



ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ
& ΤΕΧΝΙΚΗ
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ
2015

ΚΑΘΑΡΕΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΣΤΗΝ ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑ V

Εναλλακτικές λύσεις στη σχεδιαζόμενη μονάδα της ΔΕΗ Πτολεμαΐδα V

ΣΥΝΟΨΗ

Το αντικείμενο της παρούσας έκθεσης είναι η διερεύνηση και οικονομική **αξιολόγηση εναλλακτικών λύσεων στην λιγνιτική μονάδα Πτολεμαΐδα V**, οι οποίες βασίζονται στην αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ). Επιπλέον, διερευνάται ο ρόλος που μπορούν να διαδραματίσουν οι τεχνολογίες αποθήκευσης, μικρής και μεγάλης κλίμακας, στην αύξηση της διείσδυσης των ΑΠΕ στο εθνικό ενεργειακό μίγμα.

Ένα νέο ενεργειακό τοπίο

Η απόφαση κατασκευής της Πτολεμαΐδας V λήφθηκε αρκετά χρόνια πριν –η έγκριση για την προκήρυξη του διαγωνισμού έγινε το 2010-, σε μια περίοδο κατά την οποία οι **συνθήκες στην κλιματική και ενεργειακή πολιτική, στην Ελλάδα και διεθνώς, ήταν σημαντικά διαφορετικές από ότι σήμερα**. Στις εξελίξεις των τελευταίων ετών έχουν πρωτοστατήσει τόσο οι ΗΠΑ, όσο και η Κίνα και η Ευρωπαϊκή Ένωση, με διαδοχικές αποφάσεις τους για λήψη σημαντικών μέτρων περιορισμού των εκπομπών τους. Οι πολιτικές εξελίξεις έχουν επηρεάσει και τη στάση των διεθνών χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων, καθώς το ένα μετά το άλλο θέτουν αυστηρές προϋποθέσεις για την χρηματοδότηση της κατασκευής νέων ανθρακικών μονάδων. Χαρακτηριστική είναι η πρόσφατη απόφαση της Ευρωπαϊκής Τράπεζας Επενδύσεων να διακόψει την χρηματοδότηση ανθρακικών σταθμών με εκπομπές μεγαλύτερες από 550 gr CO₂/Kwh, αποκλείοντας έτσι την συμμετοχή της στην Πτολεμαΐδα V, η οποία θα εκπέμπει διπλάσιους από το όριο ρύπους.

Την νέα πραγματικότητα δείχνουν να αντιλαμβάνονται οι ενεργειακοί κολοσσοί της Ευρώπης, οι οποίοι προχωρούν σε βαθμιαίο μετασχηματισμό του επιχειρηματικού τους μοντέλου. Εταιρείες όπως η E.On, η RWE, η EnBW και η EDP έχουν επιλέξει να μειώσουν την δραστηριοποίησή τους σε τομείς ορυκτών καυσίμων, δίνοντας έμφαση σε νέα πεδία κερδοφορίας στους τομείς των ΑΠΕ και της αποκεντρωμένης παραγωγής, των δικτύων και των ενεργειακών υπηρεσιών.

Όσα αναφέρθηκαν παραπάνω αποκτούν **πολλαπλασιαστική σημασία για την Ελλάδα**, εξαιτίας της δυσμενούς οικονομικής κατάστασης της χώρας, αλλά και της συσσώρευσης χρεών και της περιορισμένης ρευστότητας της ΔΕΗ. Οι αρνητικές προβλέψεις για την Πτολεμαΐδα V, έργο αξίας 1,4 δις ευρώ, ενισχύονται από δύο βασικούς παράγοντες: α) την αναμενόμενη αύξηση των τιμών δικαιωμάτων εκπομπών CO₂, ιδίως μετά την εφαρμογή μηχανισμού του Market Stability Reserve που πρότεινε η Ευρωπαϊκή Επιτροπή στις αρχές του 2014 και β) την ισχυρή πιθανότητα μείωσης των ωρών λειτουργίας της νέας μονάδας λόγω αυξημένης διείσδυσης ΑΠΕ, σύμφωνα με τον ισχύοντα εθνικό ενεργειακό σχεδιασμό. Η επίδραση αυτών των δυο παραγόντων αποτέλεσε το αντικείμενο της προηγούμενης μελέτης του WWF Ελλάς¹.

