

ΑΚΑΔΗΜΙΑ



ΑΘΗΝΩΝ

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

**ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ:
ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΜΑΖΙΚΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ
ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ**

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

ΛΟΥΚΑ Γ. ΧΡΙΣΤΟΦΟΡΟΥ

ΑΘΗΝΑ 2014

ΚΥΡΙΑΡΧΙΑ ΑΝΕΞΑΝΤΛΗΤΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΣΤΟΧΟΣ ΟΙΚΟΥΜΕΝΙΚΟΣ ΑΛΛΑ ΔΥΣΕΠΙΤΕΥΚΤΟΣ

Ραφαήλ Μουσής

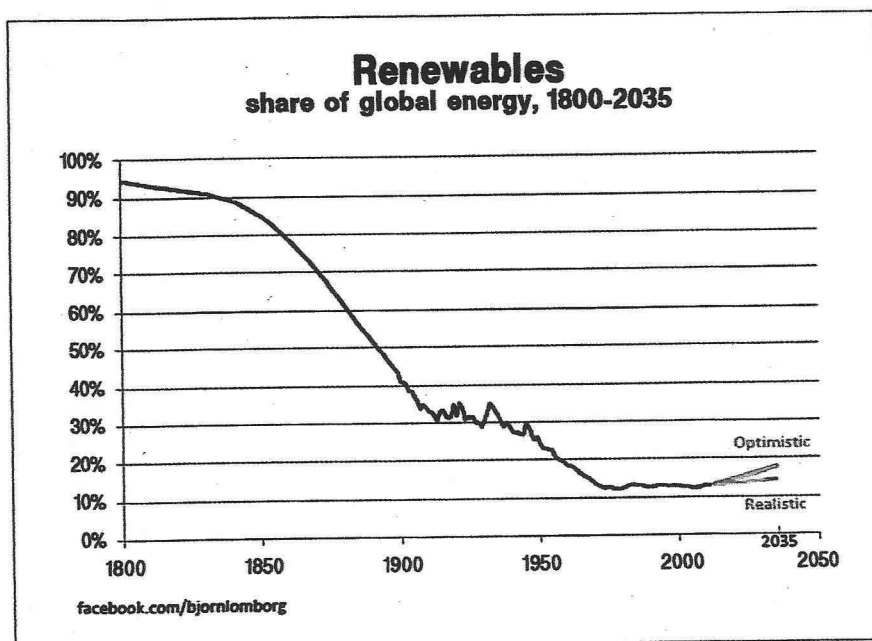
Αντιπρόεδρος IOBE
rmoissis@iobe.gr

Ο τίτλος της παρέμβασής μου αναφέρεται στην κυριαρχία των Ανεξάντλητων Πηγών Ενέργειας στην ηλεκτροπαραγωγή, «Ανεξάντλητων» και όχι «Ανανεώσιμων» όπως επέμενε ο αείμνηστος Ηλίας Γυφτόπουλος να διορθώνει επειδή, όπως έλεγε, για να υπάρξει ανανέωση πρέπει να έχει προηγηθεί παλαιώση, πράγμα που δεν ισχύει για τον ήλιο!

Θα μιλήσω λοιπόν για τις ΑΠΕ ως στόχο οικουμενικό, γιατί αν το ηλεκτρικό ρεύμα μπορούσε να αποθηκευθεί όπως αποθηκεύεται το νερό, δεν θα υπήρχε παγκόσμιος ενεργειακό πρόβλημα αφού η ενέργεια που έρχεται στη γη από τον ήλιο σε μια μόλις ώρα, είναι μεγαλύτερη από την ετήσια ενεργειακή κατανάλωση σε ολόκληρη την οικουμένη. Η Οικουμενικότητα όμως, σύμφωνα με τον Αλέξανδρο Νεχαμά (τον σπουδαίο αυτόν σύγχρονο Έλληνα φιλόσοφο) ενέχει και το στοιχείο της Αμεροληψίας¹. Γι' αυτό στην παρέμβασή μου θα αποφύγω κάθε αναφορά σε επίκαιρα και σημαντικά θέματα που απασχολούν την ελληνική ενεργειακή πραγματικότητα, γιατί η τοποθέτησή μου πάνω σε αυτά θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως μη αμερόληπτη.

Και θα μιλήσω για κυριαρχία, υπενθυμίζοντας ότι η κυριαρχία των ΑΠΕ δεν αποτελεί άλμα στο μέλλον αλλά επιστροφή στο παρελθόν. Μέχρι τις αρχές του 19^{ου} αιώνα, οι ΑΠΕ πραγματικά κυριαρχούσαν και συμμετείχαν στη συνολική ενέργεια που τότε κατανάλωνε ο άνθρωπος κατά ποσοστό πάνω από 95% (Εικόνα 1)². Κυριαρχούσαν βέβαια τα ξύλα για θέρμανση, μαγειρική και άλλες χρήσεις, ο άνεμος για τα ιστιοφόρα καράβια και τους γραφικούς ανεμόμυλους, ο ήλιος για στεγνώματα και τα ζώα για την κίνηση, γεωργικές εργασίες και άλλα πολλά.

Μπήκαν τότε στη ζωή του ανθρώπου πρώτα το κάρβουνο και στη συνέχεια το πετρέλαιο και άρχισε η καθοδική πορεία του ποσοστού των ΑΠΕ. Όμως, η στροφή της καμπύλης προς ανοδική κατεύθυνση είναι πολύ πρόσφατο φαινόμενο. Σύμφωνα με το Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας, το 1971 οι ΑΠΕ συμμετείχαν στην παγκόσμια παραγωγή ενέργειας κατά ποσοστό 13.12% και σαράντα χρόνια αργότερα, δηλαδή το 2011, το ποσοστό αυτό δεν είχε αυξηθεί αλλά αντίθετα είχε μειωθεί στο 12.99%. Στη συνέχεια η πορεία είναι σταθερά ανοδική.



Εικόνα 1: Συμμετοχή των ΑΠΕ στην παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση.

Με τη χρησιμοποίηση των ορυκτών καυσίμων, οι συνθήκες ζωής άλλαξαν δραματικά. Σε σχέση με 250 χρόνια νωρίτερα, ο μέσος πολίτης σε μια αναπτυσσόμενη χώρα (π.χ., τη Μεγάλη Βρετανία), χρησιμοποιεί σήμερα 50 φορές περισσότερη ενέργεια (κατά συνέπεια, η ποσότητα της ενέργειας που παράγεται σήμερα από ΑΠΕ είναι πολύ μεγαλύτερη από ό,τι ήταν την εποχή που ως ποσοστό έφθανε το 95%). Επίσης, ταξιδεύει 250 φορές μακρύτερα, απολαμβάνει 27.500 φορές περισσότερο φωτισμό, το εισόδημά του έχει πολλαπλασιαστεί επί 20 και τέλος η αναμενόμενη διάρκεια ζωής του ανέβηκε από λιγότερα των 40 ετών που ήταν στα 80 περίπου χρόνια.

Δεν πρέπει ωστόσο να παραγνωρίζεται και το γεγονός ότι η υποκατάσταση των ΑΠΕ από ορυκτά καύσιμα υπήρξε όχι μόνο οικονομικό αλλά και οικολογικό επίτευγμα. Η αντικατάσταση του ξύλου από τον άνθρακα έσωσε τα δάση από καταστροφή. Με τον ηλεκτρισμό εξαφανίστηκε η μόλυνση μέσα στους χώρους κατοικίας και εργασίας, που είναι πολύ πιο βλαβερή από τη μόλυνση του εξωτερικού περιβάλλοντος. Η κηροζίνη έσωσε από αφανισμό τις φάλαινες των οποίων το λάδι χρησιμοποιούνταν για φωτισμό. Τεράστιες εκτάσεις γης που χρησιμοποιούνταν για την παραγωγή ζωοτροφών για να τραφούν οι «ζωντανές πηγές ενέργειας (άλογα, κ.λπ.)», απελευθερώθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν για την καλλιέργεια ανθρώπινης τροφής.

Στην αντίθετα όχθη όλων των παραπάνω θετικών, διαπιστώθηκε και συνειδητοποιήθηκε το πρόβλημα της εκπομπής των αερίων του θερμοκηπίου και της απειλούμενης κλιματικής αλλαγής. Όσον αφορά το μέλλον, όλες οι προβλέψεις συγκλίνουν στην εκτίμηση ότι οι παγκόσμιες ενεργειακές ανάγκες θα συνεχίσουν να αυξάνονται και μάλιστα με επιταχυνόμενους ρυθμούς. Οι αυξητικοί ρυθμοί αναμένονται να είναι ιδιαίτερα μεγάλοι στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και αυτό λόγω των μεγάλων περιοχών της γης που αναμένεται ότι θα εξηλεκτρισθούν και λόγω της προβλεπόμενης αύξησης της ηλεκτροκίνησης των μέσων μεταφοράς. Σχεδόν όλες οι πρόσφατες μελέτες (π.χ., πρόσφατη ειδική μελέτη του Διεθνούς Οργανισμού Ενεργείας³), εκτιμούν ότι με τους τωρινούς ρυθμούς εξέλιξης των μεγεθών και της σύνθεσης της παραγωγής ενέργειας, ο περιορισμός αύξησης της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας κατά 2 °C δεν φαίνεται να επιτυγχάνεται, οι δε συνέπειες για το περιβάλλον θα είναι δραματικές.

Προκειμένου να αποτραπούν τέτοιες συνέπειες, η κυριαρχία των ΑΠΕ στην ενέργεια και ιδιαίτερα στην ηλεκτροπαραγωγή, αποτελεί στόχο που πρέπει να επιδιωχθεί σε ολόκληρη την Οικουμένη με επιμονή και συνέπεια. Παρόλη την αύξηση των μεγεθών, πρέπει στον 21^ο αιώνα να αντιστραφεί η καμπύλη του 19^{ου} και τα ποσοστά συμμετοχής των ΑΠΕ στο παγκόσμιο ενεργειακό ισοζύγιο να φθάσουν σε επίπεδα της τάξεως του 80% ή 90%.

