραγωγικές και υποστηρικτικές δραστηριότητες (OECD, 1997).

Μία από τις μεθοδολογικές προσεγγίσεις που προτείνονται διεθνώς για τη εκτίμηση των έμμεσων και συνεπαγόμενων επιπτώσεων στην απασχόληση από διάφορες οικονομικές δραστηριότητες και η οποία χρησιμοποιείται στο πλαίσιο της παρούσας ανάλυσης είναι η ανάλυση μέσω Πινάκων Εισροών - Εκροών (input - output tables) και κατάλληλων πολλαπλασιαστών απασχόλησης (employment multipliers), η οποία ανήκει στην κατηγορία τεχνικών ανάλυσης της Ζήτησης (Leontief, 1966).

Συγκεκριμένα, με βάση τους πίνακες εισροών - εκροών είναι δυνατόν να εκτιμηθεί πώς η συνολική αξία των παραγόμενων προϊόντων από μία ενεργειακή επένδυση επηρεάζει την οικονομική δραστηριότητα σε όλους τους άλλους τομείς της οικονομίας (Οικονομίδης, 2007).

Για την περίπτωση των ΑΠΕ ο προσδιορισμός και της άμεσης απασχόλησης στηρίχθηκε στους Πίνακες Εισροών – Εκροών. Για την εφαρμογή του υφιστάμενου μεθοδολογικού πλαισίου χρησιμοποιήθηκαν οι Πίνακες Εισροών – Εκροών της Ελληνικής Οικονομίας του 2005.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η εκτίμηση της πιθανότητας η δημιουργία μίας νέας θέσης εργασίας στο πλαίσιο των εξεταζόμενων ενεργειακών επενδύσεων να καλυφθεί από κάποιο άνεργο (και άρα να προκύπτουν οφέλη από την αύξηση της απασχόλησης). Στην εφαρμογή του προτεινόμενου μεθοδολογικού πλαισίου (Tourkolias et al., 2009; Tourkolias, 2010) η εκτίμηση της πιθανότητας παρουσίασε σημαντικές μεθοδολογικές δυσκολίες, και δεδομένης της απουσίας σχετικών αναλυτικών στατιστικών στοιχείων θεωρήθηκε ότι η τιμή της πιθανότητας εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της αγοράς εργασίας στην περιοχή που δημιουργείται μία νέα θέση εργασίας.

Έτσι αν η εν λόγω περιοχή χαρακτηρίζεται από χαμηλούς δείκτες ανεργίας (π.χ. 4-6% ή και χαμηλότερα) τότε θα μπορούσε κανείς να ισχυριστεί ότι τα επίπεδα αυτά συνιστούν ένα “φυσιολογικό” επίπεδο ανεργίας, προσεγγίζοντας τις υποθέσεις της νεοκλασικής οικονομικής θεωρίας και η καταγραφόμενη ανεργία δείχνει απλά τους εργαζόμενους που βρίσκονται σε φάση μετάβασης από τη μία εργασία σε άλλη. Στην περίπτωση αυτή θα μπορούσε να υιοθετηθεί ότι η πιθανότητα P η νέα θέση εργασίας να καλυφθεί από κάποιον άνεργο είναι μηδενική.

Αντίθετα, σε οικονομίες που χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερα υψηλούς δείκτες ανεργίας (π.χ. 25%), θεωρείται ότι η πιθανότητα η νέα θέση εργασίας που δημιουργείται να καλυφθεί από κάποιον άνεργο αγγίζει το 100% (ORNL and RFF, 1994).