Οικονομικά αποδοτικές εναλλακτικές στην Πτολεμαΐδα V

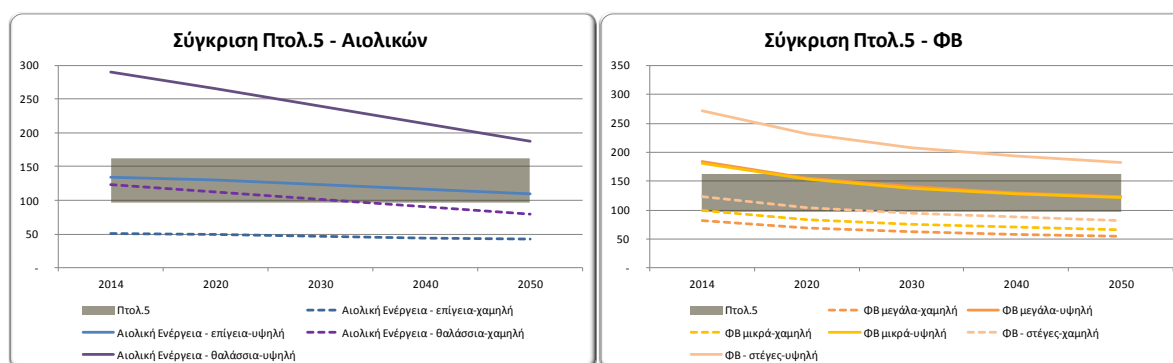
Στα πλαίσια της παρούσας έκθεσης πραγματοποιήθηκε, σε πρώτη φάση, μια σύγκριση τιμών σταθμισμένου κόστους ενέργειας διαφόρων τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής (LCOE)², από την οποία προέκυψε ότι, ήδη σήμερα, **ορισμένες τεχνολογίες ΑΠΕ είναι ευθέως ανταγωνιστικές με συμβατικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής και, ειδικότερα, με την Πτολεμαΐδα V**.

Η τάση αυτή αναμένεται να ενισχυθεί στο μέλλον καθώς η πρόοδος των καθαρών τεχνολογιών θα καταστήσει τις ΑΠΕ ακόμα φθηνότερες. Την ίδια στιγμή, το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας από λιγνιτικές μονάδες θα κινείται ανοδικά εξαιτίας μιας σειράς παραγόντων, όπως οι υψηλές τιμές δικαιωμάτων εκπομπών CO₂ και το αυξανόμενο κόστος καυσίμου. Η αμφίβολη απόδοση της επένδυσης στην Πτολεμαΐδα V συνδέεται άμεσα και με το αβέβαιο αρχικό κόστος εγκατάστασης της μονάδας. Στο Σχήμα 1 παρατίθενται ενδεικτικά αποτελέσματα της σύγκρισης

¹ WWF Ελλάς. (2013). Πτολεμαΐδα 5 και Μελίτη 2, Έκθεση οικονομικής βιωσιμότητας των νέων λιγνιτικών μονάδων.

² Η μέθοδος αυτή αποσκοπεί στον υπολογισμό του συνολικού κόστους παραγωγής ανά τεχνολογία ηλεκτροπαραγωγής καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας της και την αναγωγή σε καθαρή παρούσα αξία.

της Πτολεμαΐδας V με αιολικές και φωτοβολταϊκές (Φ/Β) μονάδες, για την περίοδο έως το 2050, που αναδεικνύουν την ανταγωνιστικότητα των επίγειων αιολικών και των μεγάλων και μεσαίων Φ/Β σταθμών με την νέα λιγνιτική μονάδα.



