



**ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

Σχεδιασμός και Λειτουργία Συστημάτων ΑΠΕ

**ΔΙΑΛΕΞΗ 09: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΑΠΕ –
ΥΒΣ- ΕΞΥΠΝΑ ΔΙΚΤΥΑ - ΜΙΚΡΟΔΙΚΤΥΑ**

Δρ. Τριανταφυλλιά Νικολάου

Περιεχόμενα Διάλεξης 09

- **A) Συστήματα αποθήκευσης – Υβριδικοί Σταθμοί**
- **B) Έξυπνα δίκτυα (Smart Grids) για την αύξηση διείσδυσης μονάδων ΑΠΕ στο ΣΗΕ**
- **Γ) Μικροδίκτυα (Microgrids)**

Αποθήκευση ενέργειας (Grid Energy Storage)

- Η αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας, είτε μεγάλης είτε μικρής κλίμακας, επανέρχεται έντονα στο ερευνητικό προσκήνιο ως ένα αποτελεσματικό εργαλείο διατήρησης του ισοζυγίου ισχύος στο ηλεκτρικό σύστημα ειδικότερα υπό τις νέες συνθήκες αυξανόμενης διείσδυσης μονάδων ΑΠΕ.
- Τα χαρακτηριστικά των συστημάτων αποθήκευσης ΗΕ:

1) Ευστάθεια ΣΗΕ & ποιότητα ισχύος

- Τα συστήματα αποθήκευσης ΗΕ συμβάλλουν στην ευστάθεια συχνότητας και τάσης του ΣΗΕ και στην ποιότητα της παρεχόμενης ισχύος μέσω της προσφοράς πρωτεύουσας (5-15 sec) και δευτερεύουσας (15-90 sec) εφεδρείας, ανάλογα με την τεχνολογία αποθήκευσης.
- Συμβάλλουν στην τοπική ρύθμιση της τάσης, καθώς αποτρέπουν τόσο τις υπερτάσεις απορροφώντας ΗΕ σε στιγμές χαμηλού τοπικά φορτίου, όσο και τις πτώσεις τάσης αποδίδοντας ΗΕ στο δίκτυο σε στιγμές υψηλού τοπικά φορτίου.

2) Παροχή εφεδρείας ισχύος

- Τα συστήματα αποθήκευσης ΗΕ παρέχουν
 - τριτεύουσα (90sec - 20min) και
 - στατή (20min - 4h) εφεδρεία
 - σε περιόδους αιχμής φορτίου

3) Αύξηση αξιοπιστίας του ΣΗΕ

Η αποθήκευση συμβάλλει στη διατήρηση της αξιοπιστίας των ΣΗΕ μέσω:

- της άμεσης απόκρισης σε σφάλματα και διακοπές του δικτύου (συνδεδεμένες διατάξεις αποθήκευσης ΗΕ άμεσης απόδοσης)
- μέσω της συνεισφοράς στην αδιάλειπτη παροχή ισχύος (προσφοράς στατής εφεδρείας από μονάδες αποθήκευσης ΗΕ μεγάλης κλίμακας)
- Εξασφάλιση αδιάλειπτης παροχής ισχύος σε επίπεδο μικροσυστήματος έπειτα από διακοπή παροχής από το δίκτυο.

4) Βελτιστοποίηση λειτουργίας Συμβ. Μον.

- Με την αποθήκευση αποτρέπεται η υπερ - διαστασιολόγηση θερμικών μονάδων παραγωγής ΗΕ. Γιατί μια διάταξη αποθήκευσης μπορεί να έχει το ρόλο στρεφόμενης εφεδρείας της θερμικής μονάδας.
- Πλήρης εκμετάλλευση και ασφαλής λειτουργία θερμικών μονάδων.
- Οι διατάξεις αποθήκευσης συμβάλλουν στην αποφυγή παραβίασης των τεχνικών ελαχίστων των μονάδων σε περιόδους χαμηλού φορτίου, απορροφώντας το περίσσειμα της παραγωγής ΗΕ.

5) Βελτιστοποίηση λειτουργίας των ΑΠΕ και αύξηση της διείσδυσης στο ΣΗΕ

- Με τη χρήση αποθηκευτικής διάταξης αυξάνεται η διείσδυση των ΑΠΕ στο μείγμα παραγωγής ΗΕ ενός συστήματος, αποθηκεύοντας την πλεονάζουσα ΗΕ στις ώρες χαμηλού φορτίου (π.χ. βραδινές ώρες) και αποδίδοντάς την κατά ελεγχόμενο τρόπο στις ώρες αιχμής του συστήματος.
- Ο συνδυασμός αποθηκευτικής διάταξης με μονάδες ΑΠΕ εξομαλύνει τις διακυμάνσεις της παραγωγής ΗΕ. **Η ισχύς εξόδου τέτοιων υβριδικών συστημάτων έχει πολύ καλύτερα ποιοτικά χαρακτηριστικά με αποτέλεσμα τόσο την εξάλειψη κινδύνων για την ευστάθεια του δικτύου όσο και την περαιτέρω αύξηση της διείσδυσης της παραγωγής από ΑΠΕ.**

6) Εξοικονόμηση πόρων και περιορισμός απωλειών ΗΕ

- Αποτρέπονται επενδύσεις για εγκατάσταση νέων μονάδων παραγωγής με σκοπό την παροχή επικουρικών υπηρεσιών (εφεδρεία, υπηρεσίες διατήρησης ευστάθειας).
- Περιορίζονται οι απώλειες του δικτύου λόγω της δυνατότητας παροχής ισχύος σε πολύ τοπικό επίπεδο.
- Η χρήση μέσου αποθήκευσης ΗΕ είναι απαραίτητη στην ομαλή λειτουργία αυτόνομων συστημάτων.

7) Συμβολή στην αλλαγή της αγοράς ΗΕ

- Η αποθήκευση ΗΕ παρέχει ευελιξία στους προμηθευτές που δραστηριοποιούνται σε ένα σύστημα να αγοράζουν ΗΕ σε χαμηλές τιμές από τους παραγωγούς και να την διαθέτουν έπειτα στους πελάτες τους όποτε αυτοί την χρειάζονται, με αποτέλεσμα το χαμηλότερο κόστος της προσφερόμενης ΗΕ.
- Η αποθήκευση ΗΕ σε επίπεδο μεμονωμένης οικίας/επιχείρησης ή και μικροδικτύου καθιστά ευέλικτη τη ζήτηση ΗΕ από το σύστημα, παρέχοντας τη δυνατότητα ελαχιστοποίησης του κόστους μέσω της βέλτιστης εκμετάλλευσης προγραμμάτων παροχής ΗΕ.
- Οι διατάξεις αποθήκευσης αυξάνουν την πραγματική αξία της ΗΕ από μονάδες ΑΠΕ λόγω της κατακόρυφης αύξησης της ευστάθειας και της ποιότητας της παραγόμενης ισχύος από τέτοια υβριδικά συστήματα. Τα υβριδικά συστήματα παραγωγής εμφανίζουν επίπεδα αξιοπιστίας και ποιότητας ισχύος εφάμιλλα με αυτά των συμβατικών μονάδων με αποτέλεσμα να μπορούν να τις ανταγωνιστούν στις αγορές ΗΕ.
- Από τη στιγμή όπου έχουν τη δυνατότητα παραγωγής αξιόπιστης και φθηνής ΗΕ δεν χρειάζονται ούτε εγγυημένες τιμές αγοράς με συμβολή κρατικής επιδότησης ούτε ρήτρες εγγυημένης απορρόφησης ΗΕ. Κατ' αυτό τον τρόπο, μεταβάλλονται και οι κανόνες της αγοράς ΗΕ.

Χρήσεις της αποθήκευσης ενέργειας

		Διάρκεια						
		0.1s	1s	15s	1min	15min	1h	8h
Συχνότητα χρήσης	1/month	Αδιάληπτη παροχή ισχύος						
	1/day	Διαχείριση της καμπύλης φορτίου						
	12/day	Ευστάθεια						
	30/h	Ποιότητα Ισχύος						
	30/min							
	5/sec							

Ταξινόμηση Διατάξεων Αποθήκευσης

- **Διατάξεις βραχυπρόθεσμης αποθήκευσης**
- Για εξυπηρέτηση των αιχμών ζήτησης κατά τη διάρκεια της ημέρας συμβάλλοντας στην ευστάθεια λειτουργίας ενός ΣΗΕ. Μπορούν να προσφέρουν ή να απορροφήσουν ενέργεια για πολύ μικρό χρονικό διάστημα (λίγα δευτερόλεπτα έως μερικά λεπτά).
 - Στις διατάξεις αυτές ανήκουν οι σφόνδυλοι, οι υπερπυκνωτές και τα υπεραγωγίμα υλικά, οι δεξαμενές αποθήκευσης νερού.
- **Διατάξεις μεσοπρόθεσμης αποθήκευσης**
- Για χρονικούς ορίζοντες από μερικά λεπτά ως μερικές ώρες. Έχουν το ρόλο στρεφόμενης εφεδρείας, συμβάλλουν στην αύξηση διείσδυσης των ΑΠΕ και στη διαχείριση της παρεχόμενης ισχύος στους καταναλωτές.
 - Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι μπαταρίες και οι τεχνολογίες υδρογόνου.
- **Διατάξεις μακροπρόθεσμης αποθήκευσης**
- Αφορά διατάξεις αποθήκευσης ΗΕ από αρκετές ώρες μέχρι εβδομάδες ή και μήνες. Χρησιμοποιούνται για την ικανοποίηση της ζήτησης αιχμής έχοντας αποθηκεύσει ενέργεια σε περιόδους χαμηλής ζήτησης.
 - Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι τεχνολογίες αντλησιοταμίευσης, η αποθήκευση συμπιεσμένου αέρα και η αποθήκευση μέσω γεωθερμίας.

Τεχνολογίες αποθήκευσης (1/6)

- **1) Αντλησιοταμίευση (Pump – hydro storage)**
- Η αντλησιοταμίευση αποτελεί την πλέον διαδεδομένη μέθοδο για κεντρική αποθήκευση ΗΕ σε επίπεδο δικτύου.
- Είναι μια τεχνολογία που εκμεταλλεύεται την υψομετρική διαφορά δύο δεξαμενών.
- Σε περιόδους υψηλής ζήτησης ΗΕ το νερό που είναι αποθηκευμένο στην υψηλότερα τοποθετημένη δεξαμενή απελευθερώνεται προς τη χαμηλότερα τοποθετημένη δεξαμενή διερχόμενο μέσα από ένα υδροστρόβιλο που παράγει ΗΕ (εκφόρτιση).
- Σε περιόδους χαμηλής ζήτησης (off-peak periods) χρησιμοποιείται σύστημα αντλίας-στροβίλου για να ανεβάσει το νερό από το χαμηλότερο στο υψηλότερο επίπεδο (φόρτιση).

Τεχνολογίες αποθήκευσης (2/6)

- **2) Μπαταρίες**
- Οι μπαταρίες ή συσσωρευτές αξιοποιούν το χημικό τρόπο αποθήκευσης ενέργειας. Χρησιμοποιούνται κυρίως για αποθήκευση ΗΕ στον οικιακό και εμπορικό τομέα. Η χωρητικότητα, η απόδοση και η διάρκεια ζωής των μπαταριών ποικίλλει σημαντικά ανάλογα με την τεχνολογία τους.
- **Οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος** είναι οι πλέον διαδεδομένες παγκοσμίως. Έχουν μικρό κόστος και μικρή διάρκεια ζωής (300 έως 1500 κύκλους φόρτισης/εκφόρτισης)
- **Οι μπαταρίες νικελίου-καδμίου (Ni-Cd)** ανήκουν στις αλκαλικές μπαταρίες μαζί με τις νικελίου-υβριδίου μετάλλου (Ni-MH) και τις νικελίου-ψευδαργύρου (Ni-Zn). Έχουν υψηλότερο κόστος αλλά διπλάσιο χρόνο ζωής (1000 έως 2000 κύκλους).
- **Οι μπαταρίες ιόντων-λιθίου (Li-Ion)** έχουν μεγάλο κύκλο ζωής, υψηλή απόδοση και μεγάλη πυκνότητα ενέργειας. Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται και σε εφαρμογές συστημάτων αποθήκευσης υψηλής ισχύος καθώς και στα ηλεκτρικά/υβριδικά οχήματα, πέραν των κλασικών εφαρμογών μικρής κλίμακας όπως των ηλεκτρονικών συσκευών (κινητά τηλέφωνα και φορητοί Η/Υ).