Για την οικονομική αποτίμηση των ωφελειών από την αύξηση της απασχόλησης σε οικονομικούς όρους θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι εξής αρνητικές και θετικές συνιστώσες:

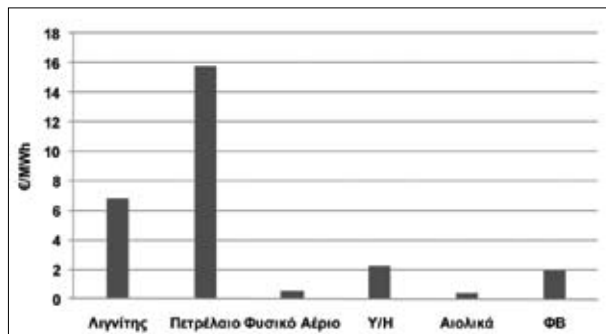
- *Η αύξηση του εισοδήματος εξαιτίας της ανεύρεσης μίας θέσης εργασίας.*
→ [ΘΕΤΙΚΗ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ]
- *Τυχόν επιδόματα ανεργίας που ο άνεργος λαμβάνει, εισοδήματα από άλλη μη καταγεγραμμένη απασχόληση που πλέον δεν μπορεί να ασκεί, κλπ.*
→ [ΑΡΝΗΤΙΚΗ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ]
- *Η αξία του ελεύθερου χρόνου που δεν έχουν πλέον τα άτομα που βρίσκουν εργασία.*
→ [ΑΡΝΗΤΙΚΗ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ]
- *Η αξία των πιθανών επιπτώσεων στην υγεία που προκαλούνται εξαιτίας της ψυχολογικής πίεσης που υφίστανται τα άτομα που πηλττονται από την ανεργία, και που πλέον εξαλείφονται.*
→ [ΘΕΤΙΚΗ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ]

3 ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΟΦΕΛΟΥΣ

3.1 Επιπτώσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Το εξωτερικό κόστος των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την ατμοσφαιρική ρύπανση, το οποίο υπολογίζεται από την εφαρμογή της μεθοδολογίας ΣΖ, διάφορων τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής παρουσιάζεται στο Σχήμα 1 (EC, 2008; Τουρκολιάς, 2010). Οι εκτιμήσεις αυτές εξωτερικού κόστους αναφέρονται σε αντιπροσωπευτικές μονάδες, από τις οποίες αναμένεται να προέρχεται η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια στο ελληνικό σύστημα έως το 2020. Πιο συγκεκριμένα, οι μονάδες της Μελίτη και του Λαυρίου V θεωρήθηκαν ως οι πλέον αντιπροσωπευτικές για τους ενεργειακούς κύκλους του λιγνίτη και του φυσικού αερίου, ενώ για τον αιολικό, φωτοβολταϊκό και υδραυλικό κύκλο χρησιμοποιήθηκαν τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά τυπικών μονάδων δυναμικότητας 10, 1 και 5 MW αντίστοιχα.

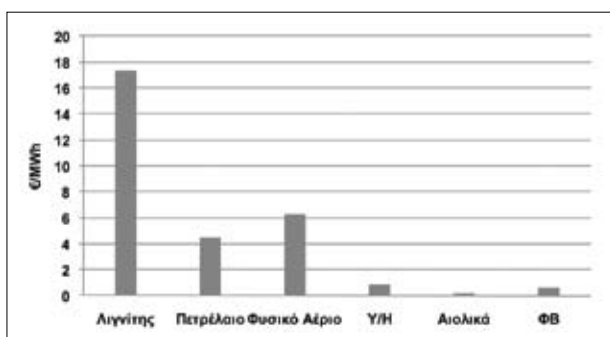
Συγκρίνοντας τις τιμές εξωτερικού κόστους περιβαλλοντικών επιπτώσεων οι ΑΠΕ εμφανίζουν χαμηλότερες εκτιμήσεις κόστους συγκριτικά με τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα με εξαίρεση τις μονάδες φυσικού αερίου, οι οποίες χαρακτηρίζονται από χαμηλότερο κόστος σε σχέση με τα υδροηλεκτρικά και τα φωτοβολταϊκά πάρκα όχι όμως και σε σχέση με τα αιολικά πάρκα.