Σχήμα 1. Σύγκριση σταθμισμένου κόστους ενέργειας μεταξύ Πτολεμαΐδας V και επιλεγμένων τεχνολογιών ΑΠΕ

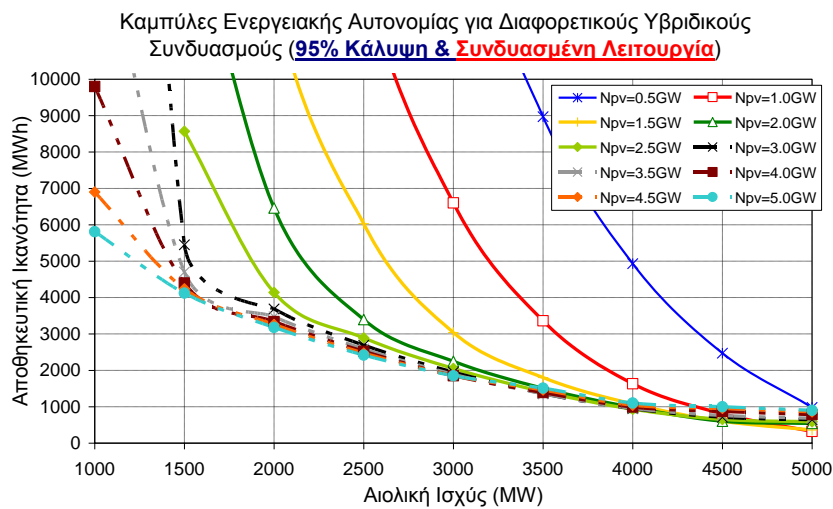
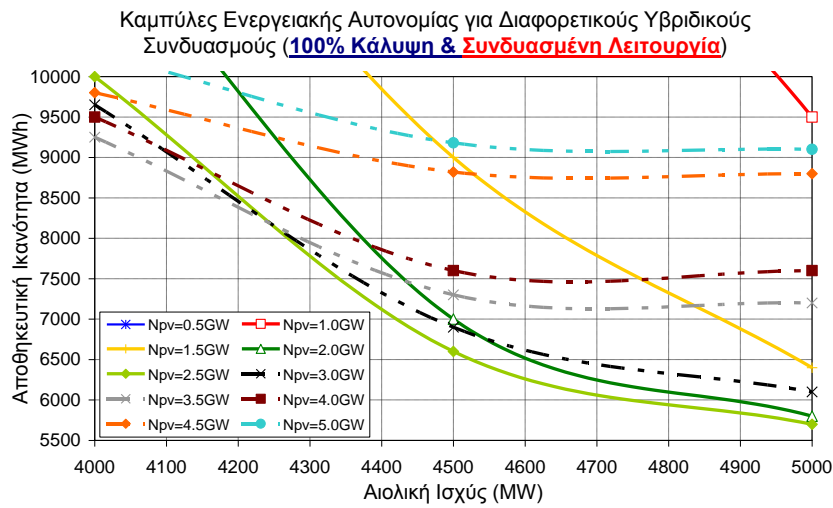
Αξιολόγηση υβριδικών σχημάτων ΑΠΕ και αντλησιοταμίευσης

Είναι επομένως εύλογο να αναζητηθούν εναλλακτικές λύσεις στην Πτολεμαΐδα V που βασίζονται στις ΑΠΕ. Η μεγαλύτερη πρόκληση που παρουσιάζει το εγχείρημα της χρήσης ΑΠΕ για κάλυψη φορτίου βάσης σαν αυτό της Πτολεμαΐδας V, σχετίζεται με τη στοχαστικότητα της παραγωγής ενέργειας από αιολικά και Φ/Β συστήματα. Η πρόκληση αυτή όμως μπορεί να αντιμετωπιστεί τεχνικά με συνδυασμό της παραγωγής ΑΠΕ και διαφόρων συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας, όπως οι μπαταρίες και η αντλησιοταμίευση.

