



Μικρές Ανεμογεννήτριες

Συνέδριο ENERTECH 2011, 30 Σεπτεμβρίου

Θανάσης Γεωργακόπουλος

Μέλος της Εξελεγκτικής Επιτροπής της ΕΛΕΤΑΕΝ

Εισαγωγή - Γενικά

Με την υιοθέτηση του Νόμου 3851/2010 τέθηκαν οι βάσεις για την Ανάπτυξη των μικρών Α/Γ στην Ελλάδα

- Προσδιορίστηκαν οι απαιτήσεις περιβαλλοντικής αδειοδότησης
- Απαλλάχθηκαν από τις αποφάσεις εξαίρεσης
- Διαμορφώθηκε ειδικό τιμολόγιο για Α/Γ < των 50kW
- Απαλλάχθηκαν από την ανάγκη εκπόνησης αιολικών μετρήσεων σε επίπεδο αδειοδότησης

Η Ελλάδα πρέπει να έχει μια σαφή στροφή στην αποκεντρωμένη παραγωγή Ηλεκτρικής ενέργειας με μικρά υβριδικά συστήματα και έξυπνα δίκτυα, αξιοποιώντας τον πλούτο που της χαρίζει απλόχερα η φύση: Τον ήλιο και τον Άνεμο. Η γεωμορφολογία της χώρας μας επιτρέπει την ανάπτυξη της διάσπαρτης παραγωγής τόσο στη νησιωτική όσο και στην ηπειρωτική Ελλάδα.

Κατηγοριοποίηση ΜΑΓ

Οι πιο συνηθισμένες παράμετροι για την κατηγοριοποίηση των Μικρών Ανεμογεννητριών είναι οι ακόλουθες :

- A. Διάμετρος του στροφείου (Rotor Diameter)
- B. Επιφάνεια σάρωσης του στροφείου (rotor swept area)
- Γ. Ονομαστική ισχύς λειτουργίας



ΕΛΕΤΑΕΝ: Από την Θεωρία στην Πράξη. Το μικρό είναι Όμορφο

Η κατηγοριοποίηση των ΜΑΓ προκύπτει από το πρότυπο IEC 61400-2 βάση της επιφάνειας σάρωσης. Πιο συγκεκριμένα ισχύει ο ακόλουθος πίνακας :

	Micro	Πολύ Μικρές	Μικρές
Επιφάνεια σάρωσης	$A \leq 3,5m^2$	$3,5m^2 < A \leq 40m^2$	$40m^2 < A \leq 200m^2$
Διάμετρος Στροφείου	$D \leq 2,1m$	$2,1m < D \leq 7m$	$7m < D \leq 16m$
Ονομαστική Ισχύς	$P \leq 1kW$	$1kW < P \leq 10kW$	$10kW < P \leq 75kW$

Αυτή τη στιγμή υπάρχουν περισσότεροι από 200 κατασκευαστές μικρών Ανεμογεννητριών σε όλο τον κόσμο που παράγουν προϊόντα σε αυτή την κλίμακα. Οι μεγαλύτερες αγορές εντοπίζονται στην Αμερική , το Ηνωμένο Βασίλειο και την Κίνα.

Το 75% της παραγωγής των ΜΑΓ προορίζεται για αυτόνομα υβριδικά συστήματα σε συνδυασμό με έξυπνα μίνι δίκτυα. Σήμερα λόγω της θέσπισης συστημάτων εγγυημένης τιμής kWh (feed in tariffs) σε χώρες όπως η Ιταλία, το Ην Βασίλειο, η Πορτογαλία και η Ελλάδα, δημιουργείται μια αυξητική τάση εγκατάστασης διασυνδεδεμένων συστημάτων στην κατηγορία των Μικρών & Πολύ μικρών Ανεμογεννητριών και κατά συνέπεια ξεκινούν οι συνθήκες ωρίμανσης της αγοράς αυτής.

Επιλογή τεχνολογίας & Σχεδιασμός έργου

Σίγουρα πριν την απόφαση εγκατάστασης μιας μικρής Ανεμογεννήτριας μας έχουν απασχολήσει ερωτήματα όπως

- Ποια είναι η μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου στην περιοχή ενδιαφέροντος?
- Πόσες kWh θα παράγει ετησίως η Α/Γ σαν συνάρτηση του μεγέθους ισχύος αυτής και του ύψους του πύργου?
- Πρέπει να τοποθετήσω μια μεγάλη Α/Γ ή θα ήταν καλύτερο να εγκαταστήσω δύο μικρότερης ισχύος?
- Τα χαρακτηριστικά της θέσης εγκατάστασης με ποια ανεμογεννήτρια (καμπύλη ισχύος) ταιριάζουν καλύτερα?
- Μήπως η θέση εγκατάστασης εμφανίζει έντονα καιρικά φαινόμενα πέραν των αντοχών της ΜΑΓ?