Ο παραπάνω στόχος είναι και θα παραμείνει δυσεπίτευκτος. Το ότι είναι δυσεπίτευκτος οφείλεται σε ορισμένα ουσιαστικά χαρακτηριστικά της ηλεκτρικής ενέργειας που λειτουργούν αρνητικά στην προσπάθεια ταχείας διείσδυσης των ΑΠΕ με ρυθμούς ανάλογους εκείνων με τους οποίους αυξήθηκε η χρήση των ορυκτών καυσίμων στο παρελθόν.

Για την κατανόηση αυτών των αρνητικών χαρακτηριστικών της ηλεκτρικής ενέργειας, ιδίως από μη ειδήμονες, αλλά και ως σημείο εκκίνησης για τους πιο ειδικούς, έχω βρει χρήσιμη την αναφορά στις ομοιότητες αλλά και τις βασικές διαφορές ανάμεσα σε δύο φυσικά φαινόμενα, τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος και τη ροή του νερού, που αποτελούν και τα δύο ζητήματα τεράστιας στρατηγικής σημασίας και κρίσιμα στοιχεία του πολιτισμού μας.

Ο σχεδιασμός και εγκατάσταση της παροχής του νερού και του ηλεκτρικού ρεύματος αποτελεί πρωταρχικό μέλημα κάθε οικιακής ή επαγγελματικής κατασκευής. Οι ομοιότητες και αναλογίες είναι προφανείς: Και τα δύο έχουν κατά κανόνα την πηγή τους κάπου μακριά, από όπου ξεκινούν με υψηλή πίεση ή τάση και έρχονται στον καταναλωτή σε χαμηλότερη, μέσω μεγάλων δικτύων μεταφοράς και διανομής. Οι νόμοι της Φυσικής που διέπουν τη ροή τους είναι πανομοιότυποι⁴. Και τα δύο υφίστανται απώλειες κατά τη μεταφορά και διανομή. Μέσω των δικτύων διανομής καταλήγουν στο χώρο κατανάλωσης μέσα στα σπίτια μας ή τις επιχειρήσεις μας και είναι διαθέσιμα με τη χρήση ενός απλού διακόπτη. Η παραγωγή του ενός απαιτεί τη κατανάλωση του άλλου, σύμφωνα μάλιστα με μια πρόσφατη μελέτη που έγινε στο MIT⁵, η ξηρασία που θα προκύψει με την κλιματική αλλαγή, θα αποτελέσει περιοριστικό παράγοντα στην ηλεκτροπαραγωγή από ορυκτά και πυρηνικά στοιχεία.

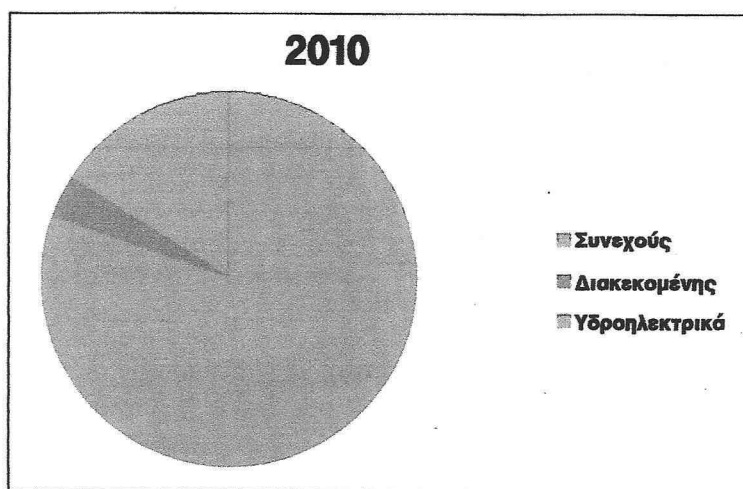
Θα μπορούσα να προχωρήσω αναφέροντας σειρά ακόμη «αναλογιών» όμως περισσότερο χρήσιμο είναι το να επισημάνω ότι η ύδρευση και ο ηλεκτρισμός έχουν δύο πολύ ουσιαστικές διαφορές: Η πρώτη διαφορά είναι ότι η παροχή ύδρευσης δεν είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη στη διατήρηση μιας ορισμένης πίεσης στο δίκτυο. Αν για κάποιο λόγο κάποια πηγή τεθεί εκτός συστήματος και δεν υπάρχουν εναλλακτικές εφεδρείες, το χει-

ρότερο που μπορεί να συμβεί είναι να υποστούν διακοπή παροχής νερού κάποιοι χώροι σε μεγάλο υψόμετρο ή σε άλλους χώρους, οι βρύσες να έχουν χαμηλότερη ροή. Η πτώση της πίεσης δεν επφέρει καμία σοβαρή και οριστική ζημία σε μηχανές ή συστήματα. Αντίθετα, αν πέσει η τάση (ή μεταβληθεί η συχνότητα για το εναλλασσόμενο ρεύμα) του ηλεκτρισμού, μπορεί να υποστούν ανεπανόρθωτη ζημία πολλές ηλεκτρικές συσκευές. Γι αυτό άλλωστε, τα δίκτυα ηλεκτρισμού είναι εφοδιασμένα με συστήματα αυτοματισμού που ενεργοποιούνται σε περίπτωση πτώσης της τάσης και διακόπτουν την παροχή. Έτσι, σε περιπτώσεις διακοπής λειτουργίας κάποιων εργοστασίων ηλεκτροπαραγωγής και εφόσον δεν υπάρχουν ικανές εφεδρείες, γίνονται προγραμματισμένες ή απρογραμματίστες διακοπές ή, σε ακραίες περιπτώσεις, τα ονομαζόμενα blackout. Αυτά τα συστήματα αυτοματισμού γίνονται ιδιαίτερα πολύπλοκα (χρειάζεται να διαθέτουν «εξυπνάδα») όταν στο σύστημα μεταφοράς εισρέει ενέργεια που παράγεται από μονάδες ηλεκτροπαραγωγής διαφορετικών τύπων και χαρακτηριστικών.

Η δεύτερη και περισσότερο σημαντική διαφορά μεταξύ νερού και ηλεκτρισμού προκύπτει από την ικανότητα του πρώτου να αποθηκεύεται σε φυσικές λεκάνες ή σε τεχνητές λίμνες και δεξαμενές που μπορούν να κατασκευαστούν με μικρό ή κάπως μεγαλύτερο κόστος. Έτσι, ανάμεσα στην παραγωγή (που σε τελευταία ανάλυση είναι οι βροχοπτώσεις) και στην κατανάλωση, δεν χρειάζεται να υπάρχει συντονισμός. Βρέχει όποτε βρέξει και το νερό αποθηκεύεται και παρέχεται στον καταναλωτή όποτε το χρειάζεται. Αντίθετα, δεν υπάρχει δυνατότητα αποθήκευσης του ηλεκτρισμού και η ηλεκτρική ενέργεια, από τη στιγμή που θα παραχθεί, πρέπει σχεδόν άμεσα και κατά την ίδια σχεδόν ποσότητα, να καταναλωθεί.

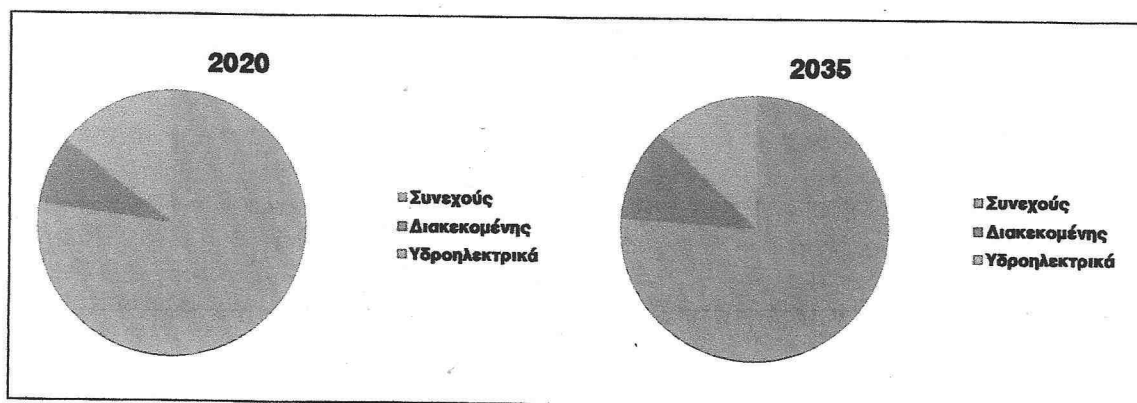
Η δυσκολία αποθήκευσης και η ευαισθησία στην σταθερότητα της τάσης, επβάλλουν την πιο καθοριστική και πιο ανελαστική κατηγοριοποίηση των πρωτογενών πηγών ηλεκτροπαραγωγής σε συνεχούς και μη συνεχούς διαθεσιμότητας. Συνεχούς διαθεσιμότητας είναι η ενέργεια που παράγεται από πρωτογενείς πηγές που μπορούν να βρίσκονται στο χώρο της ηλεκτροπαραγωγής όλες τις μέρες και όλες τις ώρες όπως είναι οι υδρογονάνθρακες, η γεωθερμία, τα πυρηνικά εργοστάσια, ακόμη και η βιομάζα. Μη συνεχούς διαθεσιμότητας είναι τα διάφορα συστήματα που μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρισμό, δηλαδή οι περισσότερες ΑΠΕ, αφού αυτά μπορούν να παράγουν ηλεκτρισμό μόνον όταν υπάρχει αρκετός άνεμος ή ηλιοφάνεια. Τρίτη ενδιάμεση κατηγορία είναι τα υδροηλεκτρικά τα οποία σε περιοχές όπου τα υδάτινα αποθέματα είναι ανεξάντλητα, μπορούν να χαρακτηριστούν ως συνεχούς διαθεσιμότητας. Σε χώρες χαμηλής υδραυλικότητας, όπως η δική μας, οι υδροηλεκτρικές μονάδες δεν είναι μεν συνεχούς διαθεσιμότητας αλλά έχουν το πλεονέκτημα ότι το χρόνο της διαθεσιμότητάς τους μπορεί να αποφασίζει η διοίκηση των μονάδων και όχι τα φαινόμενα της Φύσης.