Η παρούσα έκθεση εστίασε στη δυνατότητα υποκατάστασης της Πτολεμαΐδας V με υβριδικά συστήματα αποτελούμενα από αντλησιοταμιευτικούς σταθμούς σε συνδυασμό με αιολικούς και φωτοβολταϊκούς σταθμούς. Συγκεκριμένα, προηγούμενη μελέτη³ έδειξε ότι η μετατροπή, εφτά υφιστάμενων ζευγών υδροηλεκτρικών (Υ/Η) σταθμών της ΔΕΗ σε αντλησιοταμιευτικούς είναι τεχνικά εφικτή και οικονομικά ελκυστική, δεδομένου ότι αποφεύγεται η κατασκευή νέων ταμιευτήρων. Με αυτή την επιλογή εξασφαλίζεται και η ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

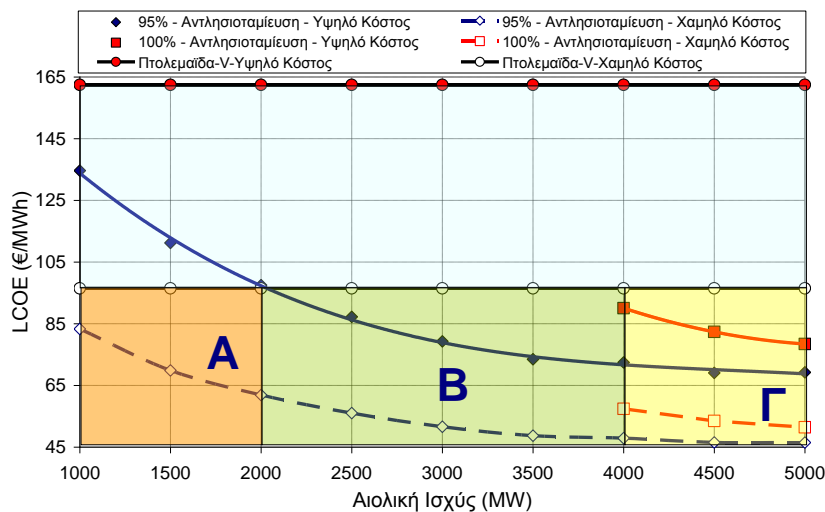
Η ενεργειακή ανάλυση που πραγματοποιήθηκε σε αυτή την έκθεση κατέδειξε πως **είναι δυνατή η κάλυψη των φορτίων βάσης για τα οποία έχει σχεδιασθεί η Πτολεμαΐδα V από υβριδικούς συνδυασμούς αντλησιοταμιευτικών με αιολικούς και φωτοβολταϊκούς σταθμούς** (Σχήμα 2). Σε περίπτωση που είναι ανεκτή η σχεδόν πλήρης κάλυψη του φορτίου της Πτολεμαΐδας V (95%), το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα μπορεί να επιτευχθεί με ακόμα περισσότερους συνδυασμούς ισχύος ΑΠΕ και αποθηκευτικής ικανότητας.

³ Διερεύνηση των δυνατοτήτων κατασκευής νέων μονάδων αντλησιοταμίευσης στην Ελλάδα. Στεφανάκος Ι., ΕΜΠ: Ερευνητικό Έργο 62/2423 (Δυνατότητες κατασκευής έργων αποταμίευσης μέσω άντλησης σε περιοχές της Ηπειρωτικής Ελλάδας)



Σχήμα 2. Αυτόνομοι ενεργειακά υβριδικοί συνδυασμοί που επιτυγχάνουν 100% και 95% κάλυψη του φορτίου βάσης της Πτολεμαΐδας V με άνω επιτρεπόμενο όριο αποθηκευτικής ικανότητας : 10GWh.

Το πλέον σημαντικό είναι πως αρκετές από αυτές τις λύσεις αποδεικνύονται **οικονομικά προσηφότερες από την Πτολεμαΐδα V**, καθώς εμφανίζουν σημαντικά χαμηλότερες τιμές σταθμισμένου κόστους ηλεκτροπαραγωγής από αυτές της νέας λιγνιτικής μονάδας (Σχήμα 3). Οι λύσεις αυτές, για διαφορετικά σενάρια, παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 1.