Τεχνολογίες αποθήκευσης (3/6)

- **3) Σύστημα συμπίεσης αέρα (Compressed Air Energy Storage – CAES)**
- Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται για μακροπρόθεσμη και μεγάλης κλίμακας αποθήκευση ΗΕ.
- Η ισχύς των CAES ξεκινά από τα 50 MW και μπορεί να υπερβεί τα 300MW με απόδοση περίπου 80%.
- Η βασική ιδέα της μεθόδου είναι ότι αέρας μπορεί να συμπιεστεί στα 800 ως 1600psi σε υπόγειο αεροστεγή ταμιευτήρα και να αποσυμπιεστεί ώστε, κινώντας ένα αεριοστρόβιλο, να παραγάγει ΗΕ.
- Η συμπίεση γίνεται σε περιόδους εκτός αιχμής με χαμηλή τιμή ρεύματος και η εκτόνωση σε περιόδους αιχμών φορτίου.
- Η συγκεκριμένη τεχνολογία, αν και αξιόπιστη και με ελάχιστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, περιορίζεται σε μεγάλα έργα παγκοσμίως, καθώς απαιτούνται υψηλές επενδύσεις και κατάλληλοι γεωλογικοί σχηματισμοί για την εγκατάσταση τέτοιων μονάδων.

Τεχνολογίες αποθήκευσης (4/6)

- **4) Στρεφόμενες μάζες – Σφόνδυλοι**
- Στα συστήματα αυτά η αδράνεια μιας στρεφόμενης μάζας (flywheel) χρησιμοποιείται για την αποθήκευση ενέργειας σε κινητική μορφή.
- Χρησιμοποιούνται για εφαρμογές παροχής ισχύος και ενέργειας για μικρά χρονικά διαστήματα και κυρίως για την παροχή στρεφόμενης εφεδρείας.
- Ο χρόνος εκφόρτισης αυτών των διατάξεων κυμαίνεται μεταξύ λίγων sec και μέχρι 15-30min.
- Αντίθετα από τις μπαταρίες, τα συστήματα στρεφόμενων μαζών δεν είναι ευαίσθητα στη θερμοκρασία και η απόδοσή τους μπορεί να φθάσει ως και 80-90% χωρίς ιδιαίτερη πτώση της απόδοσής τους με το χρόνο ζωής τους ο οποίος φθάνει τα 15 – 20 χρόνια.
- Το είδος της λειτουργίας του σφονδύλου, δηλαδή αν απορροφά ενέργεια από το δίκτυο ή αν παρέχει, εξαρτάται από τις στιγμιαίες συνθήκες του δικτύου και καθορίζεται από το διαχειριστή.

Τεχνολογίες αποθήκευσης (5/6)

- **5) Υπερπυκνωτής (supercapacitor) και Υπεραγώγιμα πηνία (Superconducting Magnetic Energy Storage – SMES)**
- Οι υπερπυκνωτές έχουν χωρητικότητα και ενεργειακή πυκνότητα χιλιάδες φορές μεγαλύτερη από τις αντίστοιχες των κοινών πυκνωτών. Χρησιμοποιούνται για βελτίωση του συντελεστή ισχύος και υποστήριξη ενεργού και αέργου ισχύος στα Συστ. Μεταφοράς και τα Δίκτυα Διανομής. Μπορούν να παρέχουν ισχύ της τάξης των 100kW, ενώ η ενέργειά τους είναι δυνατόν να διοχετευτεί μέσα σε κλάσματα του δευτερολέπτου έως και ένα λεπτό. Η απόδοσή τους κυμαίνεται μεταξύ 85% και 98%.
- Τα υπεραγώγιμα πηνία αποθηκεύουν ενέργεια μέσω του μαγνητικού τους πεδίου που δημιουργείται με την είσοδο ανορθωμένου DC ρεύματος στα πηνία από υπεραγώγιμα καλώδια, σχεδόν μηδενικής αντίστασης. Η απόδοση αυτών των συστημάτων φθάνει το 97% και αποδίδουν ισχύ από 2 έως 10MW. Κύριο χαρακτηριστικό τους αποτελεί η στιγμιαία διάθεση ισχύος, ενώ η διάρκεια ζωής τους δεν επηρεάζεται από τις συχνές φορτίσεις και εκφορτίσεις. Το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας παραμένει ακόμα υψηλό καθώς απαιτείται ισχυρή ψύξη λόγω των ηλεκτρονικών ισχύος που χρησιμοποιούν.

Τεχνολογίες αποθήκευσης (6/6)

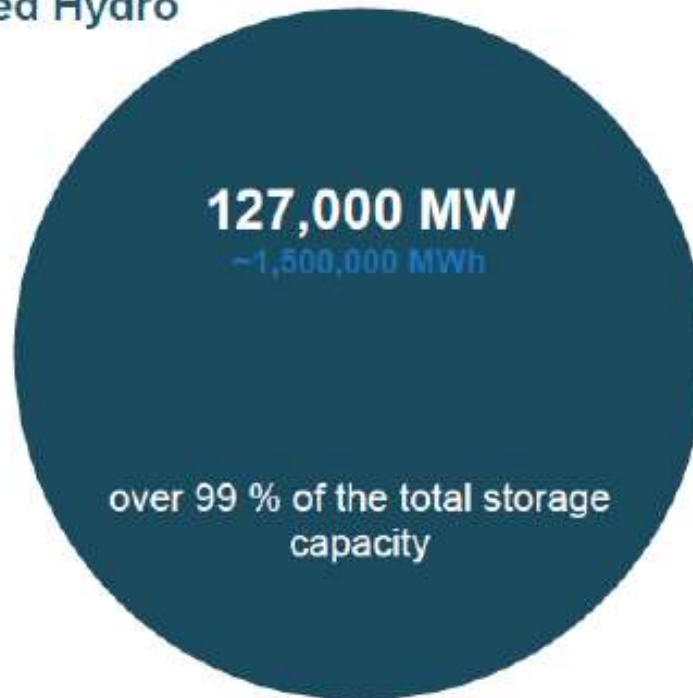
- **6) Τεχνολογίες Υδρογόνου (κυψέλες καυσίμου – fuel cells)**
- Σήμερα χρησιμοποιούνται πολλοί τρόποι για την αποθήκευση ΗΕ μέσω υδρογόνου που διακρίνονται ανάλογα με τη διάρκεια αποθήκευσης σε
 - βραχυπρόθεσμες,
 - μεσοπρόθεσμες
 - μακροπρόθεσμες.
- Χρησιμοποιούνται κυρίως στον τομέα της μεταφοράς και στην παραγωγή ΗΕ χωρίς περιβαλλοντικές επιπτώσεις (μοναδικό κατάλοιπο της διεργασίας το καθαρό νερό).
- Το κύριο χαρακτηριστικό είναι η ικανότητά του να μετατρέπει απευθείας τη χημική ενέργεια σε ηλεκτρική με πολύ υψηλά ποσοστά απόδοσης.

Επικρατέστερες τεχνολογίες αποθήκευσης

- **Επίπεδο συστήματος (> 100 MW)**
 - Αντλησιοταμίευση (pumped storage systems)
- **Επίπεδο δικτύου & μεγάλων σταθμών ΑΠΕ (1-50 MW)**
 - Μπαταρίες (Li-Ion, NaS, Redox)
- **Επίπεδο τελικού χρήστη (kW..MW) (παραγωγή/κατανάλωση)**
 - Μπαταρίες (Li-Ion)

Τεχνολογίες αποθήκευσης - % χρήση

Pumped Hydro



- Compressed Air Energy Storage
440 MW 3,730 MWh
- Sodium Sulphur Battery
316 MW 1,900 MWh
- Lithium Ion Battery
~70 MW ~17 MWh
- Lead Acid Battery
~35 MW ~70 MWh
- Nickel Cadmium Battery
27 MW 6,75 MWh
- Flywheels
<25 MW <0,4 MWh
- Redox Flow Battery
<3 MW <12 MWh



Ενεργειακή αξιοποίηση του
Φράγματος Ποταμών Ρεθύμνου
Υβριδικός Σταθμός (Αιολικό - Αντλητικό) 50 MW

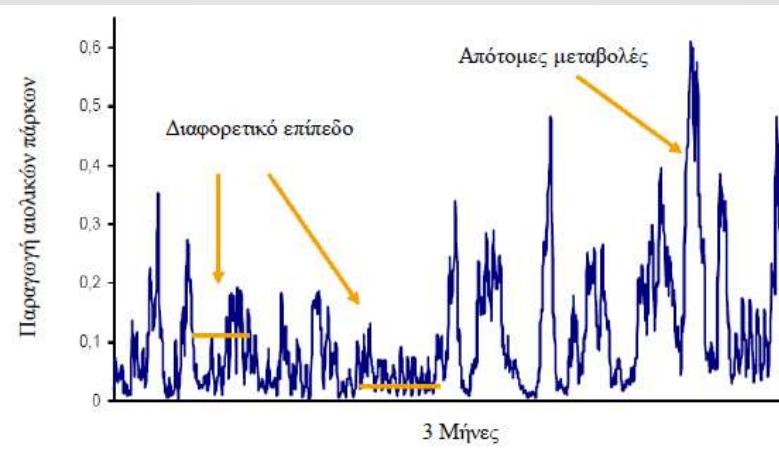
Εισαγωγή

Σχέδιο του **ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΡΗΤΗΣ Α.Ε.**
ΑΝΑΔΟΧΟΣ: **ΤΕΡΝΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΒΕΤΕ** (κατόπιν διαγωνισμού)
Ενεργειακή Αξιοποίηση του Φράγματος Ποταμών Νομού Ρεθύμνου –
Μελέτη, χρηματοδότηση, κατασκευή, διαχείριση και εκμετάλλευση
Υβριδικού Σταθμού (ΥΣ) Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας



Η φιλοσοφία της αποθήκευσης ενέργειας

- Σε ένα ηλεκτρικό δίκτυο, είτε αυτό είναι ένα ισχυρό διασυνδεδεμένο δίκτυο (όπως αυτό της ηπειρωτικής χώρας) είτε είναι αυτόνομο (όπως αυτό της Κρήτης) σε κάθε χρονική στιγμή πρέπει να ικανοποιείται το ισοζύγιο της ισχύος, δηλ.:
 - η ισχύς που απορροφάται από τους καταναλωτές, **το φορτίο**, πρέπει να είναι ίση, με μικρές αποκλίσεις, προς αυτή που παράγουν οι σταθμοί παραγωγής (θερμικοί, υδροηλεκτρικοί κλπ).
- Η χρονική διακύμανση του φορτίου είναι σχετικά προβλέψιμη ώστε να προσαρμόζεται η παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος.
- Η αύξηση της συμμετοχής της ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από την αιολική ενέργεια προκαλεί νέα τεχνικά προβλήματα στην διαχείριση ενός ηλεκτρικού δικτύου, τα οποία οφείλονται στην έντονη χρονική διακύμανση που παρουσιάζει η παραγωγή των αιολικών πάρκων και στην αδυναμία πρόβλεψης της παραγωγής από τα αιολικά πάρκα.



Υβριδικός Σταθμός – Θεσμικό πλαίσιο

ΝΟΜΟΣ ΥΠ'ΑΡΙΘ. 3468

Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις

ΦΕΚ 129/Α' /27.6.2006

Άρθρο 2

Υβριδικός Σταθμός είναι κάθε σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που:

- (α) Χρησιμοποιεί μία, τουλάχιστον, μορφή ΑΠΕ.
- (β) Η συνολική ενέργεια που απορροφά από το Δίκτυο σε ετήσια βάση **δεν υπερβαίνει το 30%** της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται για την πλήρωση του συστήματος αποθήκευσης του σταθμού αυτού.
- (γ) Η μέγιστη ισχύς παραγωγής των μονάδων του σταθμού ΑΠΕ δεν μπορεί να υπερβαίνει την εγκατεστημένη ισχύ των μονάδων αποθήκευσης του σταθμού αυτού, **προσαυξημένη κατά ποσοστό μέχρι 20%**.

Αριθμ. Δ6/Φ1/οικ.5707

Κανονισμός Αδειών Παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και μέσω Συμπαράγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης

ΦΕΚ 448/Β' /3.4.2007

Αριθμ. 49828

Έγκριση ειδικού πλαισίου χωροταξικού σχεδιασμού και αιεφόρου ανάπτυξης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και της στρατηγικής μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων αυτού.