Ο σχεδιασμός ενός έργου Μικρών Ανεμογεννητριών και η πρόβλεψη της ετήσιας ενεργειακής παραγωγής δεν είναι εύκολη υπόθεση.

Η σύγκριση με τις απαιτήσεις σχεδιασμού ενός αντίστοιχου έργου φωτοβολταϊκών αποδεικνύει τις αιτίες :



ΕΛΕΤΑΕΝ: Από την Θεωρία στην Πράξη. Το μικρό είναι Όμορφο

Εργασία	Φωτοβολταικά	Μικρές Ανεμογεννήτριες
Εκτίμηση Ανανεώσιμης πηγής	Μοντέλα που προσφέρουν επαρκή ακρίβεια ενεργειακών υπολογισμών σε συνάρτηση με τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά της θέσης	Εκτίμηση μέσης ετήσιας ταχύτητας ανέμου, Κύριας διεύθυνσης ανέμου, τυρβώδους ροής και συντελεστή διάτμησης, αλληλεπίδραση σε περίπτωση εγκατάστασης περισσότερων από μία Α/Γ
Χωροθέτηση	Προσανατολισμός πλαισίων, κλίση και επίδραση σκιάσεων	Η επίδραση των εμποδίων στην τοποθέτηση του πύργου της ΜΑΓ δεν είναι ορατή ή μοντελοποιήσιμη. Επιπλέον τύρβη ή σκιάσεις δεν ποσοτικοποιούνται πλην της μέτρησης
Υπολογισμός Ισχύος	Διαθέσιμη επιφάνεια εγκατάστασης και μέγιστη ισχύς πλαισίου	Προκύπτει από την επιφάνεια σάρωσης του στροφείου της ΜΑΓ, της ονομαστικής ισχύος και του ύψους του πύργου
Επιλογή τεχνολογίας	Τύπος πλαισίου & αντιστροφέα	Μεγάλη ποικιλία τάσεων Μεταβλητές στροφές Προσανεμισμός (Ενεργός ή παθητικός), Μεταβλητό βήμα πτερυγίων
Αξιολόγηση λειτουργικών παραμέτρων	Αξιόπιστη τεχνολογία χωρίς κινούμενα μέρη	Απαιτήσεις ασφαλείας, αποφυγή μετάδοσης θορύβου ή κραδασμών,
Παρακολούθηση & συντήρηση	Περιορίζονται σε απλή επιθεώρηση της εγκατάστασης που συνήθως περιλαμβάνει καθαρισμό και συσφίξεις	Απαιτείται συστηματικό πρόγραμμα από εξειδικευμένο προσωπικό και ύπαρξη κατάλληλου εξοπλισμού και πιστοποιήσεων
Υπολογισμός κόστους	Σαφής πτωτική τάση για όλες τις τεχνολογίες.	Μεγάλη εξάρτηση από την εφαρμοζόμενη τεχνολογία, χωρίς σαφείς ενδεικτικές τάσεις στην αγορά. Η τρέχουσα τιμή εγκατεστημένου έργου κυμαίνεται από 2500 έως 5000 Eur/kW



Πιστοποιήσεις (Certification) Μικρών Ανεμογεννητριών

Υπάρχει πρότυπο πιστοποίησης για τις Μικρές Ανεμογεννήτριες? Τι ισχύει στις άλλες χώρες

Το παράδειγμα της Γερμανίας.

Η Γερμανία δεν έχει εκδώσει κάποιο πρότυπο για την πιστοποίηση ΜΑΓ αλλά έχει υιοθετήσει τα ακόλουθα δύο

- AWEA Standard 9.1 -2009
- BWEA standard on small wind turbine performance and safety

Το παράδειγμα της Ισπανίας

Παρόμοια η Ισπανία δεν διαθέτει κάποιο ειδικό πρότυπο αλλά

- Έχει υιοθετήσει τα αντίστοιχα πρότυπα της AWEA & BWEA
- Χαρακτηρίζει τις ΜΑΓ με βάση την καμπύλη ισχύος τις μετρήσεις θορύβου και τα αποτελέσματα των δοκιμών αντοχής αυτών
- Αφήνει ανοικτή την Υιοθέτηση του προτύπου IEC 61400 -2 σε μεταγενέστερο χρόνο όταν η αγορά θα έχει ωριμάσει δεδομένου ότι τώρα χαρακτηρίζεται ως πολύ σοβαρό και οικονομικά δυσβάσταχτο για τις ανάγκες της σημερινής αγοράς ΜΑΓ

Πρότυπο IEC 61400-2 – Σχεδιαστικές απαιτήσεις για Μικρές Ανεμογεννήτριες.