Σχήμα 3. Σταθμισμένο κόστος παραγωγής για ενεργειακά αυτόνομοι υβριδικοί συνδυασμοί – Επίτευξη 100% (α) και 95% (β) κάλυψης φορτίου βάσης με αποθηκευτική ικανότητα $\leq 10GWh$

Πίνακας 1: Οι οικονομικά ανταγωνιστικές με την Πτολεμαΐδα V υβριδικές λύσεις (ελάχιστο κόστος για Πτολεμαΐδα V: 96,47 €/MWh)

Αιολική Ισχύς (MW)	Φ/Β Ισχύς (MW)	Αποθηκευτική Ικανότητα (MWh)	LCOE (€/MWh) (Υψηλό Κόστος)	LCOE (€/MWh) (Χαμηλό Κόστος)
100% κάλυψη φορτίου βάσης Πτολεμαΐδας V				
4000	2500	10000	90.06	57.43
4500	1500	9000	82.35	53.47
5000	1000	9500	78.44	51.42
95% κάλυψη φορτίου βάσης Πτολεμαΐδας V				
2000	2000	6460	97.50	83.30
2500	1500	6030	87.21	69.86
3000	1000	6600	79.27	61.88
3500	500	8970	73.48	56.01
4000	500	4930	72.43	51.62
4500	0	9150	69.08	48.71
5000	0	5210	69.25	47.90

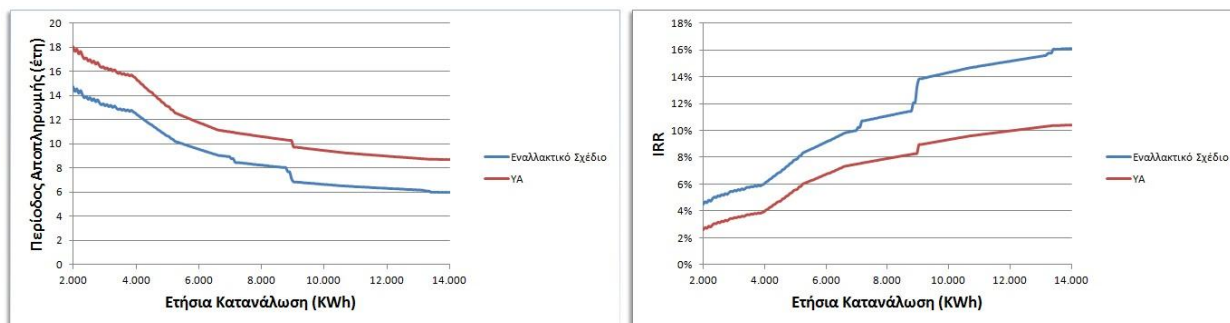
Είναι σημαντικό να τονισθεί πως οι **υποθέσεις εργασίας** που χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων **κάθε άλλο παρά ευνοούν τη λύση των υβριδικών σταθμών**. Για παράδειγμα, η παραδοχή για υψηλά τεχνικά ελάχιστα του συστήματος (4GW) αυξάνει το σταθμισμένο κόστος ενέργειας των υβριδικών συνδυασμών, ενώ ο φιλόδοξος συντελεστής φόρτισης που χρησιμοποιήθηκε για την Πτολεμαΐδα V ήταν μεγαλύτερος από αυτόν για τον οποίο έχει σχεδιαστεί η μονάδα (80%, βάσει της ΜΠΕ), πράγμα που μειώνει το κόστος παραγωγής της σχεδιαζόμενης λιγνιτικής μονάδας. Τέλος, ως μέγιστη διαθέσιμη αποθηκευτική ικανότητα των αντλησιοταμιευτικών σταθμών λήφθηκε μόλις το 25% της μέγιστης διαθέσιμης ώστε να μην εμποδίζεται η σημερινή λειτουργία των ταμιευτήρων (αυτόνομα Υ/Η, αρδεύσεις, αντιπλημμυρική προστασία), ενώ λήφθηκε ένας ιδιαίτερα χαμηλός συνολικός βαθμός απόδοσης των αντλησιοταμιευτικών σταθμών (63,75%).