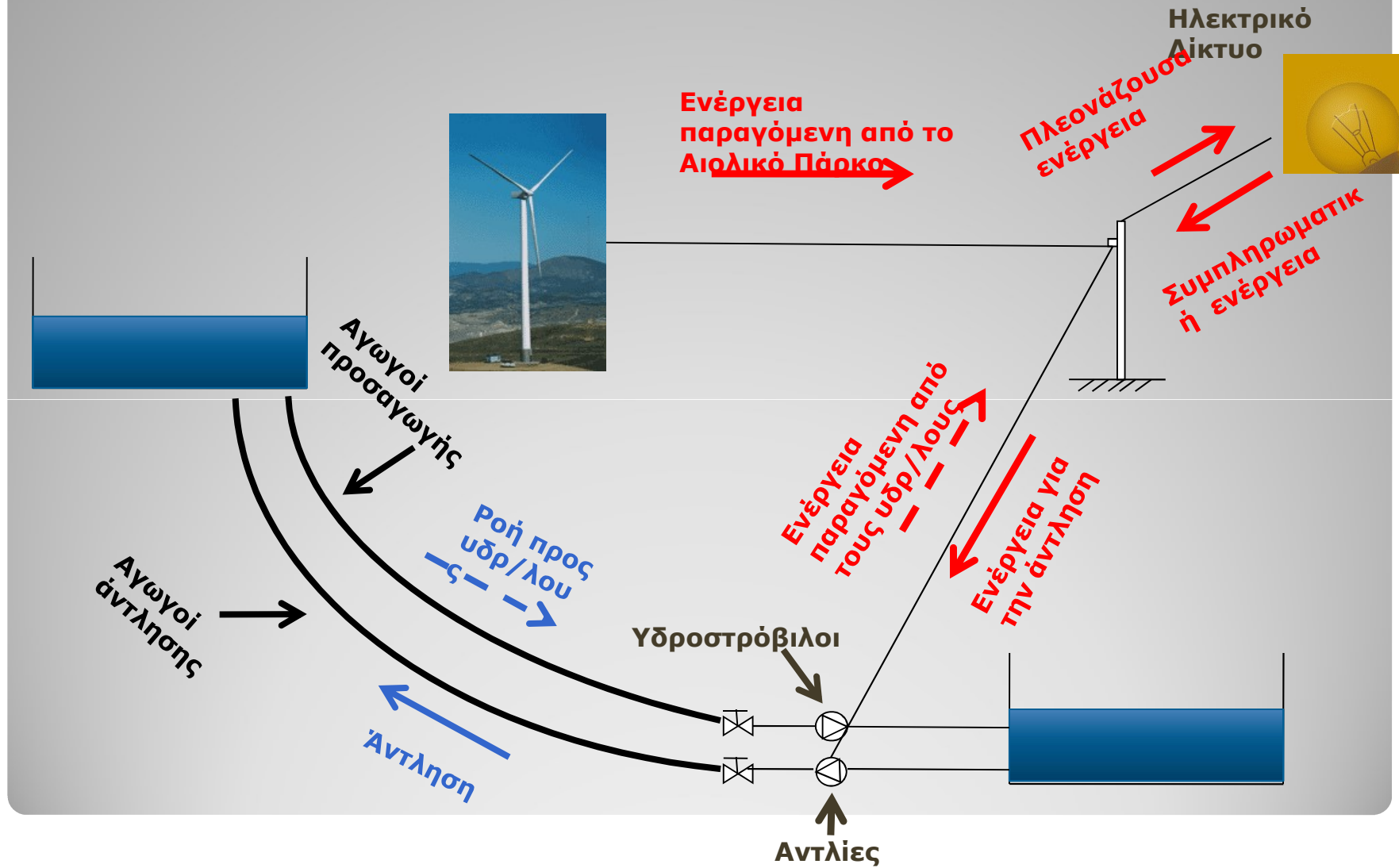
ΦΕΚ 2464/Β' /3.12.2008

ΝΟΜΟΣ ΥΠ' ΑΡΙΘ. 3851

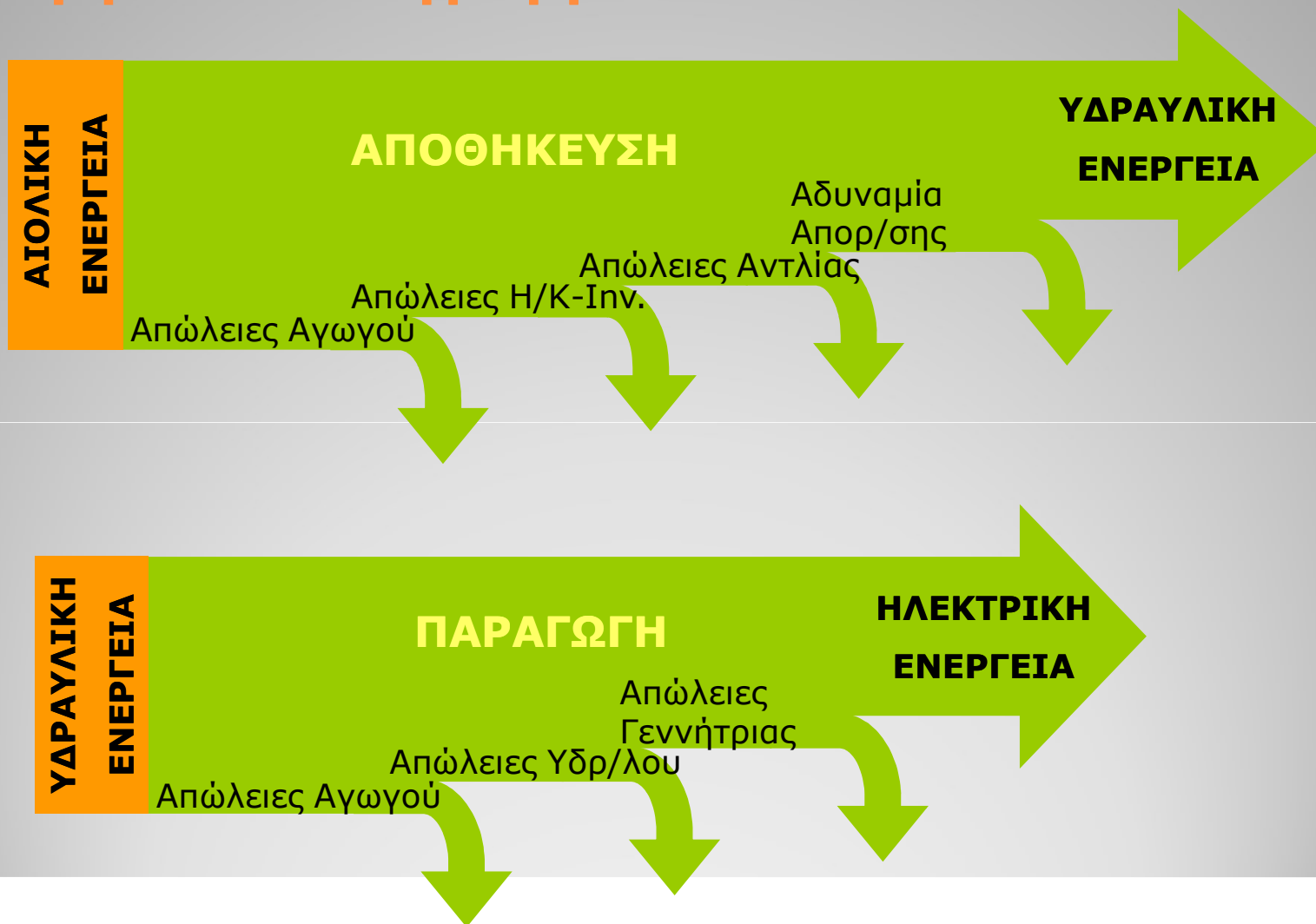
Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.

ΦΕΚ 85/Α' /4.6.2010

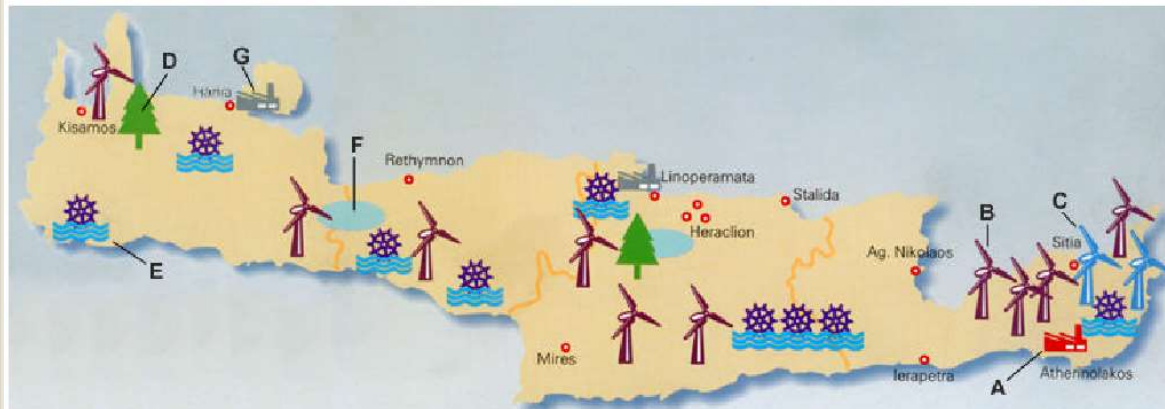
Υβριδικός Σταθμός: Αιολικό - αντλητικό



Ενεργειακό Διάγραμμα



Σημασία ΥΣ για την Κρήτη



Φορτίο (αιχμή) **611 MW** και συνολική κατανάλωση **3TWh**
Εξάρτηση από το πετρέλαιο: **86%**

Αυτόνομο ΣΗΕ Κρήτης

Συμβατικοί σταθμοί 3

(Χανιά, Λινοπεράματα, Αθερινόλακος)

823 MW, 2,5TWh/γ

Αιολικά Πάρκα:

200 MW (εγκατεστημένα)

+55 MW (με άδεια παραγωγής)

Λοιπά ΑΠΕ:

2,1 MW (εγκατεστημένα)

+91 MW (με άδεια παραγωγής)

ΠΑΡΑΓΩΓΗ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΥΒΡΙΔΙΚΟ
Σ
ΣΤΑΘΜΟΣ

ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Εξομάλυνση
Διακυμάνσεων
Τάσης - Συχνότητας

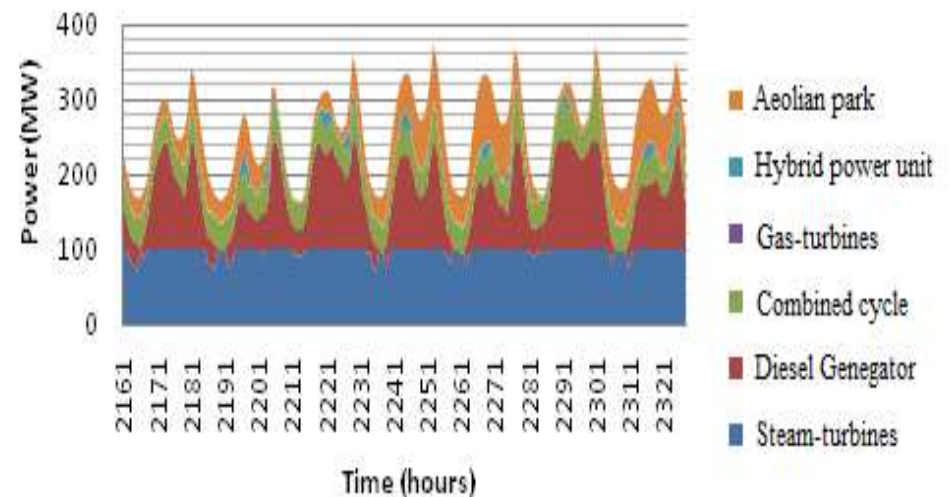
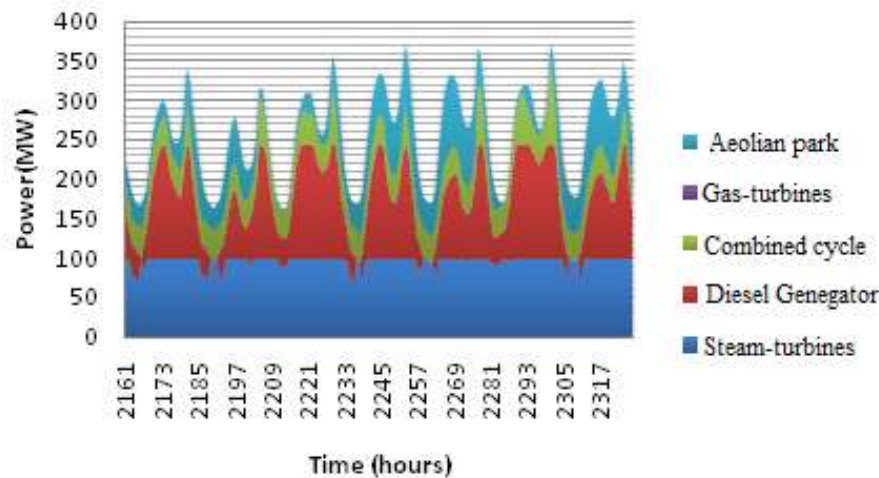
Μείωση
Προβλημάτων
Ευστάθειας Δικτύου

Εξοικονόμηση
Καυσίμου & CO₂
εκπομπών

Αύξηση
διείσδυσης των
ΑΠΕ στο ΜΔ ΣΗΕ
Κρήτης

Σημασία του ΥΣ για την Κρήτη

- Σε εφαρμογή του σεναρίου διασύνδεσης ο ΥΣ θα έχει πολλαπλό ρόλο:
 - Θα υποκαθιστά συμβατικές μονάδες παραγωγής
 - Ως μονάδα αποθήκευσης θα παρέχει υπηρεσίες ευελιξίας κατά τη συμφόρηση (εξισορροπώντας κοιλάδες με αιχμές του φορτίου)
 - Λύνει προβλήματα ramping (βέλτιστης ροής φορτίου).
 - **Παράδειγμα:**



Μελέτη προσομοίωσης Υβριδικού Σταθμού

Δεδομένα (inputs)

- ▶ Ετήσιες Χρονοσειρές ανέμου (10 min)
 - ▶ Υψομετρική διαφορά **dz = 450m**
 - ▶ Μήκος αγωγών **L = 2,3km**
 - ▶ Ώρες ημερήσιες παραγωγής **T = 8h**
 - ▶ Ισχύς μονάδων ελεγχ. παραγωγής **50MW**
 - ▶ Λόγος τιμής πώλησης/τιμή αγοράς
Rp = 1,269 *
Τιμή πώλησης **236 €/MWh**
Τιμή αγοράς **186 €/MWh**
Διαθεσιμότητα
ισχύος: **127.000€/MW/y**
- * Σύμφωνα με Ν. 3468/06 & απόφαση της ΡΑΕ με αρ. 13 /2010/10.9.2010.