Σχήμα 1 Εξωτερικό κόστος ατμοσφαιρικής ρύπανσης τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής

3.2 Επιπτώσεις κλιματικής αλλαγής

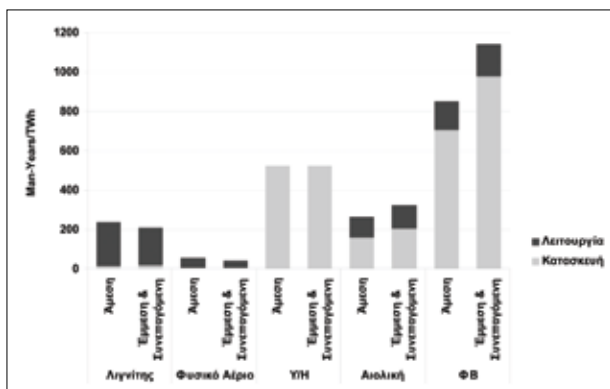
Οι τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίες χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα εμφανίζουν πολλαπλάσια υψηλότερο εξωτερικό κόστος επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής με βάση την προτεινόμενη τιμή των 19 €/tn CO₂ σε σχέση με τις ΑΠΕ, όπως διαπιστώνεται και στο **Σχήμα 2** (Τουρκολιάς, 2010). Να σημειωθεί ότι στην περίπτωση των ΑΠΕ η εκτίμηση στηρίχθηκε σε πλήρη ανάλυση κύκλου ζωής (EC, 2008).



Σχήμα 2 Εξωτερικό κόστος κλιματικής αλλαγής τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής

3.3 Οικονομική αποτίμηση ωφελειών

Η εφαρμογή του μεθοδολογικού πλαισίου που αναπτύχθηκε για την αποτίμηση των ωφελειών από την αύξηση της απασχόλησης από έργα στον τομέα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας οδήγησε αρχικά στον υπολογισμό της δημιουργούμενης απασχόλησης σε φυσικούς όρους (Τουρκολιάς et al., 2009; Τουρκολιάς, 2010). Για την περίπτωση των ΑΠΕ το μεθοδολογικό πλαίσιο τροποποιήθηκε διότι δεν υπήρχε κλάδος οικονομικής δραστηριότητας στους Πίνακες Εισροών – Εκροών για το έτος 2005, ο οποίος να αφορούσε στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, με αποτέλεσμα ο προσδιορισμός της δημιουργούμενης απασχόλησης σε φυσικούς όρους να πραγματοποιηθεί με τον επιμέρους υπολογισμό της απασχόλησης εκείνων των κλάδων που συντελούν στην υλοποίηση συγκεκριμένων επενδύσεων σε τεχνολογίες ΑΠΕ.

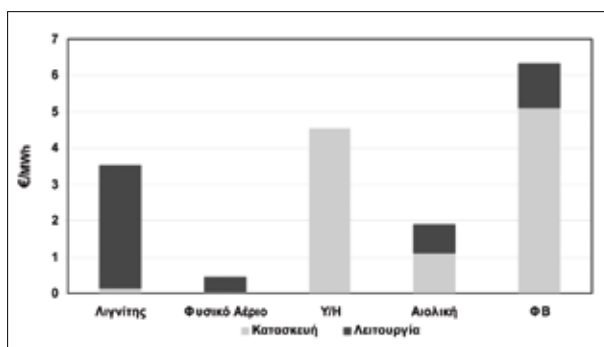


Σχήμα 3 Δημιουργούμενη απασχόληση τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής

Όπως παρουσιάζεται και στο **Σχήμα 3**, η συμβολή των ΑΠΕ στην αύξηση της απασχόλησης ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας

είναι πολύ υψηλότερη σε σχέση με τεχνολογίες που αξιοποιούν συμβατικά ορυκτά καύσιμα.