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η μετατροπή υφιστάμενων ζευγών Υ/Η σταθμών της ΔΕΗ σε αντλησιοταμιευτικά και η χρήση τους για αποθήκευση ενέργειας που παράγεται από αιολικούς και Φ/Β σταθμούς είναι όχι μόνο **τεχνικά εφικτή, αλλά και οικονομικά συμφέρουσα σε σύγκριση με την απόδοση της Πτολεμαΐδας V**.

Λύσεις μικρής κλίμακας

Η οικονομική απόδοση της Πτολεμαΐδας V ελαττώνεται όσο λιγότερες είναι οι πραγματικές ώρες λειτουργίας της, όπως έδειξε προηγούμενη μελέτη του WWF Ελλάς²⁰. Η μείωση της ζήτησης που θα κληθεί να καλύψει η Πτολεμαΐδα V μετά το 2020 προκύπτει όχι μόνο εξαιτίας της προβλεπόμενης αύξησης της διείσδυσης ΑΠΕ μεγάλης κλίμακας, αλλά και εξαιτίας των πρόσφατων τεχνολογικών εξελίξεων στον τομέα των φωτοβολταϊκών και των μπαταριών. Οι εξελίξεις αυτές είναι ικανές να μετατρέψουν τους σημερινούς οικιακούς καταναλωτές (consumers) ηλεκτρικής ενέργειας σε αυτοπαραγωγούς (prosumers).

Στα πλαίσια της έκθεσης έγινε οικονομική αξιολόγηση της εφαρμογής του μηχανισμού net metering που πρόσφατα νομοθετήθηκε στην Ελλάδα για την προώθηση των φωτοβολταϊκών. Η αξιολόγηση έδειξε ότι οι **προοπτικές ανάπτυξης συστημάτων μικρής κλίμακας για την κάλυψη των οικιακών αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια είναι εξαιρετικές**, χάρη και στα υψηλά επίπεδα ηλιοφάνειας της χώρας. Οι προοπτικές αυτές γίνονται ακόμα καλύτερες αν, στο μέλλον, ο μηχανισμός net metering βελτιωθεί στην βάση των προτεινόμενων στην παρούσα έκθεση αλλαγών (σενάριο «εναλλακτικό σχέδιο»). Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.



Σχήμα 4. Περίοδος αποπληρωμής (αριστερά) και IRR (δεξιά) ως συνάρτηση της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας για τα σενάρια «YA» και «Εναλλακτικό Σχέδιο»

Εξετάστηκε επίσης η αποδοτικότητα των επενδύσεων σε αυτόνομα οικιακά συστήματα φωτοβολταϊκών με μπαταρίες ιόντων λιθίου. Το κόστος των εν λόγω συστημάτων, βάσει των προβλέψεων αναλυτών της αγοράς, βαίνει ραγδαία μειούμενο χάρη στη δραστική μείωση, τα επόμενα 10-15 χρόνια, του κόστους αγοράς μπαταριών. Ο παράγοντας αυτός σε συνδυασμό με τη μείωση του κόστους εγκατάστασης των ΦΒ, την αναμενόμενη αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε οικιακό επίπεδο και την αύξηση των τιμών ενέργειας, είναι σε θέση να καταστήσουν τα αυτόνομα συστήματα ευθέως ανταγωνιστικά με την κεντρικά παραγόμενη ενέργεια και στην χώρα μας (Πίνακας 2).

Πίνακας 2: Περίοδος αποπληρωμής και εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) αυτόνομων συστημάτων για διάφορα σενάρια (ετήσια κατανάλωση 9045KWh)

Μοναδιαίο Κόστος Μπαταρίας (\$/KWh)	Σενάριο «YA»		Σενάριο «Εναλλακτικό Σχέδιο»	
	Περίοδος Αποπληρωμής (έτη)	IRR	Περίοδος Αποπληρωμής (έτη)	IRR
500	>25	-2,70%	>25	-1,20%
400	>25	-1,97%	>25	-0,40%
300	>25	-1,13%	23,32	0,54%
200	22,94	0,67%	18,30	2,56%
100	15,61	4,00%	12,26	6,44%