Μοντέλο προσομοίωσης (σε Matlab)

- Μαθηματική μοντελοποίηση (10 min βήμα) για πλήρη λειτουργία 1 έτους:
- Αιολικού Πάρκου
 - Μονάδων αποθήκευσης
 - Μονάδων παραγωγής

Αποτελέσματα (outputs)

- A. Διαστασιολόγηση ΥΣ
 - Αιολικό Πάρκο
 - Ισχύς & μέγεθος αντλιών
 - Χωρητικότητα άνω ταμιευτήρα
- B. Ενεργειακά ισοζύγια (ετήσια)
 - Ενέργεια παραγόμενη από Α/Π
 - Ενέργεια για άντληση
 - Ενέργεια απορρ. από Α/Π
 - Ενέργεια που παράγεται από υδρ/λους
 - Ενέργεια εγγυημένη παραγόμενη
 - Ενέργεια από το δίκτυο
- Γ. Δείκτες τεχνικής αποδοτικότητας
 - Capacity factor ΑΠ
 - Βαθμός απόδοσης συστήματος άντλησης – ταμίευσης
- Δ. Οικονομοτεχνικοί δείκτες
 - NPV στα 25 έτη
 - IRR

Μοντέλο προσομοίωσης Υβριδικού Σταθμού

Για
(52
βήμ
υπο

- Αν $E_{Wi} = E_{Pi}$: ο ΥΣ απορροφά όλη την ενέργεια που παράγουν τα Α/Π.
- Αν $E_{Wi} > E_{Pi}$: Το ποσό $(E_{Wi} - E_{Pi})$ της ενέργειας ή απορρίπτεται ή πωλείται απευθείας με τιμή 119,34 €/MWh (Υ.Α. Δ6/Φ1/14.12.2009).

■ Αν $E_{Wi} < E_{Pi}$: ο ΥΣ απορροφά $(E_{Pi} - E_{Wi})$ ενέργεια από το δίκτυο.

Σε ετήσια βάση υπολογίζονται:

■ $E_W = \sum_{i=1}^{52560} E_{Wi}$ Η ενέργεια που παράγεται από το ΑΠ

■ $E_{HW} = \sum_{i \in I}^{52560} (E_{Wi} - E_{Pi})$ Η ενέργεια των ΑΠ που απορρίπτεται ή πωλείται στο δίκτυο

■ $E_D = \sum_{i=1}^{52560} (E_{Pi} - E_{Wi})$ Η ενέργεια που απορροφάται από το

■ $E_P = \sum_{i=1}^{52560} E_{Pi}$ Η ενέργεια που καταναλώνεται για άντλ

■ $E_{HT} = \sum_{i=1}^{52560} E_{HTi}$ Η ενέργεια που παράγεται από τους υδροστροβίλους

$$E_D \leq 0.3 \cdot E_P$$

$$P_W \leq 1.2 \cdot P_P$$

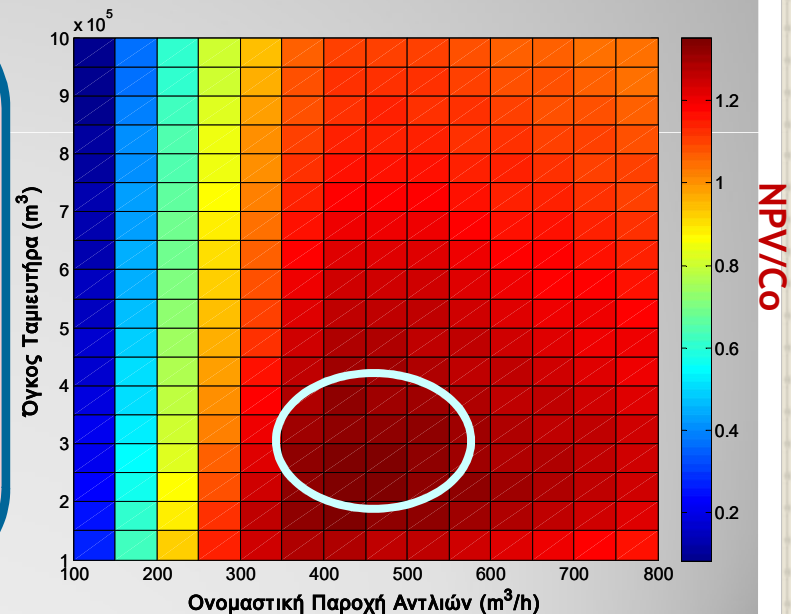
Διαστασιολόγηση Υβριδικού Σταθμού

- Κριτήριο βελτιστοποίησης: **ΚΠΑ/Αρχικό κόστος (NPV/Co)** της επένδυσης για 25ετία.

$$\frac{NPV}{C_0} = I_0(1+e) \cdot f_I(1-R_S/R_P) - a - b \left(1 - \frac{\delta i}{1+i}\right)^n - m(1+g) \cdot f_{II}$$

$$f_I = \frac{\left[1 - \left(\frac{1+e}{1+i}\right)^n\right]}{(i-e)} \quad f_{II} = \frac{\left[1 - \left(\frac{1+g}{1+i}\right)^n\right]}{(i-g)}$$

e=2% ετήσια αύξηση τιμής ηλεκτρισμού
 g=3% μέσος ρυθμός πληθωρισμού
 i=8% επιτόκιο προεξόφλησης
 δi=6% χρεολύσιο δανείου
 n=25 έτη διαχειριστική περίοδος
 a=30% αυτοχρηματοδότηση επί αρχικού κεφαλαίου
 b=45% δανειοδότηση επί αρχικού κεφαλαίου
 m=2% Co λειτουργικό κόστος επί αρχικού κεφαλαίου
 I₀= ανηγμένα έσοδα από την επένδυση



Διαστασιολόγηση Υβριδικού Σταθμού

- Κριτήριο βελτιστοποίησης: **ΚΠΑ/Αρχικό κόστος (NPV/Co)** της επένδυσης για 25ετία.
- **Κόστη** σε σχέση με τα **βασικά μεγέθη του Υβριδικού Σταθμού** για πολυπαραμετρική ανάλυση της επίδρασης των συντελεστών σχεδιασμού

**Κόστος
Α/Π**

$$C_W = 1.000.000 \cdot P_{inst}$$

**Κόστος
αντλιών**

$$C_P = 1814 \cdot \left(\frac{P_{P, rated}}{H_P^{0.3}} \right)^{0.82}$$

**Κόστος
Υδρ/λου**

$$C_T = 52000 \cdot P_T^{0.444} \cdot H_T^{-0.186}$$

**Κόστος
ταμιευτήρα**

$$C_R = 420 \cdot V_T^{0.7}$$

Κόστος αγωγού

$$C_{penst} = C_M + C_E + C_I$$

CM=κόστος υλικού = 0,6 €/kg

CE=κόστος

εκσκαφής=1,5*(πD²/4)*L*5

CI= κόστος εγκατάστασης

=15%*Cm

$$C_{GC} = 4\% \cdot (C_P + C_T + C_R + C_{penst})$$

**Κόστος
σύνδεσης με
δίκτυο**

$$C_{CS} = 1.6\% \cdot (C_P + C_T + C_R + C_{penst})$$

**Κόστος
συστ.
ελέγχου**

**Κόστος
μεταφοράς
εξοπλισμού**

$$C_{TR} = 2.4\% \cdot (C_P + C_T + C_R + C_{penst})$$

**Κόστος
ηλεκτροκινητήρα,
NM=1.2Nrump
RPM=1500**

$$C_{MOTOR} = 11370 \cdot \frac{N_M^{1.1}}{RPM_M^{0.776}}$$

**Κόστος
inverter
Ninv=1.25NM**

$$C_{INV} = 1160 \cdot N_{INV}^{0.70}$$

Άλλα Κόστη

$$C_{Other} = 2\% \cdot (C_P + C_T + C_R + C_{penst})$$

ΟΛΙΚΟ ΑΡΧΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ

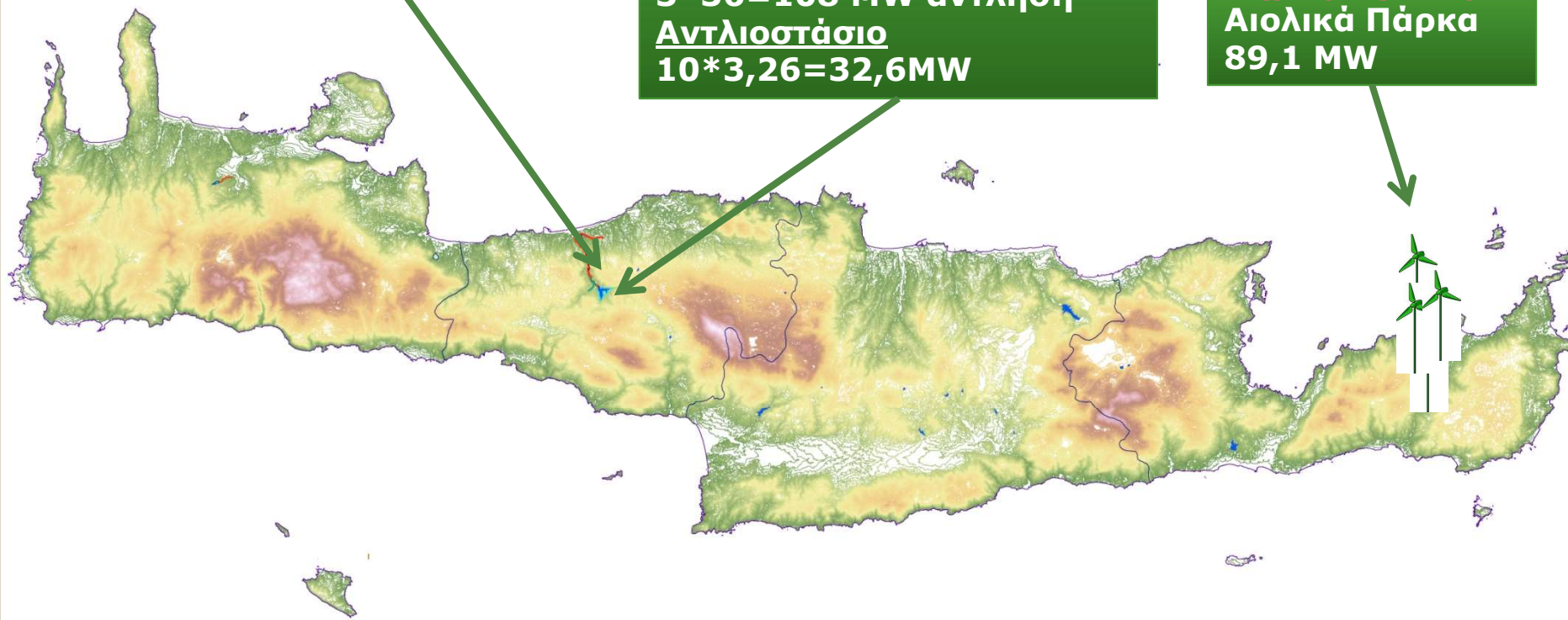
$$C_O = C_W + C_P + C_T + C_R + C_{penst} + C_{GS} + C_{CS} + C_{TR} + C_{MOTOR} + C_{INV} + C_{Other}$$