Ενδιαφέρουσα στο σημείο αυτό είναι η καταγραφή της κυρίαρχης θέσης που καταλαμβάνουν οι συνεχούς διαθεσιμότητας πρωτογενείς πηγές στη σύνθεση του μείγματος της παγκόσμιας ηλεκτροπαραγωγής. (Εικόνα 2).



Εικόνα 2: Σύνθεση παγκόσμιας ηλεκτροπαραγωγής.

Ενόψει της γενικής αναγνώρισης των κινδύνων που συνεπάγεται η εκπομπή των αερίων του θερμοκηπίου αφ' ενός και αφ' ετέρου της ραγδαίας μείωσης του κόστους κατασκευής των συστημάτων ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ, θα περίμενε κανείς ότι το μελλοντικό μείγμα των πηγών της παγκόσμιας ηλεκτροπαραγωγής θα ήταν σημαντικά διαφορετικό από το παραπάνω. Όμως μια τέτοια θετική προοπτική για τα επόμενα 25 χρόνια, δεν διαφαίνεται ακόμη και στις πιο πρόσφατες προβλέψεις του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας⁶ (Εικόνα 3).



Εικόνα 3: Προβλεπόμενη σύνθεση παγκόσμιας ηλεκτροπαραγωγής.

Πρέπει εδώ να σημειώσουμε ότι για την Ελλάδα οι αντίστοιχες κατανομές ανάμεσα σε συνεχούς και μη συνεχούς διαθεσιμότητας πηγές, για μεν το 2010 μοιάζουν πολύ με το παγκόσμιο σύνολο, όμως, η Ελλάδα (και η Ευρωπαϊκή Ένωση) στοχεύουν μέχρι το 2020, σε πολύ πιο μεγάλη διείσδυση των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή από αυτή του Παγκόσμιου συνόλου. Για να είμαι συνεπής προς τη δέσμευσή μου περί οικονομικότητας και αμεροληψίας, θα αποφύγω κάθε σχόλιο και τοποθέτηση για τις παγκόσμιες ή τις ευρωπαϊκές προβλέψεις και επιδιώξεις. Θα διατυπώσω όμως την άποψη ότι ούτε οι μεν ούτε οι δε, μοιάζει να ελπίζουν σε «κυριαρχία των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή» τουλάχιστον όχι στον αρκετά μεγάλο χρονικό ορίζοντα που καλύπτουν οι παραπάνω προβλέψεις.

Γιατί είναι σήμερα τόσο σημαντικό το πρόβλημα της μη συνεχούς διαθεσιμότητας; Η ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ, όταν είναι διαθέσιμη, απορροφάται από το σύστημα κατ' απόλυτη προτεραιότητα. Όταν η συνολική παραγωγή υπερβαίνει τη ζήτηση, περικοπές πρέπει να γίνουν στη συμβατική παραγωγή. Όταν το ποσοστό αυτό υπερβαίνει το 20-25% του συνόλου, οι ρυθμιστές δεν μπορούν, με τα μέσα που διαθέτουν, να εξασφαλίσουν ισορροπία της παραγωγής με την κατανάλωση. Αυτό ήδη συμβαίνει ορισμένες ώρες στη Δανία, την Ισπανία και τη Γερμανία. Έτσι δημιουργείται ανάγκη για πρόσθετες εφεδρείες ή/και αποθήκευση. Και οι δύο λύσεις απαιτούν σοβαρές επενδύσεις.

Μήπως το κόστος των εγκαταστάσεων αποθήκευσης είναι απαγορευτικά υψηλό; Ο παράγων «κόστος» δεν επιτρέπεται να μη λαμβάνεται υπόψη από έναν μηχανικό. Ορισμός του μηχανικού από έναν καθηγητή μου: «An engineer is a person who can extract the most value out of a pound note». Ήταν Σκωτσέζος!

Πριν προχωρήσω σε εξέταση του κόστους εξασφάλισης μέσω αποθήκευσης, θα παραθέσω ορισμένα παραδείγματα που δείχνουν ποίο είναι το κόστος της μη ύπαρξης επαρκούς διαθεσιμότητας. Ένα πολύ χαρακτηριστικό παράδειγμα των συνεπειών αυτής της αδυναμίας, προκύπτει από τα στοιχεία της Δανίας, την οποία συχνά αναφέρουμε ως πρότυπο δυναμικής ανάπτυξης των ΑΠΕ. Είναι γνωστό ότι η χώρα αυτή της Βαλτικής έχει εξαιρετικά μεγάλη εγκατεστημένη ισχύ από ανεμογεννήτριες. Όμως, εκεί όπως και αλλού, ο αέρας είναι συχνά πολύ ισχυρός τις ώρες που η ζήτηση ηλεκτρισμού είναι στα ελάχιστα όριά της. Ως αποτέλεσμα, η Δανία υποχρεώνεται να εξάγει την περίσσεια ηλεκτροπαραγωγή σε γειτονικές χώρες σε τιμές «dumping» και να την αγοράσει πάλι από τις ίδιες όταν οι συνθήκες αντιστραφούν, σε πολύ υψηλότερες τιμές. Αποτέλεσμα: Ο Δανός καταναλωτής επιβαρύνεται με τιμές ηλεκτρισμού από τις υψηλότερες στον κόσμο!

Στη Γερμανία, η 16^η Ιουνίου 2013 ήταν μια ηλιόλουστη, δροσερή Κυριακή και το σύστημα ηλεκτροπαραγωγής της χώρας κόντεψε να καταρρεύσει λόγω υπερπαραγωγής ΑΠΕ. Οι λοιποί ηλεκτροπαραγωγοί αναγκάστηκαν να διαθέσουν την παραγωγή τους σε τιμή ΜΕΙΟΝ €100 ανά MWh⁷.

Αναφέρεται επίσης ότι, στην Καλιφόρνια και στο Τέξας, σε ορισμένες ώρες ισχύουν αρνητικά τιμολόγια, δηλαδή οι ηλεκτροπαραγωγοί πληρώνουν πελάτες για να παραλάβουν ηλεκτρισμό που παράγεται από ηλιακές ή αιολικές μονάδες σε ώρες που δεν υπάρχει φυσιολογική ζήτηση⁸.

Τέτοιες καταστάσεις έχουν επηρεάσει δραματικά την κερδοφορία της ηλεκτροπαραγωγής και η συνολική χρηματιστηριακή αξία (κεφαλαιοποίηση) των 20 μεγαλύτερων ηλεκτροπαραγωγών της Ευρώπης μειώθηκε κατά 50% τα τελευταία πέντε χρόνια⁷. Αυτές ήταν οι εταιρίες που αποτελούσαν ασφαλείς τοποθετήσεις για τα αποθεματικά ασφαλιστικών εταιρειών, συνταξιοδοτικών ταμείων, κ.λπ.

Όλα αυτά θα μπορούσαν να αποφευχθούν, αν υπήρχε η δυνατότητα αποθήκευσης.

Καθοριστικό στοιχείο της οικονομικής βιωσιμότητας των συστημάτων αποθήκευσης είναι το κεφαλαιακό κόστος των εγκαταστάσεων που ήταν και παραμένει στις περισσότερες περιπτώσεις, ιδιαίτερα υψηλό. Τα έσοδα προκύπτουν από τη συμμετοχή των συστημάτων αποθήκευσης στην ημερήσια αγορά ηλεκτρικής ενέργειας όπου εκμεταλλεύονται τη διαφορά τιμών βάσης και αιχμής. Τα παραπάνω, όπως και άλλα συμπληρωματικά έσοδα, εξαρτώνται από το ρυθμιστικό πλαίσιο. Με εξαίρεση ίσως τις εγκαταστάσεις αντλησιοταμίευσης, η οικονομικότητα των μονάδων εξακολουθεί και βασίζεται σε κρατικές επιδοτήσεις. Ως παραδείγματα τέτοιων επιδοτούμενων μονάδων αναφέρεται η εγκατάσταση της PG&E στο San Jose ισχύος 4-μεγαβάτ με μπαταρία Νάτριου - Θείου και η μονάδα 32 MW-μεγαβάτ με μπαταρία Λιθίου - Ίον σε αιολικό πάρκο της Edison στην πόλη Tehachapi της Καλιφόρνιας. Η πρώτη επιδοτήθηκε με \$3.3 εκατομμύρια από την Πολιτεία ενώ η Edison's έλαβα \$25 εκατομμύρια από το Υπουργείο Ενέργειας. Το ίδιο καθεστώς όμως, ή κάτι παρόμοιο, ίσχυε πριν λίγο καιρό και για τις ΑΠΕ.

Μήπως υπάρχουν άλλες, περιβαλλοντολογικά «καλοήθειες» και συνεχούς διαθεσιμότητας πηγές ηλεκτροπαραγωγής;

Το Φυσικό Αέριο; Είναι ασφαλώς μια ενδιαφέρουσα περίπτωση. Οι σύγχρονες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής με Φ/Α έχουν υψηλό βαθμό αποδόσεως (πάνω από 60%) και σημαντική ευελιξία στη μεταβολή φορτίου (minimum load, ramp up/down) που τις κάνει ιδιαίτερα κατάλληλες για την ρύθμιση ανισοτήτων μεταξύ παραγωγής και ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας. Ακόμη, οι εκπομπές CO₂ ανά kWh παραγόμενης από Φ/Α είναι κατά 80% μειωμένες σε σχέση με παραγωγή από ένα παλιό ανθρακικό σταθμό. Τέλος, το Φ/Α μπορεί να αποθηκεύεται. Στην Ευρώπη υπάρχουν συνολικά χώροι αποθήκευσης Φ/Α για 51 ημέρες κατανάλωσης.