Οι σχεδιαστικές απαιτήσεις στην αγορά της αιολικής ενέργειας προκύπτουν από τον οργανισμό IEC (International Electro technical Commission) σύμφωνα προς το πρότυπο 61400 το οποίο περιέχει δέσμη επιμέρους κριτηρίων & ελέγχων που περιγράφονται επιγραμματικά στη συνέχεια:

- IEC 61400-1 Design requirements
- IEC 61400-2 Design requirements for small wind turbines
- IEC 61400-3 Design requirements for offshore wind turbines
- IEC 61400-4 Gears
- IEC 61400-5 Wind turbine rotor blades
- IEC 61400-11 Acoustic noise measurement techniques
- IEC 61400-12 Wind turbine power performance testing
- IEC 61400-13 Measurement of mechanical loads
- IEC 61400-14 Declaration of apparent sound power level and tonality values
- IEC 61400-21 Measurement and assessment of power quality characteristics of grid connected wind turbines



- IEC 61400-22 Conformity testing and certification
- IEC 61400-23 Full-scale structural testing of rotor blades
- IEC 61400-24 Lightning protection
- IEC 61400-25 Communication protocol

Οι κατασκευαστές μεγάλων ανεμογεννητριών συμμορφώνονται πλήρως με τα αντίστοιχα πρότυπα IEC 61400. Για τις προδιαγραφές σχεδίασης μικρών ανεμογεννητριών ισχύει το πρότυπο IEC 61400-2 και η κατηγοριοποίηση βάση διαστάσεων που προαναφέρθηκε. Για επιφάνεια σάρωσης του στροφείου μεγαλύτερη των 200τμ η ανεμογεννήτρια εντάσσεται στο πρότυπο σχεδιασμού των μεγάλων ανεμογεννητριών. Στις ανεμογεννήτριες των 50 κιλοβάτ πολλές ξεπερνούν την κρίσιμη διάμετρο στροφείου των 16 μέτρων οπότε εντάσσονται στο πρότυπο 61400-1.

Γενικά και τα δύο αυτά πρότυπα είναι αρκετά αναλυτικά και άρα απαιτητικά, όσον αφορά σε δοκιμές κόπωσης και αντοχών των διαφόρων μηχανολογικών υποσυστημάτων της ανεμογεννήτριας. Αυτό αποτρέπει τις εταιρίες κατασκευής ΜΑΓ από το να συμμορφώνονται προς αυτά. Επίσης η μη τυποποιημένη διάσταση των ΜΑΓ ισχύος 50 KW και η ένταξη τους σε διαφορετικά πρότυπα δημιουργεί σύγχυση στον επενδύτη και τις καθιστά δύσκολα συγκρίσιμες.

Το ζητούμενο σε αυτή την αγορά είναι να υπάρχει ένα ενιαίο πρότυπο στο οποίο να εντάσσονται όλες οι μικρές ανεμογεννήτριες το οποίο θα εξασφαλίζει την ασφαλή λειτουργία της κατασκευής αλλά και τις απαραίτητες προδιαγραφές με τις οποίες θα πρέπει να συμμορφώνονται.

Η πιο διαδεδομένη κατηγορία μικρών ανεμογεννητριών είναι τεχνολογίας Direct drive permanent magnet. Κάποιες από αυτές συνδέονται στο δίκτυο με αντιστροφείς γνωστών εταιριών του χώρου των φωτοβολταϊκών, οπότε και εξασφαλίζουν τις προδιαγραφές που απαιτούνται από τον διαχειριστή του συστήματος όσον αφορά τα ηλεκτρολογικά χαρακτηριστικά των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Εμπειρία

Η συσσωρευμένη εμπειρία από εγκαταστάσεις μικρών Ανεμογεννητριών σε Ευρωπαϊκές χώρες δείχνει ότι:

1. Η μέση ετήσια παραγόμενη ενέργεια συνήθως υπερεκτιμάται στη φάση της μελέτης. Αιτία γι' αυτό είναι το χαμηλό ύψος στροφείου, οι επιδράσεις στη ροή από εμπόδια και η παρουσία τύρβης.
2. Από τη στατιστική ανάλυση της λειτουργίας των ΜΑΓ εμφανίζονται συνήθως λιγότερες από μία βλάβες ετησίως, καθιστώντας την τεχνολογία αυτή ως αξιόπιστη.
3. Η ύπαρξη οργανωμένης υποστήριξης επισκευής και η ύπαρξη διαθεσιμότητας στα ανταλλακτικά βελτιώνουν την ωριμότητα και την αποδοχή της τεχνολογίας στην αντίληψη της αγοράς



ΕΛΕΤΑΕΝ: Από την Θεωρία στην Πράξη. Το μικρό είναι Όμορφο

4. Η εγκατάσταση ΜΑΓ γίνεται σε σημεία όπου υπάρχει δίκτυο γιατί το κόστος σύνδεσης πρέπει να διατηρηθεί σε χαμηλά επίπεδα ώστε το έργο να είναι βιώσιμο.
5. Η τάξη μεγέθους της επένδυσης δεν επιτρέπει κατασκευή ή βελτίωση δρόμων πρόσβασης οπότε και αυτό αποτελεί βασική προϋπόθεση στην επιλογή θέσης.

Στις Ηνωμένες Πολιτείες αλλά και σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες οι ΜΑΓ έχουν πολλές εφαρμογές σε μη διασυνδεδεμένα δίκτυα, όπως:

1. Εφαρμογές αφαλάτωσης
2. Εφαρμογές κινητής τηλεφωνίας
3. Αγροτικές εφαρμογές (άρδευση, Ηλεκτροδότηση κτηνοτροφικών συγκροτημάτων)
4. Ηλεκτροδότηση μέσω αυτοπαραγωγής βιομηχανικών μονάδων εφαρμογών. Η μέθοδος αυτή επιτυγχάνει σημαντική εξοικονόμηση πόρων.

Ανάλυση Κόστους για Μικρές Ανεμογεννήτριες Οριζοντίου άξονα

Οι παράμετροι του κόστους για ένα διασυνδεδεμένο έργο μικρής Ανεμογεννήτριας 50kW παρουσιάζονται στη συνέχεια:

- Κόστος Γης (αγορά ή ενοίκιο) \approx Εξαρτάται από τη θέση
- Κόστος μελετών και αδειοδότησης \approx 10.000 Ευρώ
- Ανεμογεννήτρια 50 KW με πύργο 20 μέτρα και inverter \approx 80.000 - 170.000 Ευρώ
- Κόστος χωματουργικών, κατασκευής θεμελίων, ηλεκτρομηχανολογικών εργασιών και ανέγερσης \approx 25.000 – 40.000 Ευρώ
- Κόστος σύνδεσης στο δίκτυο \approx 10.000 - 20.000 Ευρώ

Συνολικό κόστος χωρίς την αξία κτήσης της Γής: 125.000 - 240.000 Ευρώ

Παρατηρούμε μια ευρεία διακύμανση στις κατασκευαστικές τιμές που υποδεικνύει

- Ανωριμότητα στην αγορά
- Μικρό όγκο πωλήσεων και αντίστοιχα μικρή ζήτηση
- Μεγάλες τεχνολογικές αποκλίσεις
- Ανυπαρξία κυριαρχούσας τεχνολογικής τάσης



Πηγές πληροφόρησης για το αιολικό δυναμικό μιας περιοχής

Οι πηγές πληροφόρησης για την αξιολόγηση του Αιολικού δυναμικού μιας περιοχής προέρχονται κυρίως από:

1. Χάρτες Αιολικού δυναμικού – ΚΑΠΕ – ΡΑΕ
2. ΕΜΥ
3. Μετρήσεις αιολικού δυναμικού
4. Μακροσκοπικά μοντέλα μετεωρολογικών προβλέψεων

Κατηγοριοποίηση του Αιολικού Δυναμικού σε (m/sec) μέσης ετήσιας τιμής ανέμου:

- Ανεπαρκές <4
- Χαμηλό 4 – 5,5
- Μέσο 5,5 -7
- Υψηλό 7 - 9
- Πολύ υψηλό >9

Δημιουργείται λοιπόν το ερώτημα κατά πόσο είναι απαραίτητες μετρήσεις αιολικού δυναμικού πριν την υλοποίηση ενός έργου ΜΑΓ. Από τις διάφορες πηγές πληροφόρησης εξάγεται μια εκτίμηση της κατηγορίας του αιολικού δυναμικού της ευρύτερης περιοχής εγκατάστασης.