Το προτεινόμενο έργο

Δήμος Ρεθύμνου
Λιμνοδεξαμενή
1,08 εκ m³

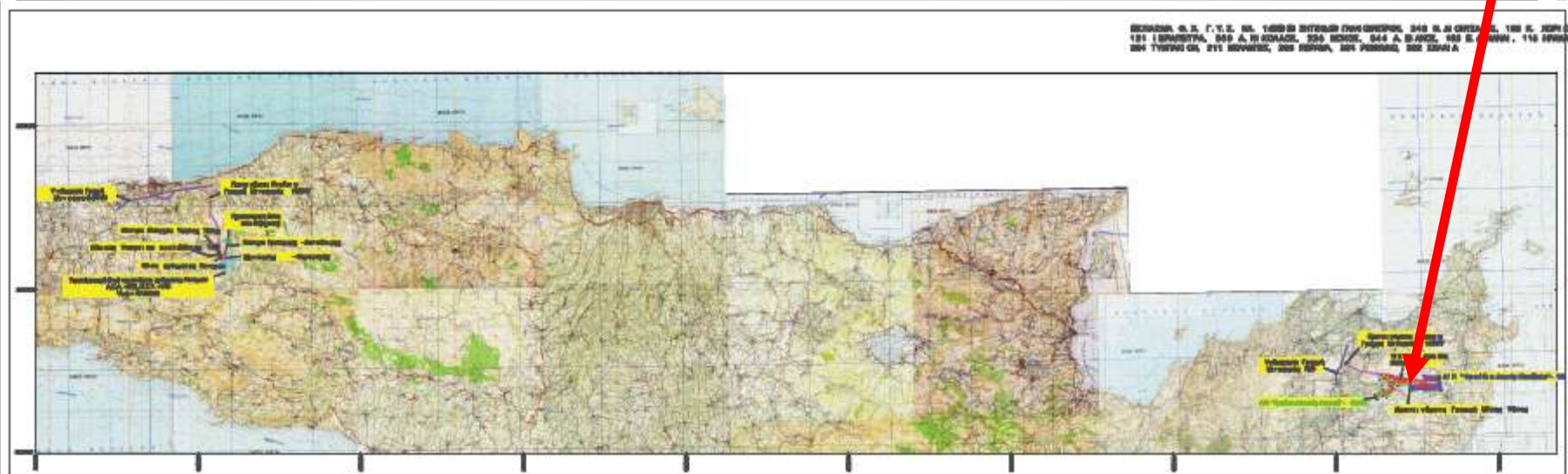
Δήμος Αμαρίου
Σταθμός Ελεγχ. Παραγωγής
2*25=50 MW παραγωγή
(+25MW εφ)
3*36=108 MW άντληση
Αντλιοστάσιο
10*3,26=32,6MW

Δήμος Σητείας
Αιολικά Πάρκα
89,1 MW



Τα αιολικά πάρκα

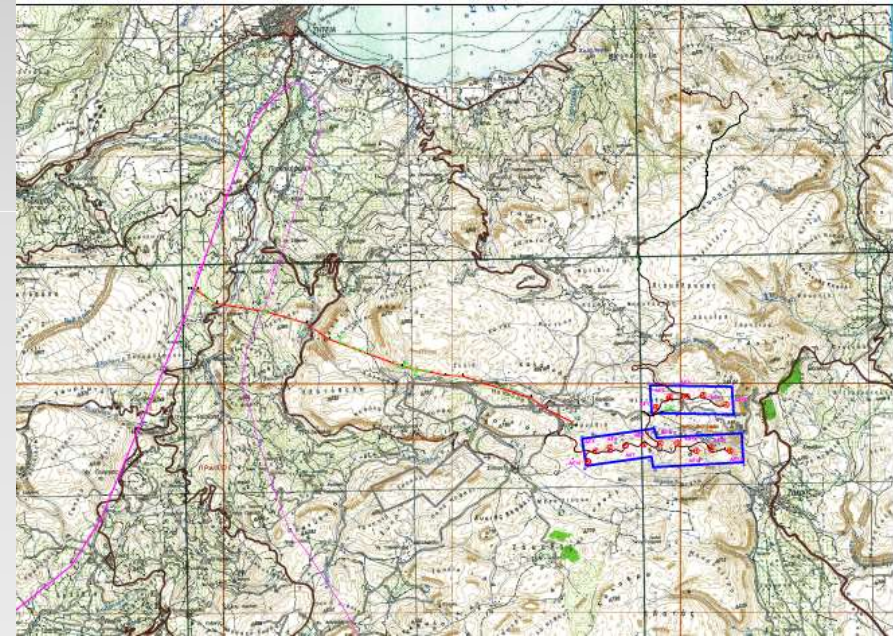
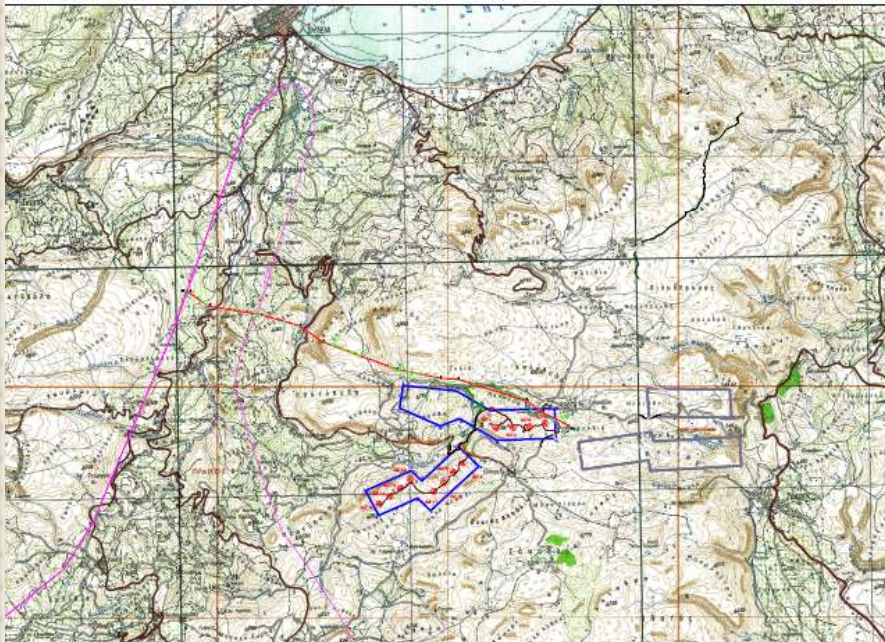
1. Οι Μονάδες Παραγωγής Α.Π.Ε. του ΥΒΣ αποτελούνται από 2 Α/Π, συνολικής ισχύος 89.1 MW (27 Α/Γ Vestas V112 -3,3MW)
 - 1. Α/Π στη θέση «Φρούδια-Λυγιάς-Πλατύβολο» Δήμου Σητείας, συνολικής ισχύος MW (15 Α/Γ)
 - 2. Α/Π στη θέση «Τρούλα-Χαλκιάς-Κορφή» Δήμου Σητείας, συνολικής ισχύος MW (12 Α/Γ)