Η αύξηση της απασχόλησης οφείλεται κυρίως στη φάση της κατασκευής της μονάδας στην περίπτωση των ΑΠΕ, ενώ η έμμεση και συνεπαγόμενη απασχόληση είναι σε όλες τις τεχνολογίες που εξετάστηκαν της ίδιας τάξης μεγέθους με τη δημιουργούμενη άμεση απασχόληση υποδηλώνοντας ότι σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να αγνοείται κατά τον προσδιορισμό των ωφελειών από την αύξηση της απασχόλησης.



Σχήμα 4 Αξία δημιουργούμενης απασχόλησης τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής

Η συμβολή των ΑΠΕ στην αύξηση της απασχόλησης επιβεβαιώνεται και κατά την οικονομική αποτίμηση των ωφελειών της απασχόλησης (**Σχήμα 4**), όπου τα φωτοβολταϊκά και η υδροηλεκτρική ενέργεια εμφανίζουν υψηλότερη αξία σε σχέση με τον λιγνίτη και το φυσικό αέριο, ενώ η αιολική ενέργεια παρουσιάζει σχεδόν τριπλάσια αξία συγκριτικά με το φυσικό αέριο.

4 ΣΕΝΑΡΙΑ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

4.1 Παρουσίαση σεναρίων

Τα σεναρία για την εξέλιξη του ελληνικού τομέα ηλεκτροπαραγωγής προέκυψαν από το μοντέλο **ENPEP** (ΕΑΑ, 2008) και αυτά τα οποία επιλέχθηκαν για τη συγκριτική τους αξιολόγηση είναι τα ακόλουθα:

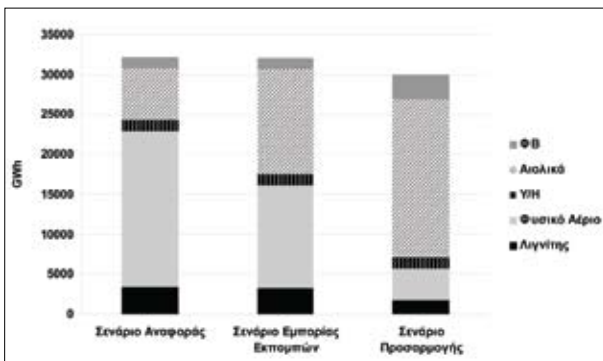
- ▶ **Σενάριο Αναφοράς**, το οποίο περιλαμβάνει τις τρέχουσες πολιτικές οι οποίες αναμένεται να υλοποιηθούν έως το 2020.
- ▶ **Σενάριο Εμπορίας Εκπομπών**, το οποίο υιοθετεί επιπρόσθετα την εφαρμογή του Συστήματος Εμπορίας Εκπομπών έτσι όπως τροποποιήθηκε για την περίοδο μετά το 2012.
- ▶ **Σενάριο Προσαρμογής**, το οποίο προϋποθέτει, επιπρόσθετα του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών, την υλοποίηση δράσεων έτσι ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι οι οποίοι έχουν τεθεί από την ΕΕ για το 2020 (20-20-20).

Η αξιολόγηση των σεναρίων αυτών πραγματοποιήθηκε με βάση την πρόσθετη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε σχέση με το 2007.

Η Από το **Σχήμα 5** παρατηρείται ότι το **Σενάριο Αναφοράς** εστιάζει κυρίως στην υψηλή διείσδυση φυσικού αερίου για την περίοδο μέχρι το 2020.

Στο **Σενάριο Εμπορίας Εκπομπών** η διείσδυση φυσικού αερίου μειώνεται, ενώ ταυτόχρονα προωθείται η περαιτέρω αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας, ενώ τα ποσοστά λιγνίτη και των υπόλοιπων ΑΠΕ παραμένουν αμετάβλητα.