Πόσο ασφαλής είναι όμως αυτή η εκτίμηση?

Εξαρτάται από παράγοντες που έχουν να κάνουν με:

- Την τοπογραφία της θέσης
- Την κατηγορία αιολικού δυναμικού της θέσης
- Τυχόν εμπόδια
- Ιστορικά δεδομένα περιοχής

Σε περιοχές με μέσο ή υψηλό Αιολικό δυναμικό που στο συμπέρασμα αυτό συγκλίνουν οι πηγές πληροφόρησης αισθανόμαστε μεγαλύτερη σιγουριά να επενδύσουμε, άρα μπορεί να προχωρήσουμε και χωρίς μετρήσεις βασιζόμενοι στη διαίσθησή μας, στην πληροφόρησή μας αλλά και στη ιστορικότητα των δεδομένων της περιοχής

Ανεπαρκές	Χαμηλό	Μέσο	Υψηλό	Πολύ υψηλό



Στις άλλες κατηγορίες αιολικού δυναμικού αισθανόμαστε ασφαλείς?

Η απάντηση είναι ΟΧΙ γιατί:

- A. Στο χαμηλό αιολικό δυναμικό αδυνατούμε να γνωρίζουμε την περίοδο απόσβεσης της επένδυσης
- B. Στο υψηλό αιολικό δυναμικό αδυνατούμε να γνωρίζουμε αν η Ανεμογεννήτρια προσαρμοστεί σωστά και αντέξει στις συνθήκες της περιοχής εγκατάστασης.
- Γ. Είναι οικονομοτεχνικά χρήσιμο να επιλέξουμε το ύψος πύργου που είναι βέλτιστο στην σχέση τιμής απόδοσης.

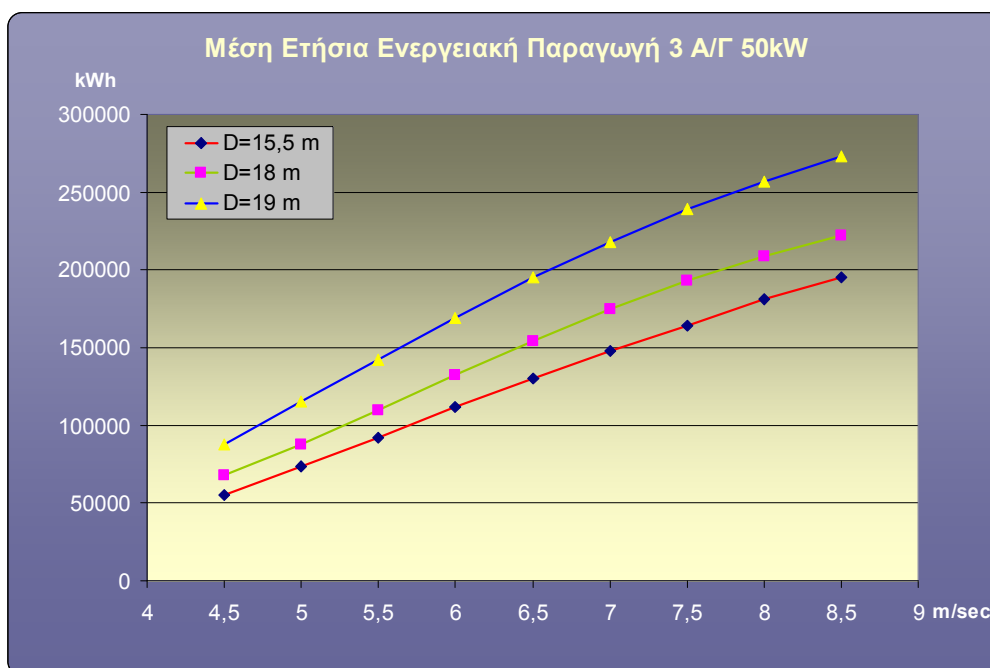
Είναι φανερό ότι η μέτρηση του αιολικού δυναμικού της θέσης εγκατάστασης θα εξαλείψει τον παράγοντα της αβεβαιότητας και θα δημιουργήσει προστιθέμενη αξία στην επένδυση. Οι τράπεζες θα μπορούσαν να χρηματοδοτήσουν μια επένδυση εφόσον λάβουν σαφείς πιστοποιήσεις σε σχέση με τη δυνατότητα της επένδυσης να αποπληρώνει τα δάνειά της.