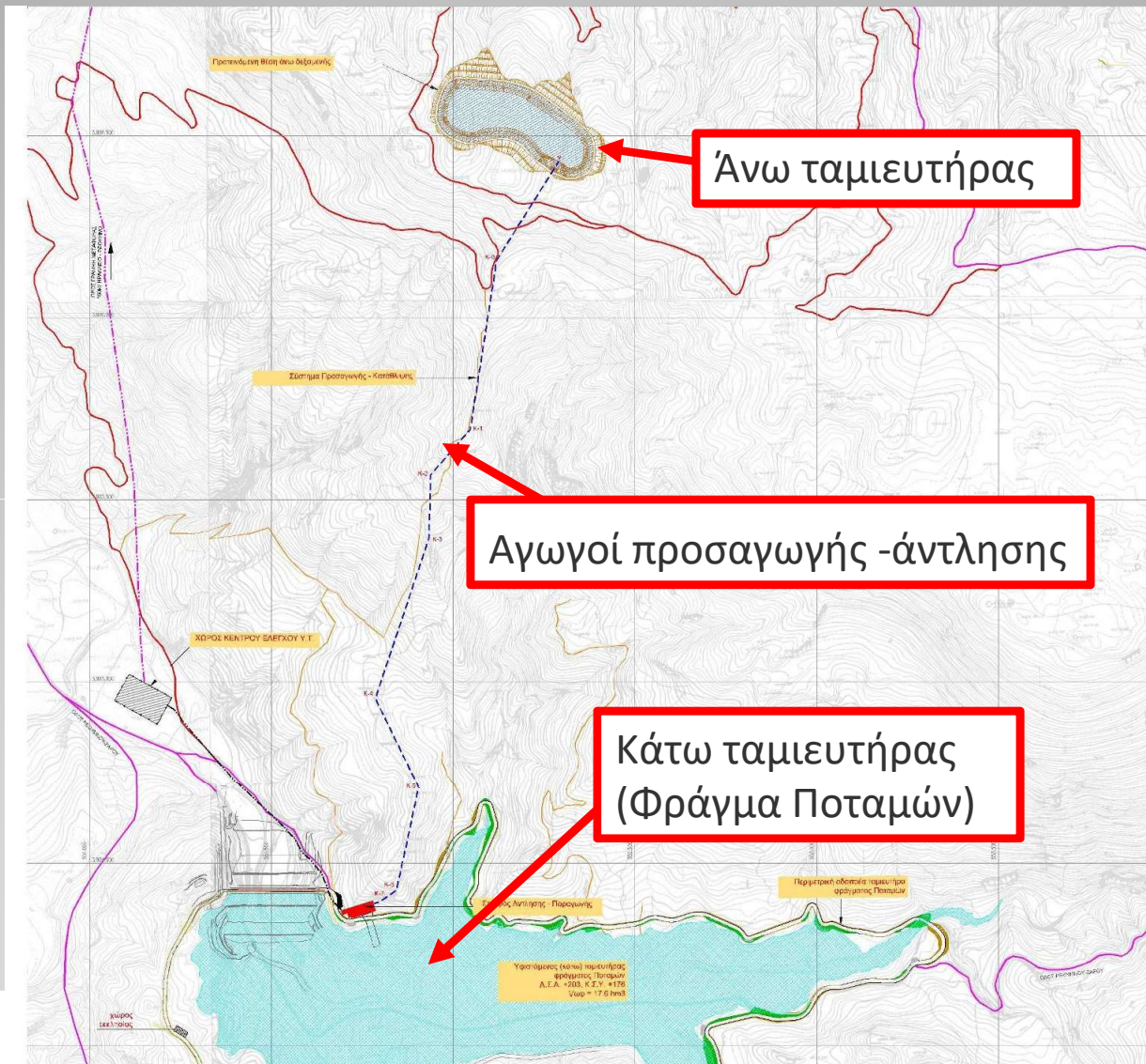
Τα αιολικά πάρκα στη Σητεία

Α/Π στη θέση «**Τρούλα-Χαλκιάς-Κορφή**»
12 * 3.3 = 39.6 MW

Α/Π στη θέση «**Φρούδια-Λυγιάς-Πλατύβολο**» **15 * 3.3 = 49.5 MW**

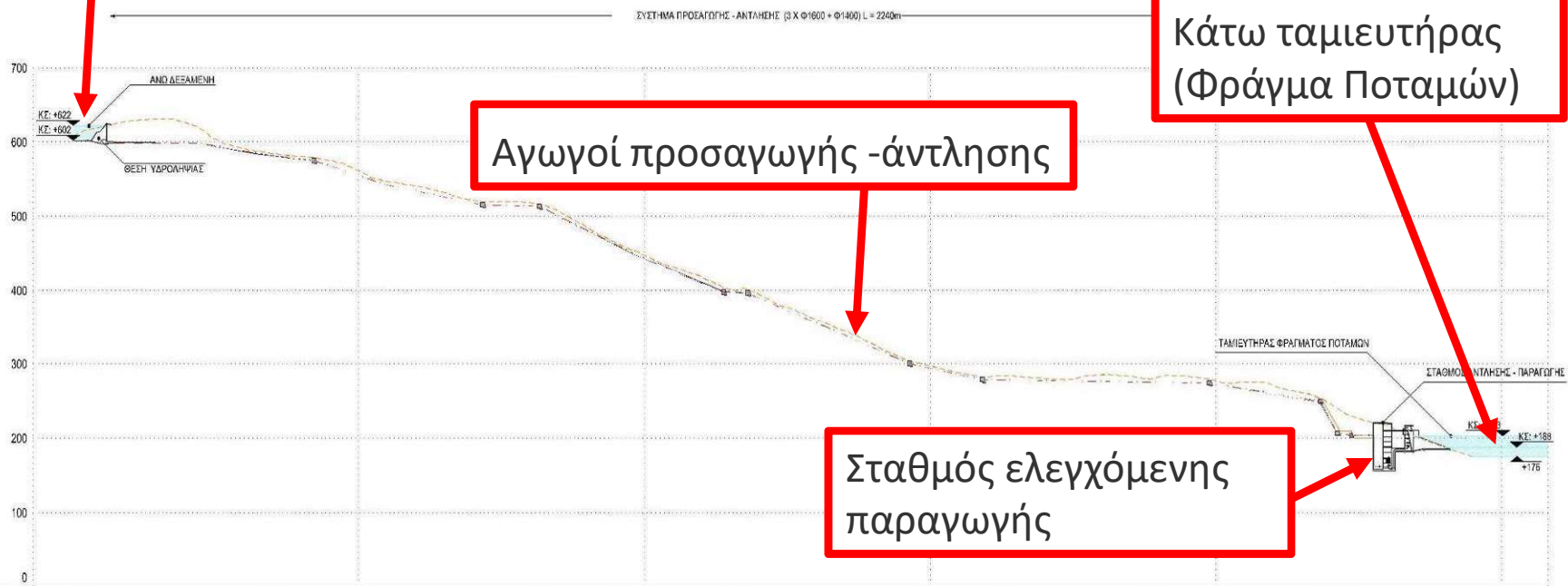


Κάτοψη του Έργου



Τομή του έργου

Άνω ταμιευτήρας



Αγωγοί προσαγωγής - άντλησης

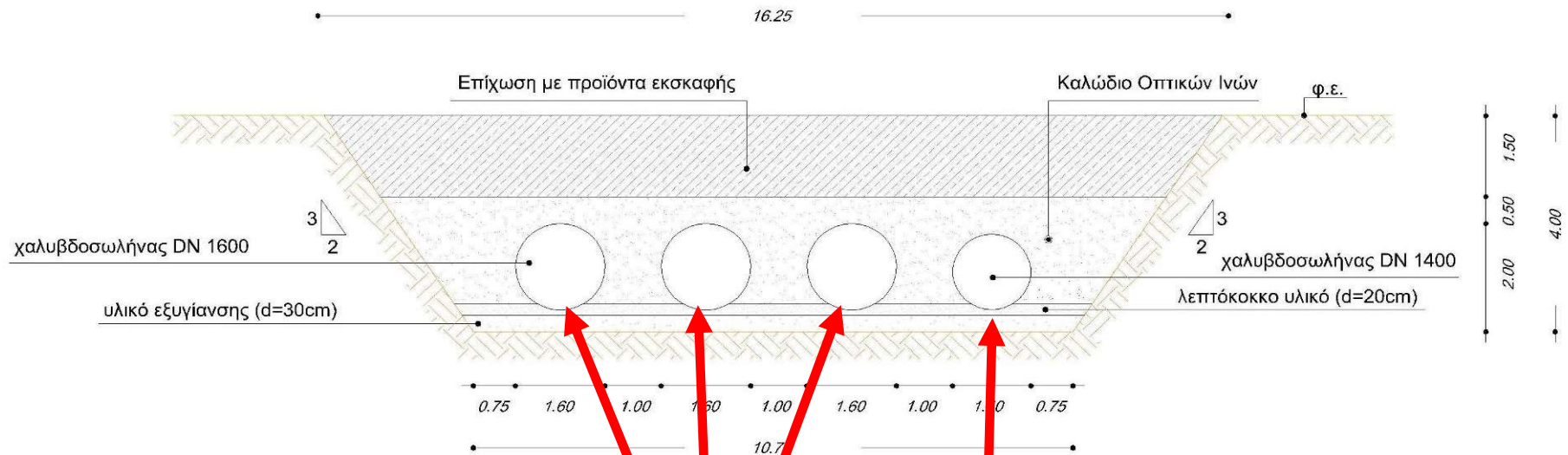
Κάτω ταμιευτήρας (Φράγμα Ποταμών)

Σταθμός ελεγχόμενης παραγωγής

ΣΗΜΕΙΟ	0	1	2	3	4	5										
Χ.Θ.	0+25.70	0+346	0+816	0+982	1+158	1+620	1+892	2+182	2+237	2+500						
ΧΙΛΙΟΜΕΤΡΗΣΗ (m)	0+000	C+500	1+000	1+500	2+000	2+500										
ΜΗΚΟΣ(μ) / ΚΛΙΣΗ		151/0.000	109/0.136	102/0.098	126/0.258	169/0.162	99/0.020	166/0.384	155/0.332	48/0.026	276/0.340	126/0.210	397/0.011	187/0.129	42/20	65

Αγωγοί προσαγωγής - άντλησης

ΤΥΠΙΚΟ ΣΚΑΜΜΑ ΕΠΑΝΕΠΙΧΩΜΕΝΩΝ ΑΓΩΓΩΝ
κλ. 1:100



Χαλυβδωσωλήνες DN 1600

Χαλυβδωσωλήνας DN 1400

Αντλιοστάσιο

10 αντλίες x 3,216 MW = 32,16 MW

Αντλίες

3x36 MW = 108 MW

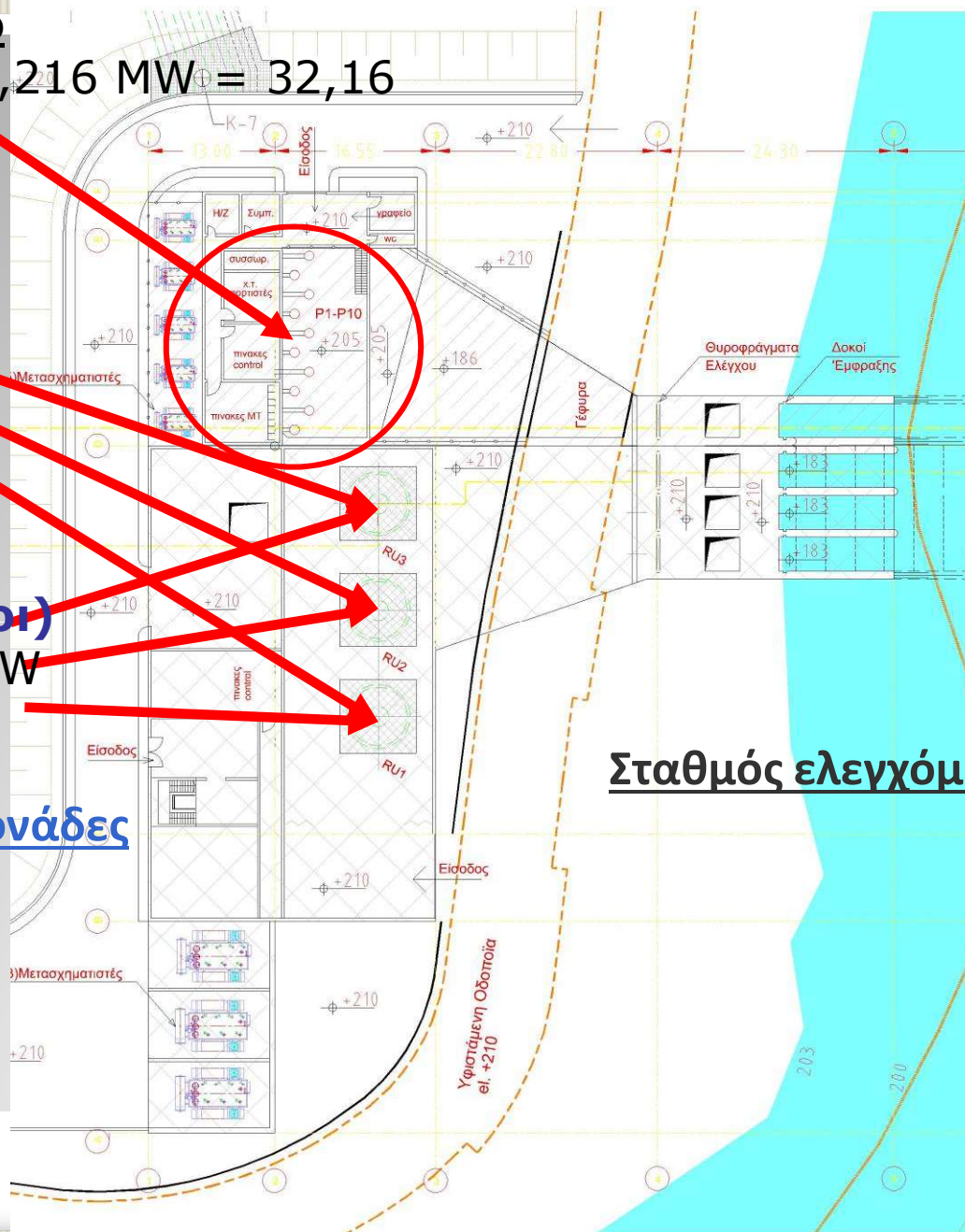
Παραγωγή (υδροστρόβιλοι)