Η χρησιμοποίηση Φυσικού Αερίου στην ηλεκτροπαραγωγή είναι συνεπώς η καλλίτερη ενδιάμεση λύση, αποτελεί μια «γέφυρα» ανάμεσα στο σημερινό καθεστώς και την προσδοκώμενη κυριαρχία των ΑΠΕ. Όμως είναι και αυτό ορυκτό καύσιμο, τα διαθέσιμα αποθέματά του δεν είναι ανεξάντλητα και συνεπώς δεν αποτελεί οριστική υποκατάσταση της ανάγκης για κυριαρχία των ΑΠΕ.

Η Πυρηνική Ηλεκτροπαραγωγή; Πριν πέντε χρόνια, μιλώντας σε μια εκδήλωση που και τότε οργάνωσε η Επιτροπή Ενέργειας της Ακαδημίας, είχα μιλήσει για μια διαφαινόμενη παγκοσμίως αναγέννηση «Renaissance» της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής. Μεσολάβησε όμως το ατύχημα (και τα ασυγχώρητα ανθρώπινα λάθη) στη Fukushima και η Renaissance έγινε Déjà Vu. Η Αναγέννηση έγινε μια από τα ίδια....! Αυτό σημαίνει ότι στο μερίδιο των συνεχούς διαθεσιμότητας πηγών ενισχύεται η συμμετοχή των ορυκτών καυσίμων. Έτσι η ειρωνεία είναι, ότι ίσως ο μεγαλύτερος ζημωμένος από τη Fukushima να είναι το περιβάλλον!

Από τα παραπάνω συνάγεται ότι, τα ορυκτά καύσιμα θα εξακολουθούν να αποτελούν την κύρια ενεργειακή πηγή στο παγκόσμιο ενεργειακό ισοζύγιο για πολλά χρόνια. Ως απόδειξη για του λόγου του αληθούς, αναφέρεται ότι οι επενδύσεις για εξερεύνηση και παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου το 2013 είναι υπέρ-τριπλάσιες από το σύνολο των επενδύσεων σε ΑΠΕ⁹.

Οι προοπτικές κυριαρχίας των ΑΠΕ θα φθάσουν σε ολοκλήρωση όταν επιλυθεί κατά τρόπο αξιόπιστο και οικονομικό το πρόβλημα συντονισμού της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από μη συνεχούς διαθεσιμότητας πηγές, με την κατανάλωση. Ο συντονισμός της παραγωγής από μη συνεχούς διαθεσιμότητας πηγές με την κατανάλωση μπορεί να επιτευχθεί όταν υπάρχουν εκτεταμένες και αξιόπιστες διασυνδέσεις που επιτρέπουν την πλεονάζουσα σε κάποια περιοχή ηλεκτρική ενέργεια, να διοχετεύεται σε κάποια άλλη περιοχή όπου υπάρχει ανάγκη και μάλιστα διασυνδέσεις με «έξυπνα δίκτυα», που να επιτρέπουν την αυτόματη προσαρμογή των ροών στις μεταβαλλόμενες συνθήκες παραγωγής και ζήτησης. Η άλλη και μόνη λύση που απομένει είναι η αποθήκευση και μάλιστα σε όλους τους τομείς του συστήματος, στον τομέα της παραγωγής,

στον τομέα της μεταφοράς, στον τομέα της διανομής και στον τομέα της κατανάλωσης. Αποθήκευση ηλεκτρισμού συνεπάγεται τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε κάποια «πρωτογενή ενεργειακή μορφή» και «αποθήκευση» εκεί μέχρις ότου υπάρξει ανάγκη κατανάλωσης, οπότε μετατρέπεται πάλι σε ηλεκτρισμό.

Στο υπόλοιπο της παρέμβασής μου, θα επιχειρήσω να παρουσιάσω τους διάφορους τρόπους αποθήκευσης που είναι γνωστοί ή αναζητούνται και τις προσπάθειες που γίνονται στο χώρο των ερευνητικών κέντρων ή των επιχειρήσεων για την αναβάθμιση και μείωση του κόστους της κάθε μιας. Θα αναφερθώ στη συνέχεια στο θέμα των μέτρων πολιτικής που θεσπίζονται για την υποστήριξη των παραπάνω προσπαθειών ή περισσότερο την ανεπάρκεια τέτοιων μέτρων υποστήριξης. Και θα καταλήξω με κάποιους προβληματισμούς για το τελευταίο αυτό αντικείμενο, στον Ελληνικό χώρο.

Πρωτογενείς μορφές αποθήκευσης είναι:

- Η μηχανική ενέργεια (δυναμική ή κινητική): Αντλησιοταμίευση, πεπιεσμένος αέρας, σφόνδυλοι.
- Η ηλεκτροχημική και ηλεκτροστατική ενέργεια: Μπαταρίες, συμπυκνωτές, υπεραγωγοί, κυψέλες καυσίμου.
- Η θερμική και θερμοχημική ενέργεια: Θερμότητα ειδική ή λανθάνουσα (π.χ., λιωμένα άλατα), ενέργεια απορρόφησης και
- Η χημική ενέργεια: Υδρογόνο, βιομάζα, κ.λπ.

Το θέμα της αποθήκευσης δεν είναι βέβαια καινούργιο, σε θεωρητικό δε επίπεδο υπάρχουν διάφορες τεχνολογίες που την επιτυγχάνουν, με ποικιλία σε διάρκεια αποθήκευσης, χωρητικότητα, χρόνους φόρτισης και αποφόρτισης, κ.λπ. Στην πράξη όμως και τουλάχιστον μέχρι σήμερα, τα 99% της εγκατεστημένης σε όλο τον κόσμο ισχύος αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, ανήκει στην κατηγορία των συστημάτων αντλησιοταμίευσης¹⁰.

Πίνακας 1: Εγκαταστάσεις αποθήκευσης ενέργειας στον κόσμο.

Τεχνολογία αποθήκευσης	Ισχύς (MW)
Αντλησιοταμίευση	12700
Αποθήκευση πεπιεσμένου αέρα	440
Μπαταρίες Νάτριο – Θείο	316
Μπαταρίες Μόλυβδος – Οξέα	35
Μπαταρίες Νικέλιο – Κάδμιο	27
Μηχανικοί Σφόνδυλοι	25
Μπαταρίες Λίθιο – Ίον	20
Μπαταρίες Redox Flow	3

Συνολικά λειτουργούν στην Ευρώπη εγκαταστάσεις αποθήκευσης που αντιστοιχούν στο 5% περίπου της συνολικής ισχύος. Όλες σχεδόν είναι μονάδες αντλησιοταμίευσης στις Άλπεις, στα Πυρηναία, στην Ορεινή Σκωτία, τις Αρδέννες, και τα Καρπάθια. Ανάμεσά τους και οι δικές μας (υβριδικές) στον Αλιάκμονα και το Νέστο. Από τη θεμελίωση της Μονάδας Αντλησιοταμίευσης στον Αλιάκμονα έχω μια αναμνηστική φωτογραφία (Εικόνα 4).



Εικόνα 4: Αναμνηστική φωτογραφία από τη θεμελίωση της Μονάδος Αντλησιοταμίευσης στον Αλιάκμονα.

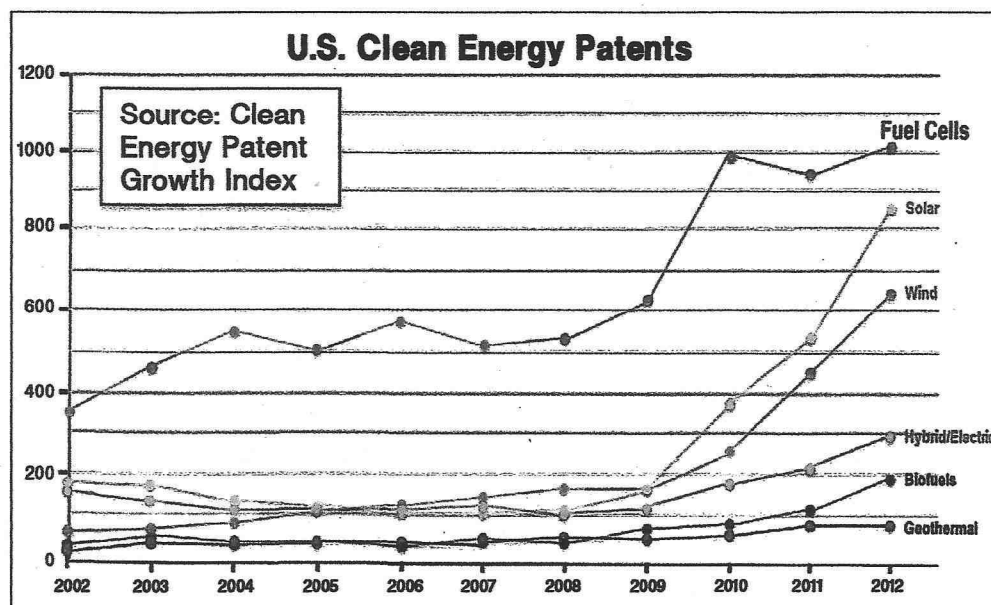
Η πενιχρή σημερινή εικόνα σε όλες τις μορφές αποθήκευσης πλν της αντλησιοταμίευσης, σε συνδυασμό με την αναγνωρισμένη πλέον σημασία της αποθήκευσης, έχει οδηγήσει πανεπιστήμια, επιστήμονες, επενδυτές, μηχανικούς και καινοτόμους επιχειρηματίες ανά τον κόσμο, σε αναζήτηση νέας τεχνολογίας που θα αναβαθμίσει ριζικά τα τωρινά μεγέθη αποθηκευτικής ισχύος. Οι ενδιαφερόμενοι δεν κινούνται απλά από επιστημονικό ενδιαφέρον. Τα τελευταία πέντε χρόνια κεφάλαια που έχουν τοποθετηθεί σε δραστηριότητες αποθήκευσης από επενδυτές που αναζητούν καινοτόμες εφαρμογές (venture capital) έχουν υπερδιπλασιαστεί σε σχέση με την προηγούμενη πενταετία και φθάνουν το ύψος των \$2,2 δισεκατομμυρίων¹¹. Μια έκθεση της εταιρίας IMS Research¹², προβλέπει ότι η αγορά για αποθήκευση ηλεκτρισμού που παράγεται από φωτοβολταϊκά, θα εκτιναχθεί, από επίπεδα της τάξεως των \$200 εκατομμυρίων το 2012 σε \$19 δισεκατομμύρια μέχρι το 2017.