Τέλος, στο **Σενάριο Προσαρμογής** η εκτεταμένη διείσδυση τόσο της αιολικής ενέργειας όσο και των υπόλοιπων ΑΠΕ αντικαθιστούν σε σημαντικό βαθμό τόσο τη χρήση φυσικού αερίου όσο και τη χρήση λιγνίτη. Επιπλέον, είναι σημαντικό να τονιστεί η μείωση της επιπρόσθετης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο τελευταίο σενάριο εξαιτίας της υιοθέτησης δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας.



Σχήμα 5 Πρώσθετη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σεναρίων σε σχέση με το 2007

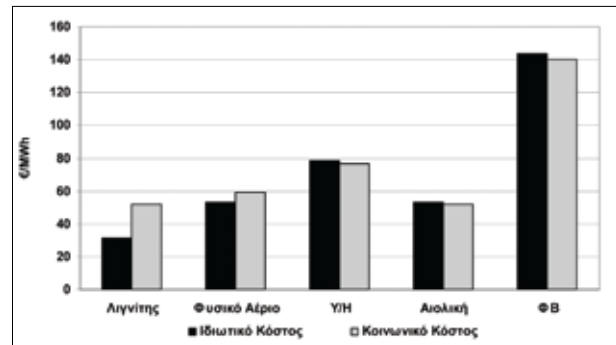
4.2 Ιδιωτικό και κοινωνικό κόστος

Η αξιολόγηση των σεναρίων πραγματοποιείται τόσο από την οπτική γωνία του ιδιώτη επενδυτή όσο και από την πλευρά της κοινωνίας για αντιπροσωπευτικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής του ελληνικού ηλεκτρικού συστήματος το 2020.

Στην πρώτη περίπτωση θα χρησιμοποιηθεί το ιδιωτικό κόστος, ενώ στην δεύτερη το κοινωνικό. Το ιδιωτικό κόστος θα εκφραστεί ως μέσο ετησιοποιημένο κόστος και οι βασικές του συνιστώσες θα περιλάβουν το κόστος καυσίμου, το κόστος λειτουργίας και συντήρησης και το κόστος επένδυσης (EC, 2008). Αντίστοιχα, και το κοινωνικό κόστος θα εκφραστεί ως μέσο ετησιοποιημένο κόστος και οι βασικές του συνιστώσες, εκτός από το ιδιωτικό κόστος, συμπεριλαμβάνουν το κόστος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, το κόστος της κλιματικής αλλαγής και το όφελος από την αύξηση της απασχόλησης. **Οι τιμές των συγκεκριμένων συνιστωσών αναλύονται στην Παράγραφο 3.**

Στο **Σχήμα 6** παρουσιάζονται οι υπολογισθείσες τιμές ιδιωτικού και κοινωνικού κόστους για τις βασικές τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής για την Ελλάδα. Παρατηρείται καταρχήν ότι το κοινωνικό κόστος όλων των ΑΠΕ είναι μικρότερο από το ιδιωτικό. Και αυτό γιατί έχουν αμελητέο κόστος ατμοσφαιρικής ρύπανσης και κλιματικής μεταβολής, ενώ είναι υψηλό το όφελος από την αύξηση της απασχόλησης. Αντίθετα, το κοινωνικό κόστος των συμβατικών καυσίμων είναι κατά 12%-67% υψηλότερο του ιδιωτικού. Προκύπτει ακόμη ότι οι τεχνολογίες αξιοποίησης των ΑΠΕ και ιδιαίτερα τα αιολικά συστήματα αν και το ιδιωτικό τους κόστος παραμένει ακόμη υψηλότερο από εκείνο των περισσό-

τερων συμβατικών μονάδων, εμφανίζονται ανταγωνιστικά σε όρους ιδιωτικού κόστους, ενώ οι διαφορές μικραίνουν ακόμα περισσότερο σε όρους κοινωνικού κόστους.