2x25 MW = 50 MW

1x25 MW

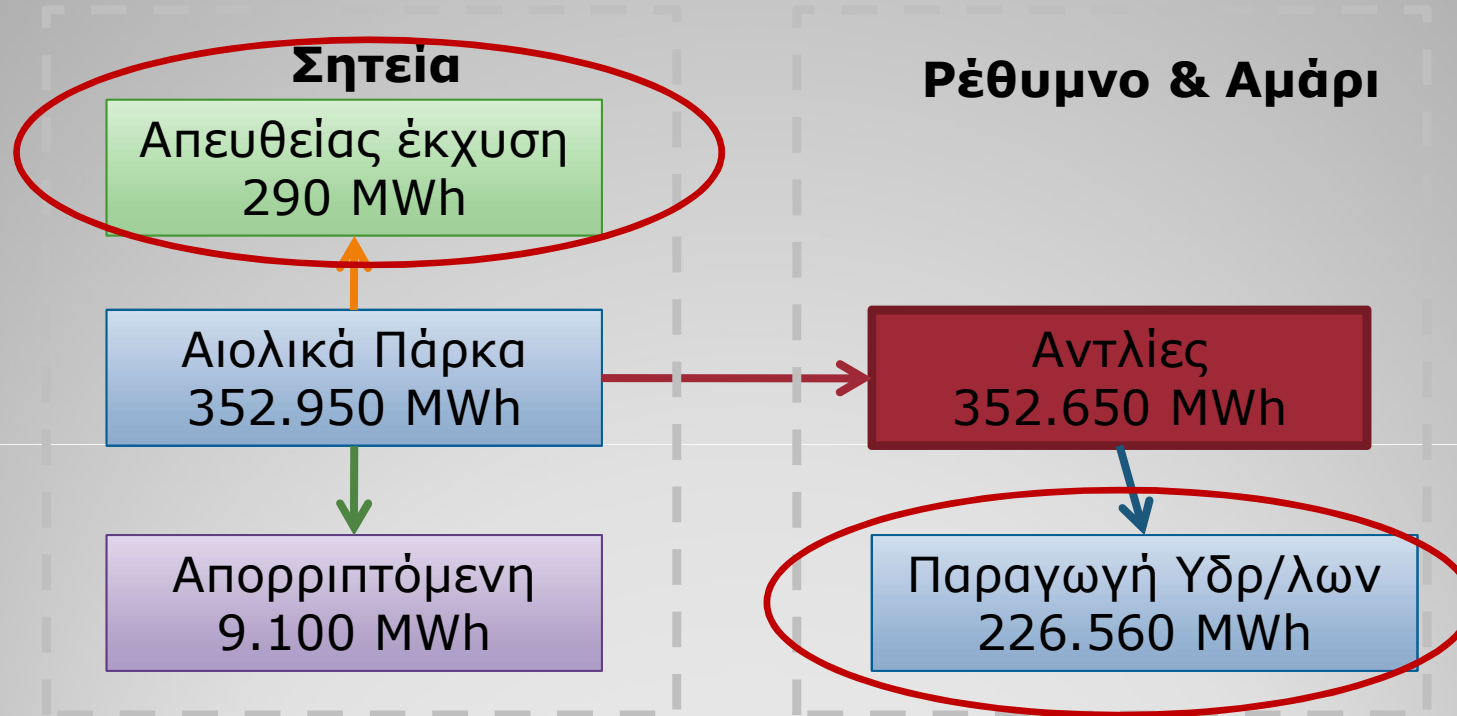
εφεδρική

Αναστρέψιμες μονάδες



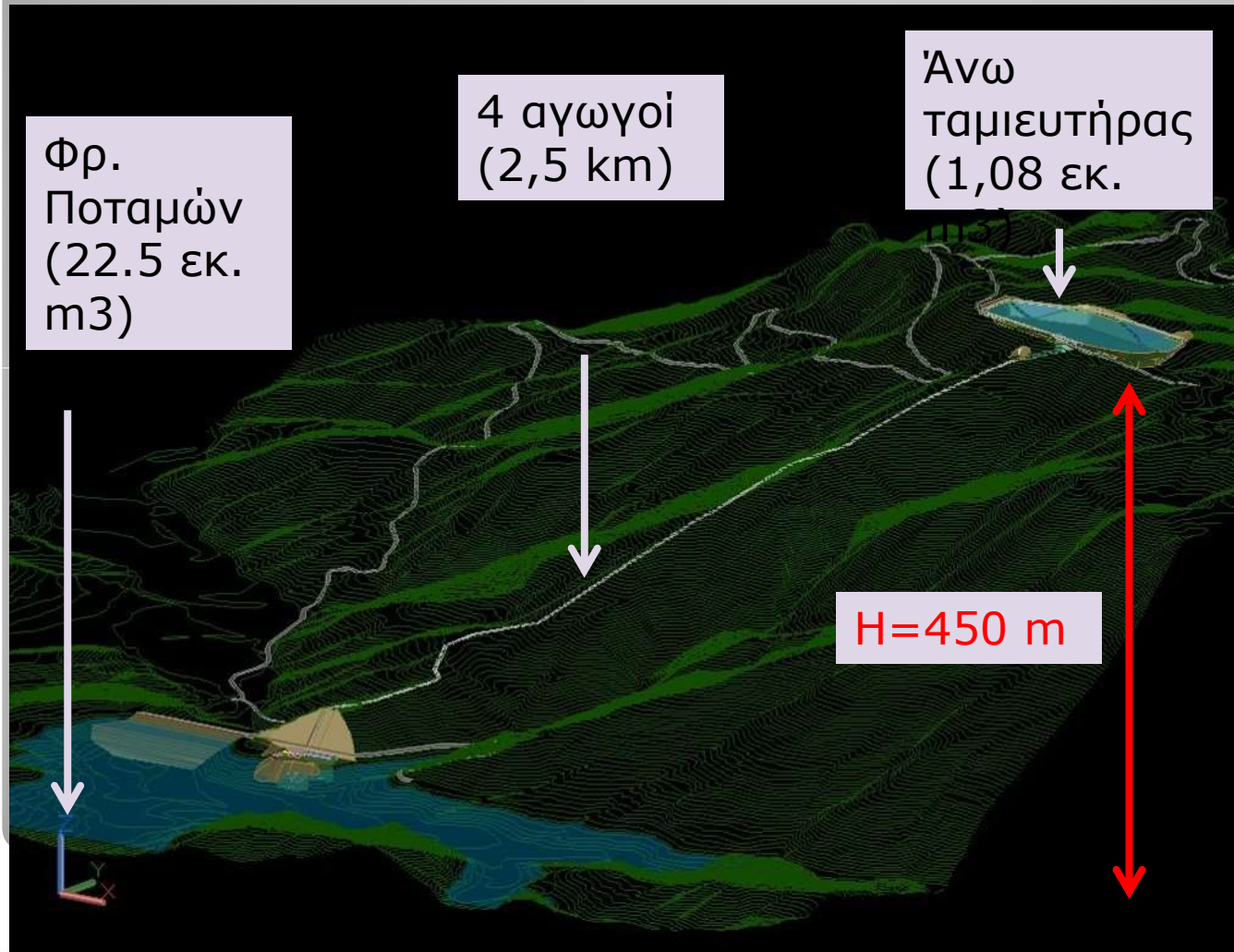
Σταθμός ελεγχόμενης παραγωγής

Ετήσιο Ενεργειακό Ισοζύγιο του ΥΣ



Δείκτες αποδοτικότητας ΥΒΣ	
Συνολική καθαρή παραγόμενη ενέργεια	226.850MWh
Τεχνική αποδοτικότητα του έργου	Δείκτης αποδοτικότητας αιολικού πάρκου (Capacity factor): 45.22%
	Βαθμός απόδοσης του συστήματος αντλησιοταμίευσης(Παραγωγή υδρ/λου/παραγωγή ΑΠΕ): 64,25%

Το αντλησιοταμιευτικό σύστημα στο Φρ. Ποταμών



Ετήσια
εγγυημένη
παραγόμενη
ενέργεια:
HTs = 227 GWh
WPs=353 GWh

Αποτελέσματα ΣΗΕ Κρήτης

- Ο ΥΒΣ Αμαρίου (226,6 GWh) παράγει το 1/10 της ενέργειας των συμβατικών Μονάδων και το 35% της ενέργειας των ΑΠΕ.
- Μείωση εκπομπών CO₂ : 241.000 tn
- Σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία της ΕΕ για τιμή 4,4 €/tn CO₂ , η λειτουργία του έργου δημιουργεί αντίστοιχο περιβαλλοντικό όφελος 1.060.000 € ετησίως, το οποίο καθιστά το έργο εθνικής εμβέλειας και σημασίας.

Αποτελέσματα ΣΗΕ Κρήτης

Με την εισαγωγή του ΥΣ 50 MW στο ΣΗΕ Κρήτης

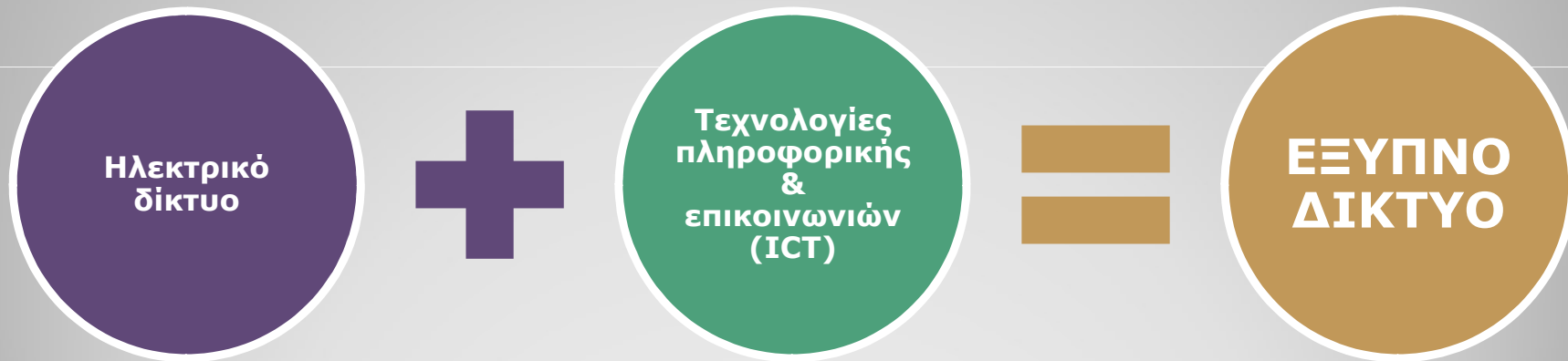
Παραγωγή από συμβατικές μονάδες	↓	6,2%
Αιολική Παραγωγή	↑	0,04%
Παραγωγή από ΑΠΕ	↑	4,52%
Κόστος καυσίμου	↓	5,5%
Κόστος εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO2)	↓	5,3%
Κόστος παραγωγής ενέργειας στην Κρήτη	-	

ΜΕΡΟΣ Β '

- **Έξυπνα δίκτυα (Smart Grids) για την αύξηση διείσδυσης μονάδων ΑΠΕ στο ΣΗΕ**

ΕΞΥΠΝΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ (SMART GRID)

- **Ερώτηση:** Τι είναι το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο;
- **Σύντομη απάντηση:**

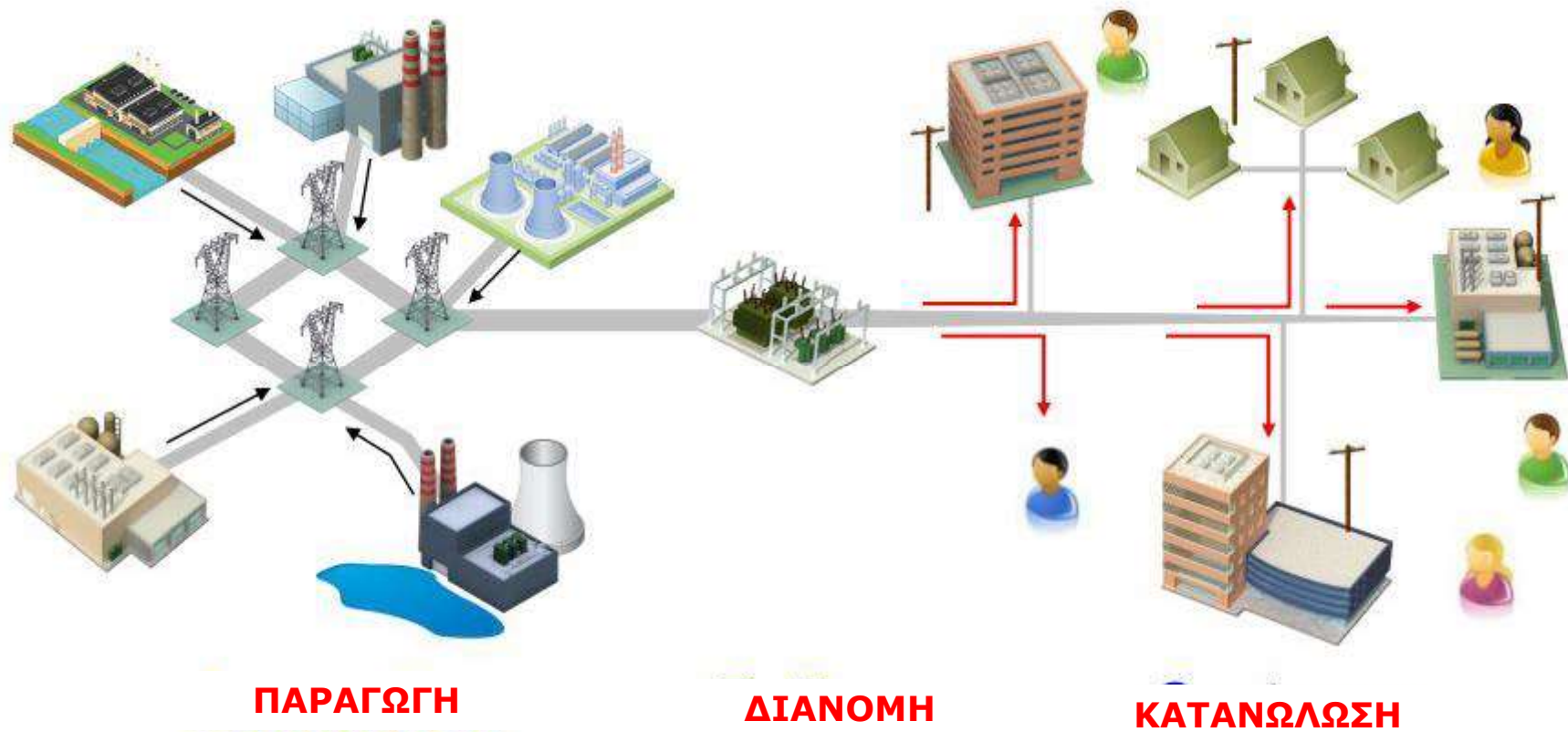


ΕΞΥΠΝΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ (SMART GRIDS)