Στον τομέα της τεχνολογικής προόδου, οι ερευνητικές προσπάθειες φαίνεται να επικεντρώνονται στις μπαταρίες, τόσο για τον χώρο της παραγωγής όσο και της κατανάλωσης (ηλεκτρικά αυτοκίνητα). Μεγαλύτερες ελπίδες συγκεντρώνει η μπαταρία Λίθιο - Ίον όπου έχει επιτευχθεί η πιο εντυπωσιακή πρόοδος. Η ηλεκτροπαραγωγός AES, έχει προγραμματίσει δημιουργία μονάδων αποθήκευσης ισχύος 1000 μεγαβάτ με χρησιμοποίηση κυρίως αυτού του τύπου. Η εταιρία δηλώνει ότι οι επενδύσεις της θα πετύχουν ικανοποιητική οικονομική απόδοση χωρίς τη χρήση κυβερνητικών επιδοτήσεων.

Πρόοδος σημειώνεται και σε μπαταρίες με άλλους συνδυασμούς ηλεκτροδίων. Στη Γερμανία η εταιρία Gildemeister παράγει ήδη μπαταρίες που βασίζονται στο σχετικά άγνωστο μέταλλο vanadium, τις οποίες εμπορεύεται στις Ηνωμένες Πολιτείες. Η εταιρία υποστηρίζει ότι οι μπαταρίες αυτές έχουν εφαρμογή σε ηλεκτρικά αυτοκίνητα, για αποθήκευση ηλιακής και αιολικής ενέργειας και για παροχή σε μικρές περιοχές όπου δεν υπάρχει κεντρική διασύνδεση. Η General Electric, από την άλλη, βλέπει πιο ευοίωνες προοπτικές στην μπαταρία Νατρίου -Χλωριούχου Νικελίου, την οποία εκείνη κατασκευάζει και θα εγκαταστήσει φέτος σε αιολικό πάρκο στο Τέξας.

Υπάρχει μια σχολή που υποστηρίζει ότι η ευχάριστη έκπληξη μπορεί να έρθει από τις κινέζες καυσίμων¹³. Η Εικόνα 5 παρουσιάζει τον αριθμό διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας που εκδόθηκαν τα τελευταία χρόνια και αφορούν διάφορες εφαρμογές «καθαρές» ενέργειας. Το στοιχείο αυτό θεωρείται χαρακτηριστικό της

έντασης του ενδιαφέροντος της επιστήμης σε κάθε τομέα, αλλά και των επιχειρηματικών προοπτικών. Εκτός από το ενδιαφέρον που αποκαλύπτεται για τις κυψέλες καυσίμου, αξιοπρόσεκτη είναι και η μεταβολή τάσεων που διαπιστώνεται για όλες τις μορφές από το έτος 2009. Και δεν μπορώ να αποφύγω την πολιτικής σημασίας διαπίστωση: Το 2009 ήταν βέβαια έτος αλλαγής φρουράς στον Λευκό Οίκο!



Εικόνα 5: Διπλώματα ευρεσιτεχνίας σε εφαρμογές «καθαρής» ενέργειας.

Άξια ειδικής μνείας είναι ασφαλώς η μονάδα ηλεκτροπαραγωγής Solana που κατασκευάζεται κοντά στο Phoenix στην Arizona¹⁴ και αναμένεται να τεθεί σε εμπορική λειτουργία στα τέλη του τρέχοντος έτους 2013. Είναι μια σχετικά μεγάλη μονάδα ισχύος 280 MW στην οποία το σύστημα εκμετάλλευσης είναι η συγκέντρωση ηλιακής ενέργειας με παραβολικά κάτοπτρα και παραγωγή ατμού. Η χρησιμοποιούμενη μέθοδος αποθήκευσης είναι η θερμική ενέργεια σε λιωμένα άλατα. Το κόστος επένδυσης ανέρχεται στα \$2 δισεκατομμύρια (περίπου €5000/kW) και η χρηματοδότησή της ενισχύθηκε με δάνειο \$1,45 δις που εγγυήθηκε το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ.

Στον τομέα των μέτρων πολιτικής η Καλιφόρνια κρατάει τα σκήπτρα. Οι φιλοδοξίες και οι επιδόσεις της Καλιφόρνιας στην πράσινη ενέργεια είναι γνωστές εδώ και χρόνια, καθώς η μεγάλη Πολιτεία της Δύσης ήταν η πρώτη που ανταποκρίθηκε στο κάλεσμα του Προέδρου Jimmy Carter της 18^{ης} Απριλίου 1977 που ζήτησε από τους Αμερικανούς πολίτες να θεωρήσουν την ενεργειακή κρίση ως «το ηθικό αντίστοιχο ενός πολέμου». Θεσπίστηκαν τότε κίνητρα, τέθηκαν στόχοι, ψηφίστηκαν κανονισμοί με αποτέλεσμα η Καλιφόρνια να γίνει και να παραμείνει η Πολιτεία των ΗΠΑ με τις μεγαλύτερες εγκαταστάσεις ΑΠΕ.

Με την αύξηση των ποσοτών συμμετοχής των ΑΠΕ στο συνολικό ενεργειακό ισοζύγιο ήρθε, ως λογική συνέπεια, η ανάδειξη της αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας ως προϋπόθεση για την ουσιαστική επικράτηση της «πράσινης» ενέργειας στην ηλεκτροπαραγωγή. Μετά από συζητήσεις και διαβουλεύσεις που κράτησαν μερικά χρόνια, ένα αποφασιστικό βήμα έγινε το Σεπτέμβριο του 2010 οπότε ο τότε Κυβερνήτης Arnold Schwarzenegger υπέγραψε το Νομοθέτημα AB2514 για την Αποθήκευση Ενέργειας. Το Νομοθέτημα ανέθεσε στη Πολιτειακή Επιτροπή Υπηρεσιών Κοινής Ωφέλειας να προσδιορίσει στόχους αποθήκευσης για κάθε επιχείρηση ηλεκτροπαραγωγής, να υιοθετήσει ένα σύστημα αποθήκευσης και να προσδιορίσει τους ποσοτικούς στόχους αποθήκευσης μέχρι την 31^η Δεκεμβρίου 2015 σε πρώτη φάση και μέχρι την 31^η Δεκεμβρίου 2020 σε δεύτερη. Σύμφωνα με τοπικούς παράγοντες, η Καλιφόρνια θα χρειαστεί στο άμεσο μέλλον την εγκατάσταση συστημάτων αποθήκευσης σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής ΑΠΕ της τάξης μεγέθους των 4000 μεγαβάτ που αντιστοιχεί σε 40% με 50% της εγκατεστημένης ισχύος ΑΠΕ¹⁵.

Η πολιτική βούληση που εκφράζεται με το Νομοθέτημα AB2514, έχει ήδη οδηγήσει σε υιοθέτηση συγκεκριμένων στόχων και προγραμμάτων. Η Επιτροπή Υπηρεσιών Κοινής Ωφέλειας παρουσίασε πρόγραμμα με ετήσιους στόχους για κάθε μια από τις επιχειρήσεις ηλεκτροπαραγωγής. Πολύ πρόσφατα ο νυν Κυβερνήτης Jerry Brown τοποθετήθηκε κατηγορηματικά υπέρ της αποθήκευσης με τη χαρακτηριστική φράση: «δεν μπορούμε πλέον να βασιζόμαστε μόνο στην ηλιοφάνεια. Πρέπει να την εμφιαλώσουμε¹⁶». Ήδη, το σύνθημα του κυβερνήτη εισακούστηκε από τις εταιρείες του χώρου, οι οποίες προσπαθούν να παρουσιάσουν αξιοποιήσιμες και ρεαλιστικές τεχνολογίες προκειμένου να εκμεταλλευτούν τη νέα τάση.

Όσον αφορά τους στόχους στην πράσινη ενέργεια, η Καλιφόρνια σχεδιάζει να παράγει το ένα τρίτο του ηλεκτρισμού της μέσω ΑΠΕ ως το 2020 και στην αποθήκευση σκοπεύει να έχει 1,3 GW. Πρόκειται για ισχύ ικανή να τροφοδοτήσει πάνω από ένα εκατομμύριο νοικοκυριά. Οι στόχοι προσαυξάνονται κατά 30% και 55% κάθε δύο χρόνια δημιουργώντας έτσι ισχυρά οικονομικά κίνητρα για την προώθηση διάφορων τεχνολογικών εφαρμογών. Τα παραπάνω συγκεκριμενοποιήθηκαν μόλις προ ολίγων ημερών οπότε με ομόφωνη απόφαση της California Public Utilities Commission οι επιχειρήσεις ηλεκτροπαραγωγής υποχρεούνται να εγκαταστήσουν συστήματα αποθήκευσης τουλάχιστον 200 μεγαβάτ το 2014 και 1350 μέχρι το 2020.