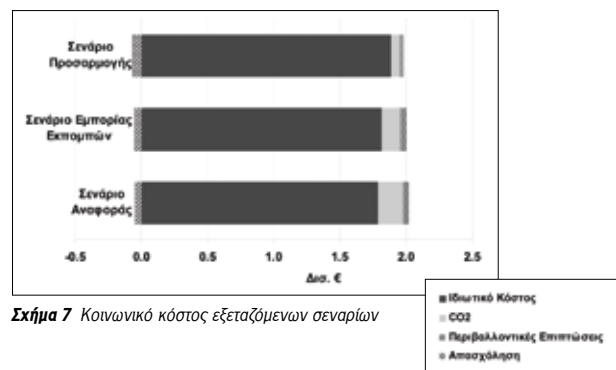


Σχήμα 6 Ιδιωτικό και κοινωνικό κόστος τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής

5 | ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Το συνολικό κοινωνικό κόστος τόσο του Σεναρίου Εμπορίας Εκπομπών όσο και του Σεναρίου Προσαρμογής μειώνεται κατά 3% και 2% αντίστοιχα σε σχέση με το Σενάριο Αναφοράς, αν και χαρακτηρίζονται από υψηλότερο ιδιωτικό κόστος (**Σχήμα 7**).

Παρατηρείται επίσης ότι η σημαντικότερη συνιστώσα του κοινωνικού κόστους είναι το ιδιωτικό, η οποία γίνεται μεγαλύτερη εάν συνυπολογιστεί σε αυτή και το εξωτερικό κόστος της κλιματικής αλλαγής, το οποίο αναμένεται να εσωτερικοποιηθεί από το 2013.

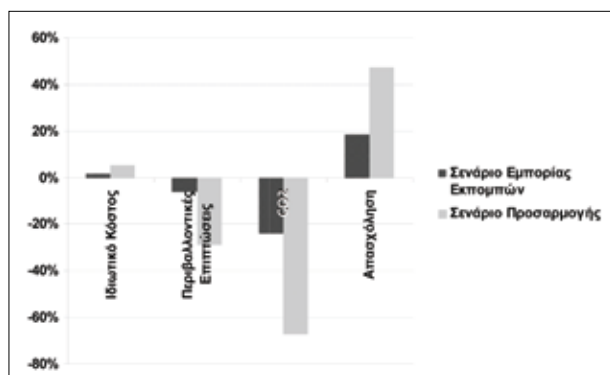


Σχήμα 7 Κοινωνικό κόστος εξεταζόμενων σεναρίων

Στο Σενάριο Προσαρμογής εάν και το ιδιωτικό κόστος αυξάνεται κατά 5% σε σχέση με το Σενάριο Αναφοράς τόσο το εξωτερικό κόστος των περιβαλλοντικών επιπτώσεων όσο και της κλιματικής αλλαγής μειώνεται κατά 29% και 67% αντίστοιχα υποδηλώνοντας την περιβαλλοντική αποτελεσματικότητα του συγκεκριμένου σεναρίου και η οποία οφείλεται στην υψηλή διείσδυση της αιολικής ενέργειας και των λοιπών ΑΠΕ (**Σχήμα 8**).

Ομοίως στο Σενάριο Εμπορίας Εκπομπών, οι αντίστοιχες μειώσεις ως προς το Σενάριο Αναφοράς είναι μικρότερες (6% για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και 24% για την κλιματική αλλαγή), ενώ παρατηρείται και μικρότερη αύξηση στο ιδιωτικό κόστος (1%). Αξίζει να σημειωθεί ότι στο ιδιωτικό κόστος θα

πρέπει να προστεθεί η συνιστώσα του κόστους της κλιματικής μεταβολής, καθώς από το 2012 και μετά το κόστος αυτό εσωτερικοποιείται ανάλογα με τις τιμές δικαιωμάτων εκπομπών που θα διαμορφωθούν λόγω της υποχρεωτικής αγοράς των δικαιωμάτων για το σύνολο των εκπομπών CO₂ από τις μονάδες ηλεκτροπαραγωγής.