Αποπληρωμή της επένδυσης

Ποιοι είναι οι κρίσιμοι παράγοντες που επηρεάζουν την ενεργειακή παραγωγή?

1. Η γνώση του Αιολικού δυναμικού της περιοχής.
2. Η επιλογή της Ανεμογεννήτριας
3. Η ύπαρξη αξιόπιστης καμπύλης ισχύος του κατασκευαστή
4. Το ύψος του πύργου
5. Το απόλυτο υψόμετρο της θέσης εγκατάστασης και κατά συνέπεια η πυκνότητα του αέρα



Με βάση τις παραμέτρους αυτές μπορούμε να εξετάσουμε την περίοδο αποπληρωμής μιας επένδυσης σε συνάρτηση με το μέσο αιολικό δυναμικό της περιοχής και να εξαγάγουμε συμπεράσματα για την αξιολόγηση της επένδυσης.

Αυτή εμφανίζεται στη συνέχεια:

Αιολικό Δυναμικό	Αξιολόγηση της επένδυσης	Διάρκεια περιόδου αποπληρωμής (χρόνια) (χωρίς επιδότηση)
Χαμηλό	Μικρό ενδιαφέρον	8 – 11
Μέσο	Ελκυστική	6 – 8
Υψηλό	Πολύ Ελκυστική	4 – 6
Πολύ Υψηλό	Άριστη	< 4



Συμπεράσματα – προτάσεις

Και για να δικαιολογήσουμε τον τίτλο της παρουσίασης συμπεραίνουμε ότι το μικρό είναι ωραίο εάν μπει στην κατάλληλη θέση, έχοντας μελετήσει επαρκώς τις παραμέτρους υλοποίησης.

Οι μικρές Ανεμογεννήτριες δείχνουν να είναι μονόδρομος σε απομακρυσμένες εφαρμογές όπως ηλεκτροδότηση κεραιών κινητής τηλεφωνίας, απομακρυσμένων οικισμών ή μικρών νησιών, μέσω της δημιουργίας μικρών αυτόνομων υβριδικών συστημάτων και της δημιουργίας & υποστήριξης έξυπνων μίνι ηλεκτρικών δικτύων.

Επιπλέον λόγω της θεσμοθέτησης εγγυημένης τιμής kWh (feed in tariffs) στη χώρα μας αναμένεται αυξητική τάση στη ζήτηση εγκατάστασης διασυνδεδεμένων συστημάτων στην κατηγορία των Μικρών & Πολύ μικρών Ανεμογεννητριών και κατά συνέπεια ξεκινούν οι συνθήκες ανάπτυξης της αγοράς αυτής.

Προς την κατεύθυνση αυτή και προκειμένου να επιταχυνθεί η περαιτέρω ωρίμανση της αγοράς απαιτείται:

- Δημιουργία πεδίων δοκιμών (Test Sites) για ΜΑΓ
- Δημιουργία ξεχωριστού πρωτοκόλλου αδειοδότησης για τις ΜΑΓ στη ΔΕΗ
- Διαμόρφωση εργαλείων χρηματοδότησης ή και επιδότησης επιχειρηματικών σχεδίων ΜΑΓ μέσω ευρωπαϊκών πόρων τουλάχιστον μέχρι να δημιουργηθεί μια κρίσιμη μάζα εγκαταστάσεων
- Επέκταση της τιμολόγησης ηλεκτρικής ενέργειας από ΜΑΓ στο όριο ισχύος υποχρέωσης λήψης της άδειας παραγωγής

Απαιτείται επίσης :

- αντιμετώπιση των πολεοδομικών και λοιπών προβλημάτων χρήσεων γης (κατά το παράδειγμα των φβ) τα οποία καλύφθηκαν σχετικά από προηγούμενους ομιλητές, και
- Καθορισμός από τους διαχειριστές και το ΥΠΕΚΑ κριτηρίων ελέγχου ώστε να αποφευχθεί η κατάχρηση του θεσμικού πλαισίου και να αποφευχθούν οι «κατατμήσεις» έργων.

Η ΕΛΕΤΑΕΝ τέλος θα εξετάσει τη δυνατότητα δημιουργίας στον Ιστότοπο της, σελίδας με χαρακτηριστικές καμπύλες αποτελεσμάτων σύγκρισης ΜΑΓ