Το αυξανόμενο ενδιαφέρον για την αποθήκευση ενέργειας επιβεβαιώνεται από τη μεγάλη επιτυχία που είχε το πρώτο συνέδριο της ESNA (Energy Storage North America) που έγινε φέτος στις 10-12 Σεπτεμβρίου στην καρδιά της Silicon Valley, στο San Jose. Το συνέδριο παρακολούθησαν πάνω από 740 σύνεδροι από 16 χώρες που εκπροσωπούσαν 400 οργανισμούς. Το παραπάνω είναι όμως ένα μόνο από τα πολλά συνέδρια που έχουν αφιερωθεί φέτος στο ίδιο θέμα στην Αμερική, την Ευρώπη και την Κίνα.

Οι Αμερικανοί, εφευρετικοί πάντα στην χρησιμοποίηση παραστατικών συμβολισμών, ονομάζουν το θέμα της αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας το «Ιερό Δισκοπότηρο» (Holy Grail) της ενεργειακής επαικρότητας¹⁵. Ως παράδειγμα αναφέρουν ότι ενώ η Καλιφόρνια χρειάζεται σήμερα εγκατεστημένη ισχύ 50.000 Μεγαβάτ για να τροφοδοτεί τα κλιματιστικά μηχανήματα την εποχή θερινού καύσωνα, θα μπορούσε να καλύπτει τις ανάγκες μέγιστης ζήτησης με περίπου 40.000, αν διέθετε αρκετή αποθηκευμένη ισχύ.

Το ενδιαφέρον για την αποθήκευση δεν μονοπωλείται από την Καλιφόρνια. Κίνητρα και διευκολύνσεις έχουν θεσπισθεί και σε άλλες Πολιτείες όπως η Νέα Υόρκη και το Τέξας. Στη Νέα Υόρκη, η New York State Energy Research and Development Authority (NYSERDA) έχει προϋπολογίσει σημαντικά κονδύλια για την υποστήριξη καινοτόμων πρωτοβουλιών που προωθούν μεθόδους αποθήκευσης σε εμπορευματοποίηση¹⁷.

Αλλά και σε Ομοσπονδιακό επίπεδο υπάρχει κινητικότητα. Ήδη από τον Ιούλιο του 2010, η Γερουσία των ΗΠΑ ψήφισε ένα νομοθέτημα που ονομάζεται «Πράξη Αποθήκευσης 2010» με την οποία παρέχονται φορολογικές απαλλαγές μέχρι \$1,5 δισεκατομμύρια για επενδύσεις που προωθούν αποθήκευση ηλεκτρισμού. Πιο πρόσφατα παρατηρείται έντονη κινητικότητα στο Κογκρέσο και τη γερουσία όπου διάφορες φορολογικές διευκολύνσεις ή άλλα κίνητρα που αρχικά προορίζονταν για την παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ τώρα επεκτείνονται ή ακόμη και περιορίζονται αποκλειστικά, σε έργα αποθήκευσης ενέργειας. Σαφώς θετική είναι και η τοποθέτηση του νέου Υπουργού Ενέργειας Ernest Moniz - μέχρι πριν λίγο προέδρου του Συμβουλίου Ενέργειας του MIT - όπως προκύπτει από πρόσφατη κατάθεσή του στη αρμόδια Υποεπιτροπή του Κογκρέσου¹⁸.

Το θέμα είναι ιδιαίτερα ανεβασμένο στην Κίνα σε θεσμικό, ερευνητικό και επιχειρηματικό επίπεδο. Στο 12^ο Πενταετές Πρόγραμμα Εθνικής Ενεργειακής Πολιτικής που δημοσιεύτηκε τον Ιανουάριο του 2013, η σπουδαιότητα της αποθήκευσης ενέργειας αναφέρεται κατ' επανάληψη. Αν και δεν έχει εγκαταλειφθεί η πυρηνική επιλογή, η κυβέρνηση προαναγγέλλει τη θέσπιση βιομηχανικής πολιτικής για την αποθήκευση ενέργειας. Η CNESA - China National Energy Storage Alliance- (ένα IOBE ειδικό για την αποθήκευση ενέργειας!), έχει έντονη δραστηριότητα και μεταξύ άλλων, οργανώνει μεγάλα διεθνή συμπόσια στο Πεκίνο το 2012, το 2013 και πάλι το Μάιο του 2014.

Τέλος, ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας προανήγγειλε την δημοσίευση Οδικού Χάρτη για την αποθήκευση ενέργειας το 2014.

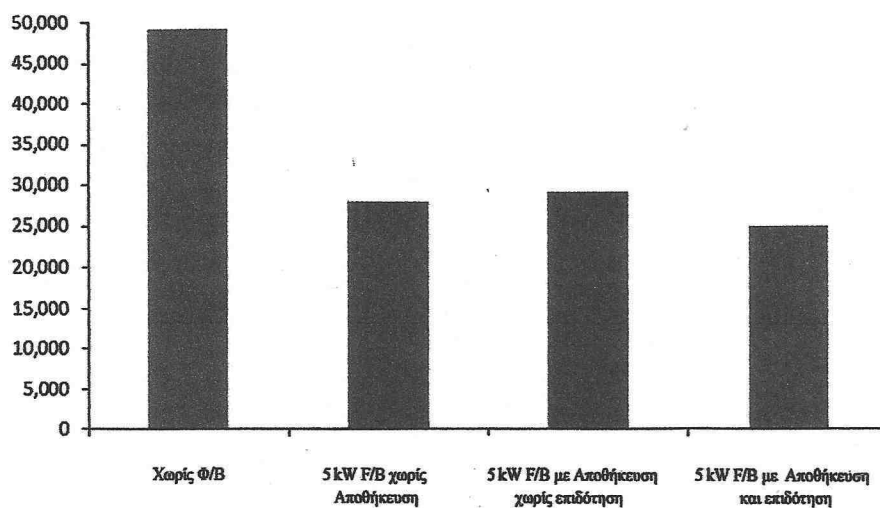
Στην Ευρώπη, σε επιστημονικό τουλάχιστον επίπεδο, η σημασία της αποθήκευσης και η αναγκαιότητά της σε σχέση με την επίτευξη των Ευρωπαϊκών στόχων για τις ΑΠΕ επισημαίνεται εδώ και πολλά χρόνια. Ιδιαίτερα ενδιαφέρον είναι το ερευνητικό πρόγραμμα stoRE¹⁹ που αναδεικνύει τις ανάγκες και προοπτικές για αποθήκευση σε Αυστρία, Δανία, Γερμανία, Ελλάδα, Ιρλανδία και Ισπανία. Το σχετικό για την Ελλάδα μέρος του ερευνητικού προγράμματος διεξάγεται στο ΕΜΠ τα δε σχετικά πορίσματα είναι άξια ιδιαίτερης προσοχής.

Απουσιάζει πάντως στον Ευρωπαϊκό χώρο μια συγκεκριμένη πολιτική για την υποστήριξη επενδύσεων ή καθορισμό του θεσμικού πλαισίου λειτουργίας των μονάδων αποθήκευσης.

Εξαιρέση στην τελευταία παρατήρηση είναι η περίπτωση της Γερμανίας. Εκεί, όπως είναι γνωστό, το κράτος έχει διαθέσει σημαντικά κονδύλια για την υποστήριξη επενδύσεων σε φωτοβολταϊκά στον οικιακό τομέα με το σύστημα των feed-in-tariffs και πέτυχε τη δημιουργία μεγάλου αριθμού τέτοιων μονάδων. Ήδη, το κράτος επιδοτεί επί πλέον το κόστος εγκατάστασης συστημάτων αποθήκευσης της ηλιακής ενέργειας που παράγεται από τις παραπάνω μονάδες.

Τα οικονομικά πλεονεκτήματα αυτών των συστημάτων αποθήκευσης ως συμπλήρωμα των φωτοβολταϊκών σε ένα τυπικό σπίτι στη Γερμανία εμφανίζονται στην Εικόνα 6. Η αγορά αυτών των συστημάτων αποθήκευσης υπολογίζεται να φθάσει τα 15 δισεκατομμύρια Ευρώ μέχρι το 2017¹⁷.

Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας για ένα τυπικό σπίτι στη Γερμανία – Με και χωρίς Φ/Β και αποθήκευση
Κόστος σε \$=Επένδυση + Συντήρηση για Φ/Β + Τιμολόγια παροχής Ηλεκτρισμού – Feed-in-Tariff



Source: IMS Research - now part of IHS Inc.

Apr-13

Εικόνα 6: Συγκριτικό κόστος οικιακού ρεύματος στη Γερμανία.

Στο επίπεδο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής είναι βέβαιο ότι η σημασία της αποθήκευσης δεν είχε σωστά αξιολογηθεί την εποχή που καταρτιζόνταν η πολιτική των τριών 20²⁰. Αλλά και αργότερα, σε κείμενα όπως ο Οδικός Χάρτης 2050²¹, η αποθήκευση ενέργειας αναγνωρίζεται παρενθετικά ως θέμα που πρέπει κάπως να αντιμετωπιστεί προκειμένου να επιτευχθούν φιλόδοξοι στόχοι για τη συμμετοχή των ΑΠΕ στην Ευρωπαϊκή ηλεκτροπαραγωγή (όπως 80% για το σύνολο της Ευρώπης ή ακόμη και 95% ειδικά για τη Γερμανία).

Το ενδιαφέρον για το θέμα της αποθήκευσης αυξήθηκε καθυστερημένα αλλά κατακόρυφα τους τελευταίους μήνες. Η Γενική Διεύθυνση Ενέργειας παρουσίασε ένα κείμενο εργασίας αφιερωμένο στο αντικείμενο μόλις τον Ιανουάριο του 2013²². Παρουσιάζοντας αυτό το κείμενο, ο αρμόδιος αναλυτής της DG ENER κ. Bemtgen, κατέθεσε ότι «η αποθήκευση είναι ο πιο αδύναμος κρίκος στην ενεργειακή πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης και αποτελεί παράγοντα-κλειδί για την αύξηση των ανωτάτων ορίων διείσδυσης των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο». Αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι «Η αποθήκευση ενέργειας πρέπει να ενσωματώνεται και να υποστηρίζεται σε όλα τα υφιστάμενα και μελλοντικά μέτρα και νομοθετήματα που αφορούν την ενέργεια και την κλιματική αλλαγή».