Εκτός όμως από τα πλήρως αυτόνομα συστήματα Φ/Β με μπαταρίες υπάρχει και η **δυνατότητα αποθήκευσης ενέργειας στις μπαταρίες ηλεκτρικών οχημάτων**. Η αυξημένη διείσδυση της ηλεκτροκίνησης στην χώρα μας μπορεί να συμβάλει, υπό προϋποθέσεις, στην απεξάρτηση από την χρήση και τις εισαγωγές ορυκτών καυσίμων, την εξομάλυνση αιχμών και την περαιτέρω ανάπτυξη των ΑΠΕ, μειώνοντας τελικά τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας που θα κληθεί να καλύψει η Πτολεμαΐδα V την περίοδο 2020-2050.

Επομένως, βλέπουμε ότι οι εξελίξεις στον τομέα των φωτοβολταϊκών μικρής κλίμακας είτε μέσω net metering, είτε σε αυτόνομη μορφή με μπαταρία, είτε σε συνδυασμό των δύο, είναι ικανά να διαδραματίσουν πρωταγωνιστικό ρόλο στον επερχόμενο, δραστικό μετασχηματισμό του υφιστάμενου μοντέλου ηλεκτροπαραγωγής: από κεντρικές, γιγαντιαίες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής που βασίζονται στα ορυκτά καύσιμα, όπως η Πτολεμαΐδα V, προς την κατεύθυνση της αποκέντρωσης, της αυτοπαραγωγής, και τελικά της προοδευτικής απεξάρτησης από την ηλεκτρική ενέργεια που παρέχει το δίκτυο.

Συμπερασματικά

Η παρούσα έκθεση αναδεικνύει ότι η **λιγνιτική εξάρτηση δεν είναι μονόδρομος** για τη χώρα μας. Επιπλέον, υποδεικνύει και τεκμηριώνει συγκεκριμένες εναλλακτικές λύσεις οι οποίες εξαλείφουν την ανάγκη κατασκευής της μονάδας Πτολεμαΐδα V. Οι λύσεις αυτές αποδεικνύονται τεχνικά εφικτές, ενώ υπερτερούν οικονομικά και περιβαλλοντικά σε σχέση με την σχεδιαζόμενη μονάδα.

Σε αυτό το πλαίσιο, το WWF Ελλάς ζητά από την ελληνική πολιτεία να προχωρήσει:

- Στην επανεξέταση της οικονομικής βιωσιμότητας της νέας μονάδας και την αξιολόγηση των προτεινόμενων ισοδύναμων εναλλακτικών λύσεων.
- Στη θέσπιση του κατάλληλου θεσμικού πλαισίου για την αντλησιοταμίευση.
- Στην βελτίωση του ρυθμιστικού πλαισίου για την αυτοπαραγωγή με συμψηφισμό και ως επόμενο βήμα, στον σχεδιασμό ενός μηχανισμού πολιτικής που θα προωθήσει την ανάπτυξη των αυτόνομων συστημάτων ΑΠΕ μικρής κλίμακας.
- Στη δημιουργία των απαραίτητων υποδομών για την διείσδυση της ηλεκτροκίνησης στη χώρα μας.
- Στην κατάστρωση ενός νέου μοντέλου δραστηριοποίησης της ΔΕΗ, σε πεδία κερδοφορίας που θα μεγιστοποιούν τα οφέλη για την επιχείρηση, τους καταναλωτές και το φυσικό περιβάλλον
- Στην εκπόνηση ενός εθνικού ενεργειακού σχεδιασμού που θα λαμβάνει υπόψη τις διαφαινόμενες, διεθνώς, εξελίξεις στους τομείς της καθαρής ενέργειας και θα αναλύει τη χρονική εξέλιξη της συμμετοχής κάθε τεχνολογίας ηλεκτροπαραγωγής στο ενεργειακό μίγμα της χώρας με ορίζοντα το 2030 και το 2050.