Σχήμα 8 Μεταβολές συνιστωσών κοινωνικού κόστους ως προς το Σενάριο Αναφοράς

Στην περίπτωση αυτή, το Σενάριο Προσαρμογής εμφανίζει κατά 1,5% χαμηλότερο άθροισμα ιδιωτικού και κόστους κλιματικής μεταβολής από το Σενάριο Αναφοράς.

6 | ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η **ανάπτυξη** των ΑΠΕ στην Ελλάδα δεν είναι μόνο επιβεβλημένη από τους εθνικούς στόχους που απορρέουν από την κοινή ευρωπαϊκή ενεργειακή πολιτική.

Τα **αποτελέσματα** της παρούσας ανάλυσης αποδεικνύουν ότι αν συνυπολογισθεί σε χρηματικούς όρους το κοινωνικό όφελος που συνεπάγεται η ενίσχυση των ΑΠΕ, η προσαρμογή της Ελλάδας στους στόχους αυτούς αποτελεί μία ιδιαίτερα ελκυστική προοπτική.

Πολύ **περισσότερο**, που στην περίπτωση της ηλεκτροπαραγωγής το όφελος από τη μείωση των εκπομπών CO₂, μετά το 2013 θα ενσωματωθεί σταδιακά στο μηχανισμό της αγοράς και θα μεταφράζεται άμεσα και σε χρηματικό όφελος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Diakoulaki, D., Mirasgedis, S., Tourkolias, C.** (2007). Assessment and exploitation of energy-related externalities in the industrial sector. *Energy Policy* 35/5, pp. 2925-2938.
- European Commission** (1998). ExternE - Externalities of Energy: Methodology. DG XII, 'ExternE Project'. Report EUR 19083, available at <http://www.externe.info>.
- European Commission** (2005). ExternE - Externalities of Energy: Methodology 2005 update. DG for Research, Report EUR 21951, available at <http://www.externe.info>.
- European Commission** (2007). COM (2007) - An Energy Policy for Europe. Brussels.
- European Commission** (2008). CASES - Cost Assessment of Sustainable Energy Systems. Report 'Development of a set of full cost estimates of the use of different energy sources and its comparative assessment in EU countries', available at www.feem-project.net/cases.
- Leontief, W.** (1966). *Input - Output Economics*. Oxford University Press, New York.
- OECD** (1997). *Environmental policies and employment*. Organization for Economic Cooperation and Development, Paris.
- ORNL, RFF** (1994). *Estimating externalities of coal fuel cycle*. US-EC Fuel Cycle Study: Oak Ridge National Laboratory, Tennessee, USA.
- Tourkolias, C., Mirasgedis, S., Damigos, D., Diakoulaki, D.** (2009). *Employment Benefits of Electricity Generation: a Comparative Assessment of Lignite and Natural Gas Power Plants in Greece*. *Energy Policy* 37/10, pp. 4155-4166.
- EAA** (2008). *Ανάλυση ενεργειακών σεναρίων για την Ελλάδα στην προοπτική επίτευξης των στόχων του ενεργειακού και κλιματικού πακέτου της ΕΕν*. Κείμενο εργασίας Ομάδας Ενεργειακού Σχεδιασμού, Κλιματικής Αλλαγής και Βιώσιμης Ανάπτυξης.
- Οικονομίδης, Χ.** (2007). *Εισαγωγή στο σύστημα και την ανάλυση εισροών - εκροών*. Εκδόσεις Κριτική, Αθήνα.
- Τουρκολιάς, Χ.** (2010). *Ανάπτυξη μεθοδολογικού πλαισίου για την αποτίμηση περιβαλλοντικών και κοινωνικών επιπτώσεων της ηλεκτροπαραγωγής*. Διδακτορική Διατριβή, ΕΜΠ, Αθήνα.