Τη σημασία της αποθήκευσης αναγνωρίζει πλέον σε διάφορα κείμενα και ομιλίες ο αρμόδιος για την Ενέργεια Επίτροπος κ. Oettinger, σύμφωνα με τον οποίο το θέμα της αποθήκευσης πρέπει να συν-αξιολογείται από την αρμόδια Γενική Διεύθυνση σε κάθε μελλοντική πρόταση ενεργειακής πολιτικής. Παραμένει πάν-

τως ασαφής η έκταση της πολιτικής βούλησης καθώς και η πρόθεση διάθεσης ερευνητικών κονδυλίων προς την κατεύθυνση της αποθήκευσης.

Όσον αφορά τον Ελληνικό Ενεργειακό Σχεδιασμό, η Ελλάδα έχει ενστερνιστεί την Ευρωπαϊκή πολιτική για τα τρία 20 και προσπαθεί να την εφαρμόσει με επιμονή και συνέπεια. Είναι άλλωστε αναμφισβήτητα και δική μας επιλογή αφού η Ελλάδα είναι πλούσια σε ανεξάντλητες αλλά μη συνεχούς διαθεσιμότητας πρωτογενείς πηγές ενέργειας ενώ είναι φτωχή και εξαρτώμενη από το εξωτερικό, σε διαρκούς διαθεσιμότητας πηγές. Τουλάχιστον προς το παρόν!

Για τις μη συνεχούς διαθεσιμότητας πηγές ηλεκτροπαραγωγής, η χώρα έχει θέσει στόχους σαφείς και περισσότερο φιλόδοξους από αυτούς που επιδιώκει ο υπόλοιπος Κόσμος. Σύμφωνα με αυτούς, μέχρι το 2020 το 40% της παραγόμενης στην Ελλάδα συνολικά ηλεκτρικής ενέργειας, πρέπει να προέρχεται από ΑΠΕ. Ο Πίνακας 2 απεικονίζει την τωρινή κατάσταση. Αξιοπρόσεκτο ασφαλώς είναι το «άλλα» που επιτελέστηκε το 2013 με το οποίο υπερκαλύφθηκαν ήδη οι στόχοι για το 2020 ²³!

Πίνακας 2: Εγκατεστημένη ισχύς σε MW.

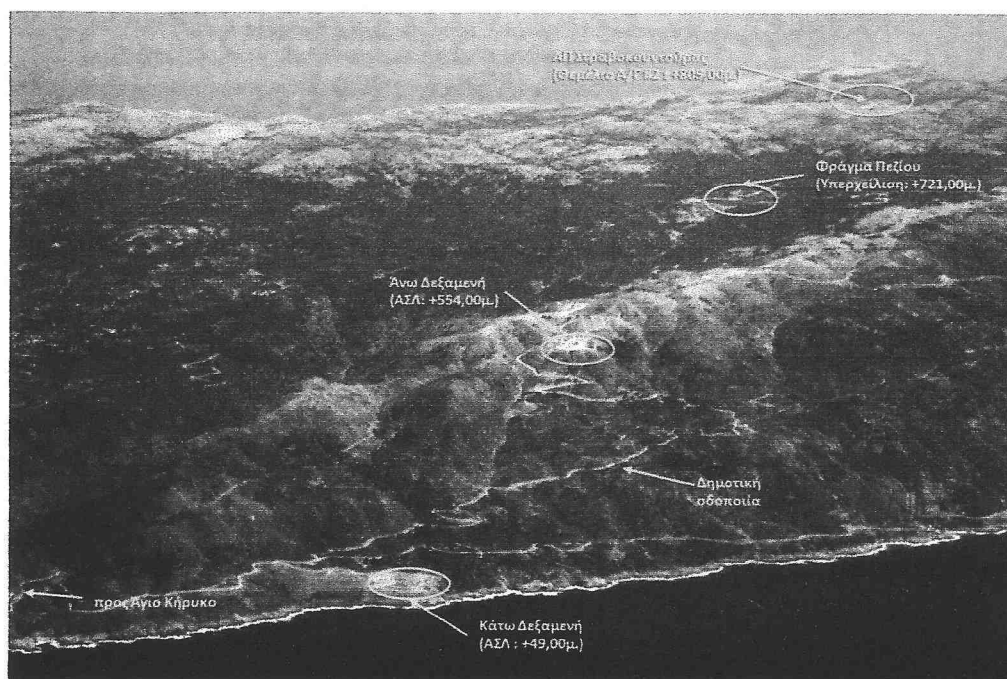
Σύστημα	Τέλος 2012	Αύγουστος 2013	Στόχοι 2020
Αιολικά	1753	1810	7500
Φωτοβολταϊκά	1536	2519	2200
Μικρά Υ/Δ+Βιομάζα	258	264	950

Για τις συνεχούς διαθεσιμότητας πηγές οι στόχοι στη χώρα μας είναι λιγότερο σαφείς, όσον αφορά δε την αποθήκευση, αποτελεί και στη δική μας πολιτική τον πιο αδύναμο κρίκο. Σε αντίθεση όμως με το θέμα της πολιτικής, στα ερευνητικά κέντρα της χώρας διεξάγεται αριθμός έργων που σχετίζονται με τις ΑΠΕ και την αποθήκευση ενέργειας. Ενδιαφέρουσα είναι η εκτενής καταγραφή της σχετικής ερευνητικής δραστηριότητας σε ελληνικά ερευνητικά κέντρα²⁴. Απόσπασμα από την πληρέστερη αυτή καταγραφή αποτελεί ο Πίνακας 3 που περιλαμβάνει εργασίες για κυψέλες καυσίμου, ευφυή δίκτυα και συσσωρευτές λιθίου.

Πίνακας 3: Έρευνα σε Δημόσια Ερευνητικά Κέντρα.

ΦΟΡΕΑΣ	ΚΥΨΕΛΕΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	ΕΥΦΥΗ ΔΙΚΤΥΑ	ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ ΛΙΘΙΟΥ
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ	X	X	X
ΕΙΕ			X
ΕΚΑΤΑ	X	X	
ΕΜΠ	X	X	
ΕΚΕΦΕ	X	X	X
ΙΤΕ	X		X
ΚΑΠΕ	X	X	
ΠΑΝ. Δ.. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	X		X
ΠΑΝ. ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	X		
ΠΑΝ. ΚΡΗΤΗΣ	X		
ΠΑΝ. ΠΑΤΡΩΝ	X		
ΠΟΛ. ΚΡΗΤΗΣ	X		
ΤΕΙ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ			X
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ		X	

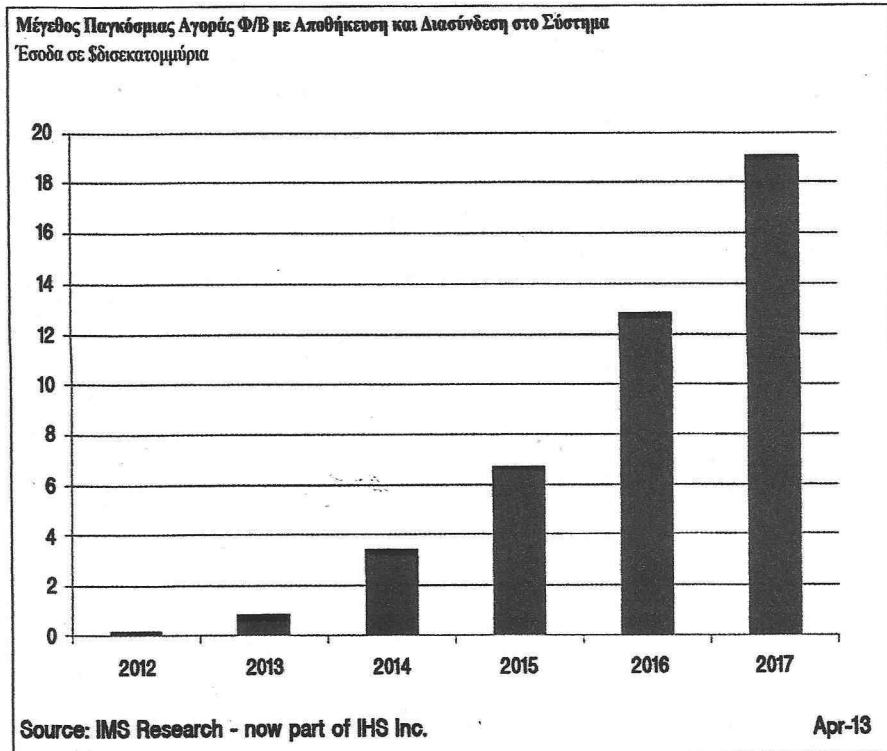
Άξιο αναφοράς είναι επίσης ότι στον ιδιωτικό τομέα, μια τουλάχιστον εταιρία στη Βόρειο Ελλάδα δηλώνει ότι επενδύει το 3% του κύκλου εργασιών της στο σχεδιασμό, ανάπτυξη και αξιολόγηση συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας. Επίσης άξιο αναφοράς είναι το φιλόδοξο έργο συνδυασμού αιολικής ενέργειας και αντλησιοταμίευσης που βρίσκεται σε προχωρημένο στάδιο κατασκευής στη νήσο Ικαρία του οποίου πανοραμική εικόνα παρουσιάζεται (Εικόνα 7). Το έργο περιλαμβάνει αιολικό πάρκο συνολικής ισχύος 2,7 MW και δύο υδροηλεκτρικούς σταθμούς ισχύος 1,05 MW και 3,15 MW, υπάρχουν δε δύο δεξαμενές νερού με τις οποίες εξασφαλίζεται αντλησιοταμίευση 3 MW.



Εικόνα 7: Πανοραμική εικόνα έργου στην Ικαρία.

Σε επιστημονικό επίπεδο στη χώρα μας, όπως και στην υπόλοιπη Ευρώπη, το θέμα έχει αναδειχθεί εδώ και πολλά χρόνια. Η ΡΑΕ και το ΕΜΠ έχουν αναδείξει το συσχετισμό ποσοστού ΑΠΕ και ευστάθειας του Συστήματος από τις αρχές της προηγούμενης δεκαετίας. Σημαντική σχετική εργασία βρίσκεται υπό εξέλιξη στο ΕΜΠ στα πλαίσια του ευρωπαϊκού ερευνητικού προγράμματος stoRE²⁵. Στις αρχές του 2013 η ΡΑΕ έθεσε σε Δημόσια Διαβούλευση πρόταση για Θεσμικό Πλαίσιο που αφορά τη Λειτουργία και Τιμολόγηση Αποθηκευτικών Σταθμών στο Σύστημα²⁶. Αν και ο τίτλος αναφέρεται σε αποθηκευτικούς σταθμούς γενικά, αφορά ειδικά σταθμούς αντλησιοταμίευσης. Σχετική μελέτη που ανέθεσε η ΡΑΕ σε άλλο τμήμα του ΕΜΠ βρίσκεται επίσης σε στάδιο ολοκλήρωσης²⁷. Όλες οι μελέτες που έχει εκπονήσει η ΡΑΕ, με τη συνδρομή έγκριτων επιστημονικών φορέων της χώρας, έχουν καταδείξει ότι η δημιουργία αποθηκευτικών μονάδων που θα αξιοποιούν την ενέργεια των ΑΠΕ, την οποία δεν μπορεί να απορροφήσει το Σύστημα κατά την ώρα που παρέχεται από τη Φύση (π.χ., άνεμος, ήλιος), και η οποία αλλιώς θα απορρίπτονταν για τεχνικούς λόγους, αποτελεί βασική προϋπόθεση για την επίτευξη των εθνικών ενεργειακών στόχων και των συναφών ευρωπαϊκών δεσμεύσεων της χώρας που στοχεύουν στην αύξηση της διείσδυσης των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο.

Από όλα τα παραπάνω εξάγεται το συμπέρασμα ότι και στη χώρα μας η αποθήκευση ενέργειας πρέπει να ενσωματώνεται και να υποστηρίζεται σε όλα τα υφιστάμενα και μελλοντικά μέτρα και νομοθετήματα που αφορούν την ενέργεια και την κλιματική αλλαγή. Αλλά προσθέτω και μια ακόμη διάσταση: Η Ελλάδα μπορεί και πρέπει να διεκδικήσει το μερίδιό της στην αυξανόμενη παγκόσμια επενδυτική δραστηριότητα στον τομέα της αποθήκευσης ενέργειας μια εικόνα της οποίας παρουσιάζεται²⁸ στην Εικόνα 8.



Εικόνα 8: Εκτίμηση προοπτικών αγοράς Συστημάτων Αποθήκευσης.

Ανακεφαλαιώνοντας, τα μέτρα και κανονισμοί που μέχρι σήμερα έχουν εκδοθεί στη χώρα μας, όπως ο Νόμος 3468/2006 που δημιούργησε το θεσμικό πλαίσιο για την αδειοδότηση και λειτουργία συστημάτων αντ-ληψιοταμίευσης, αλλά και οι σχετικές εισηγήσεις της ΠΑΕ, έχουν ρυθμιστικό χαρακτήρα. Το ζητούμενο είναι η κατάρτιση και υιοθέτηση στρατηγικής.

Για να αναβαθμίσουμε τις προοπτικές των ΑΠΕ και να διεκδικήσουμε επενδύσεις στον τομέα της αποθήκευσης πρέπει ασφαλώς να προσαρμόσουμε κατάλληλα την εθνική ενεργειακή μας στρατηγική. Οι επιλογές μας εν προκειμένω είναι δύο.

Επιλογή Α: Να περιμένουμε τη διαμόρφωση της Ευρωπαϊκής πολιτικής με στόχους, χρονοδιαγράμματα, κ.λπ., την οποία θα υιοθετήσουμε κατ' ανάγκη.

Επιλογή Β: Ως οι περισσότεροι ίσως ενδιαφερόμενοι στην Ευρώπη... να πάρουμε από μόνοι μας κάποιες πρωτοβουλίες.

Αφήνοντάς σας με αυτόν τον προβληματισμό, σας ευχαριστώ για την προσοχή σας.

ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ

¹ Αλέξανδρος Νεχαμά: «Μπορεί η τέχνη του βίου να διδαχθεί;». The Athens Review of Books, Τεύχος 43, Σεπτέμβριος 2013.

² Bj-m Lomborg: «The Decline of Renewable Energy». <http://www.project-syndicate.org>, 14 Αυγούστου 2013.

³ International Energy Agency: «World Energy Outlook Special Report 2013: Redrawing the Energy Climate Map». 10 Ιουνίου 2013.

⁴ Ο Νόμος του Ohm $I=V/R$ και ο Νόμος των Navier-Stokes $q = k\Delta p/\mu$.

⁵ Mort Webster, Pearl Donohoo & Bryan Palmintier: «Water-CO₂ trade-offs in electricity generation planning». Αναρτήθηκε στην ηλεκτρονική έκδοση του περιοδικού Nature Climate Change στις 27 Οκτωβρίου 2013. <http://www.nature.com/nclimate/journal/vaop/ncurrent/full/nclimate2032.html> - a1

⁶ International Energy Agency: World Energy Outlook 2012.

⁷ «How to lose half a trillion Euros», The Economist, October 12-16, 2013.

- ⁸ Davide Castelvetti: «Gather the Wind». Scientific American, Μάρτιος 2012.
- ⁹ Ναταλί Αλαζάρ-Του: Συνέντευξη Τύπου Ινστιτούτου IFP Energies Nouvelles, Καθημερινή, 18 Οκτωβρίου 2013.
- ¹⁰ Electric Power Research Institute: «Electric Energy Storage Technology Options». An EPRI Executive Summary, Δεκέμβριος 2010.
- ¹¹ Cleantech Group, San Francisco California, 2013.
- ¹² IMS Research Report: «The Role of Energy Storage in the World PV Industry»; 24 Μαΐου 2013.
- ¹³ Sunita Satyapal: «Hydrogen & Fuel Cells Program Overview». US Department of Energy, Annual Merit Review, 13 Μαΐου.
- ¹⁴ National Renewable Energy Laboratory: «Solana Generating Station». Έκθεση Οκτώβριος 2013.
- ¹⁵ Edward G. Cazalet, Ph.D., Vice President and Co-Founder of Megawatt Storage Farms.
- ¹⁶ Governor Jerry Brown: Δήλωση στην ομιλία του στην Ημερίδα της Intersolar στο San Francisco, 9 Ιουλίου 2013.
- ¹⁷ NY-BEST Member Newsletter: «Bringing you the latest updates from the Battery and Energy Storage Industry». 6 Σεπτεμβρίου 2013.
- ¹⁸ Brendan Moss (bmoss@hdmk.org): Energy Secretary highlights Energy Storage Benefits. 18 Σεπτεμβρίου 2013.
- ¹⁹ Michael Papapetrou, Thomas Maidonis, Raquel Garde and Gabriel García: «European Regulatory and Market Framework for Electricity Storage Infrastructure» Project stoRE for facilitating energy storage to allow high penetration of intermittent renewable energy. Deliverable 4.2, Ιούνιος 2013.
- ²⁰ Τα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης συμφώνησαν στην επίτευξη των ακόλουθων στόχων έως το 2020: α) Μείωση των εκπομπών των αερίων θερμοκηπίου κατά 20%. β) Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά 20%. γ) Αύξηση του ποσοστού διείσδυσης των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας στο 20% της τελικής κατανάλωσης.
- ²¹ Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: «Energy Road Map 2050». Βρυξέλλες 2011.
- ²² Γενική Διεύθυνση Ενέργειας Ευρωπαϊκής Επιτροπής (DG ENER): Working Paper on «The future role and challenges of Energy Storage», 14 Ιανουαρίου 2013.
- ²³ ΑΔΜΗΕ, ΔΑΓΗΕ, ΔΕΔΔΗΕ: Μηνιαία Δελτία Ενέργειας.
- ²⁴ ΣΕΒ Στέγη της Ελληνικής Βιομηχανίας: «Τεχνολογία & Καινοτομία – Τεχνολογίες Ενέργειας», Ενημερωτικό Δελτίο 2012.
- ²⁵ Ι. Αναγνωστόπουλος και Δ. Παπαντώνης: «Εκτίμηση μελλοντικών αναγκών αποθήκευσης ενέργειας στο ηλεκτρικό σύστημα της Ελλάδας». Εργαστήριο Υδροδυναμικών Μηχανών ΕΜΠ, Πρόγραμμα store, Απρίλιος 2013.
- ²⁶ ΡΑΕ: «Δημόσια Διαβούλευση επί των πιθανών αρχών διαχείρισης των αποθηκευτικών σταθμών στο διασυνδεδεμένο σύστημα». Φεβρουάριος και Μάρτιος 2012.
- ²⁷ Στ. Παπαθανασίου και Ε. Καραμάνου: «Διατύπωση και Προκαταρκτική Αξιολόγηση Εναλλακτικών Προτάσεων για τη Διαχείριση και Τιμολόγηση Σταθμών Αποθήκευσης στο Σύστημα». Φορέας ανάθεσης Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας, Αθήνα, Ιούνιος 2013.
- ²⁸ IMS Research: «Commercial segment set to lead solar energy storage market by 2017». Research Publications, 24 Σεπτεμβρίου 2013.