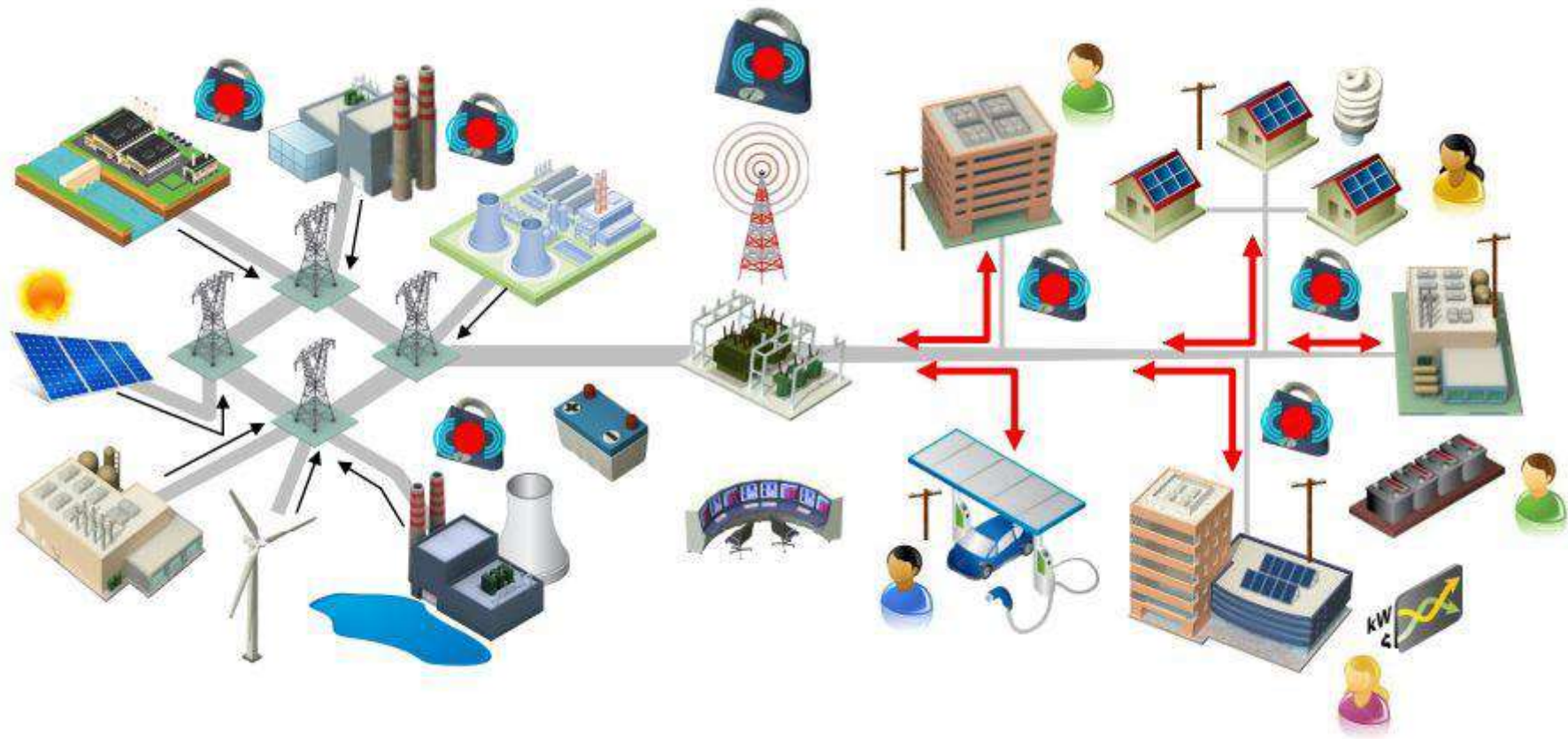
Πιο αναλυτικοί ορισμοί:

- **Εφημερίδα ΕΕ:** «το ΕΗΔ ορίζεται ως το αναβαθμισμένο ΗΕ στο οποίο έχουν προστεθεί
 - αμφίδρομη ψηφιακή επικοινωνία μεταξύ καταναλωτή και προμηθευτή
 - έξυπνα συστήματα μέτρησης, παρακολούθησης και ελέγχου των παραμέτρων της ΗΕ.»
- **U.S. Department of Energy:** ως ΕΗΔ ορίζεται το σύνολο των τεχνολογιών που εκσυγχρονίζουν το παραδοσιακό ΣΗΕ.
 - Οι τεχνολογίες αυτές χαρακτηρίζονται από
 - τον απομακρυσμένο έλεγχο,
 - τον αυτοματισμό
 - την αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ καταναλωτή και παρόχου ΗΕ, με ενσωμάτωση υπολογιστικών συστημάτων.
 - Τα ΕΗΔ εφαρμόζονται σε επίπεδο παραγωγής ΗΕ και φθάνουν μέχρι το επίπεδο καταναλωτή και στόχος τους είναι
 - η αποδοτικότητα και η αξιοπιστία του ΗΔ

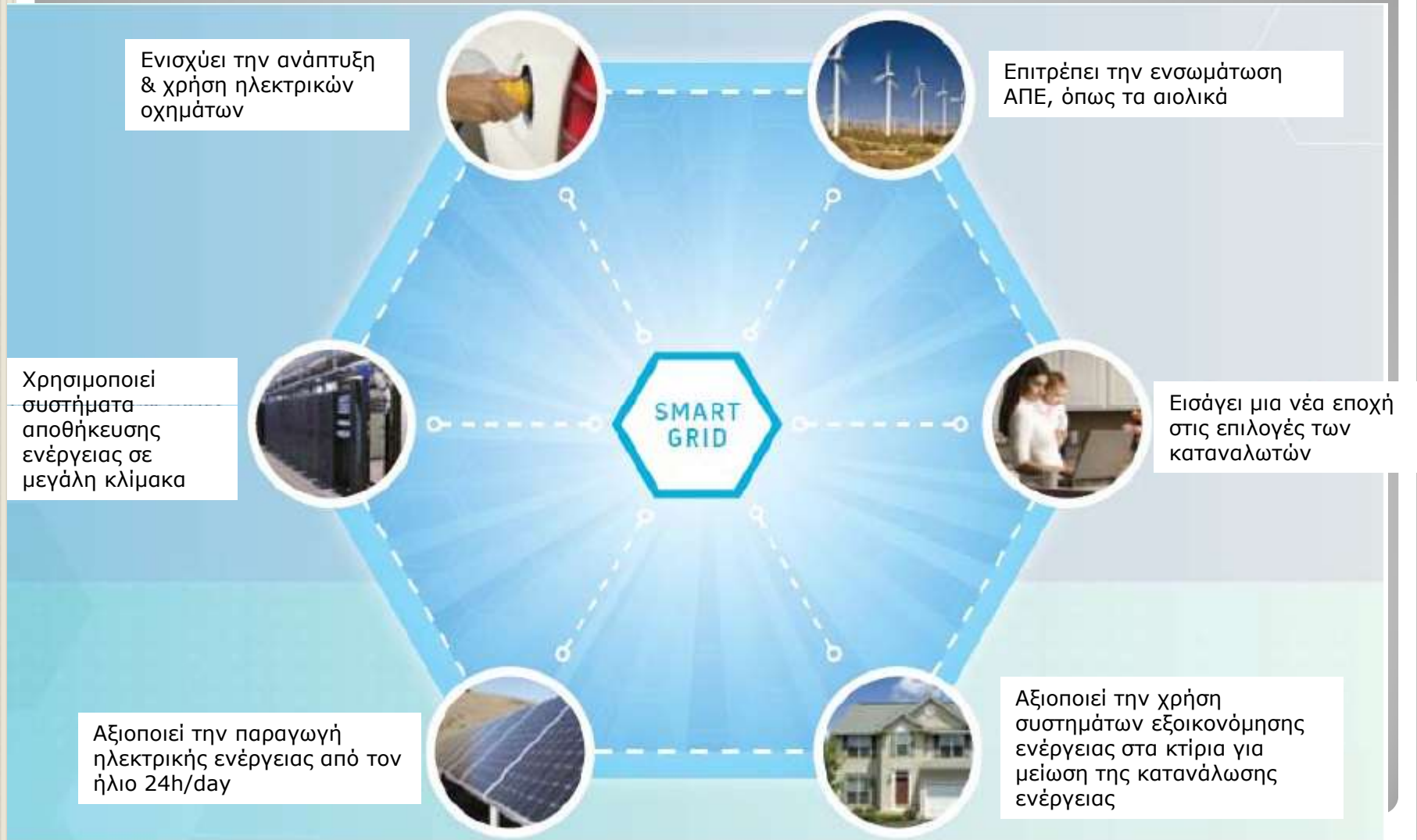
Από το παραδοσιακό Ηλεκτ. Δίκτυο (ΗΔ)...



...στο Έξυπνο Ηλεκτρικό Δίκτυο (ΕΗΔ)



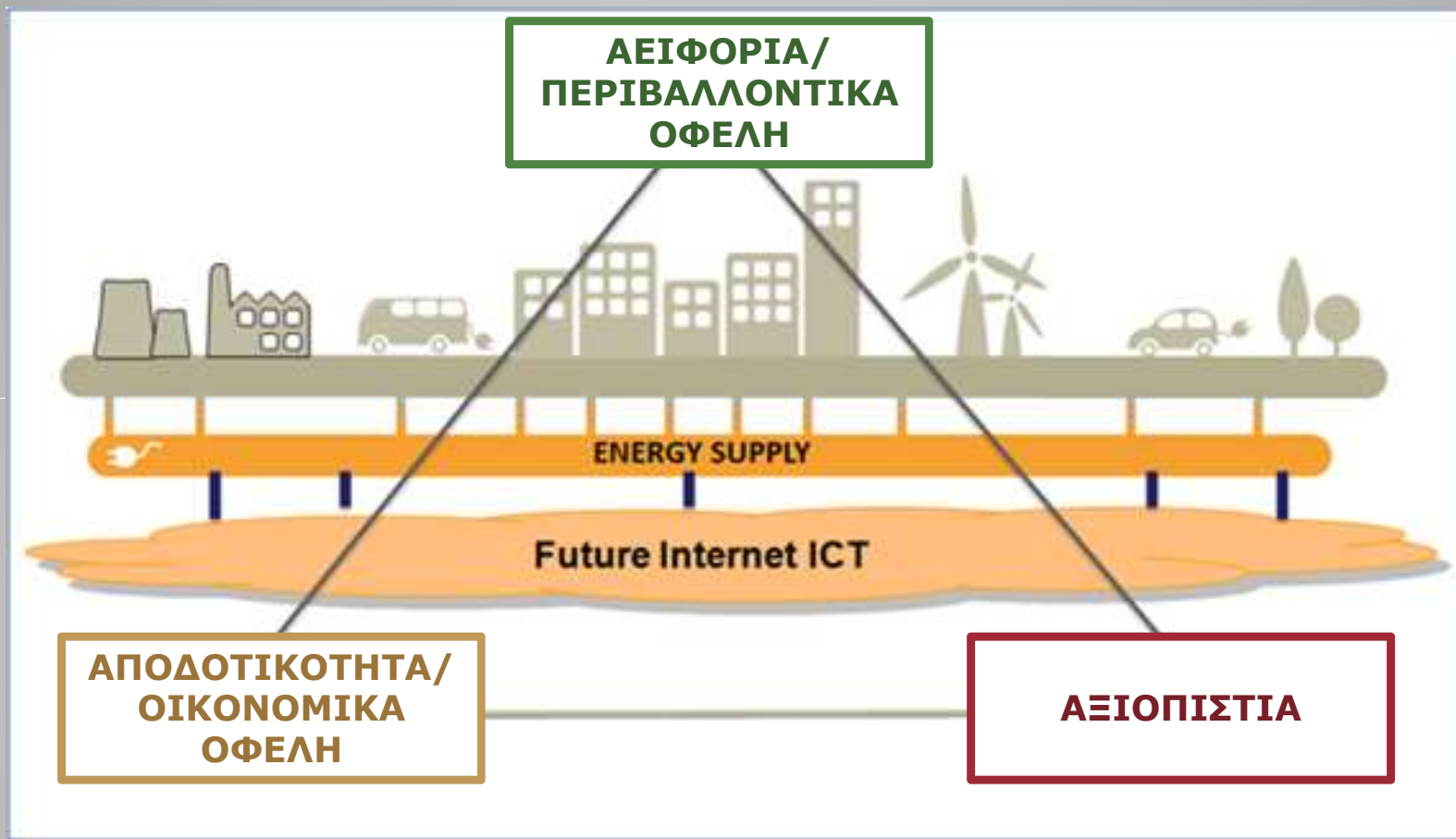
Το έξυπνο δίκτυο:



Χαρακτηριστικά του ΕΗΔ:

- Αμφίδρομη ροή πληροφορίας της ΗΕ & διαχείριση της πληροφορίας αυτής σχεδόν σε πραγματικό χρόνο (*near-real time*).
- Αυτόματη αποκατάσταση βλαβών/σφαλμάτων (*self healing*).
- Βέλτιστη αξιοποίηση του εξοπλισμού του ΣΗΕ.
- Υψηλή διείσδυση ΑΠΕ στο μείγμα παραγωγής.
- Ενσωμάτωση έξυπνων μετρητών - ευέλικτη τιμολόγηση.

Στόχοι – τομείς του ΕΗΔ:



Τι απαιτείται για την υλοποίηση του ΕΗΔ;

Μονάδες αποθήκευσης (ΜΑ)

- Ένταξη κοντά στις Μονάδες ΔΠ
- Για άμεση κάλυψη της ζήτησης

Καθορισμός επιπέδου φόρτισης των ΜΑ

- Είναι απαραίτητος να γίνεται σε πραγματικό χρόνο
- Για την αξιοπιστία του ΣΗΕ

Διανεμημένος έλεγχος του δικτύου

- Ο έλεγχος δεν μπορεί να είναι κεντρικός αλλά τοπικός
- Τοπολογία δικτύου & ελέγχου από τα οικιακά δίκτυα μέχρι το δίκτυο διανομής.

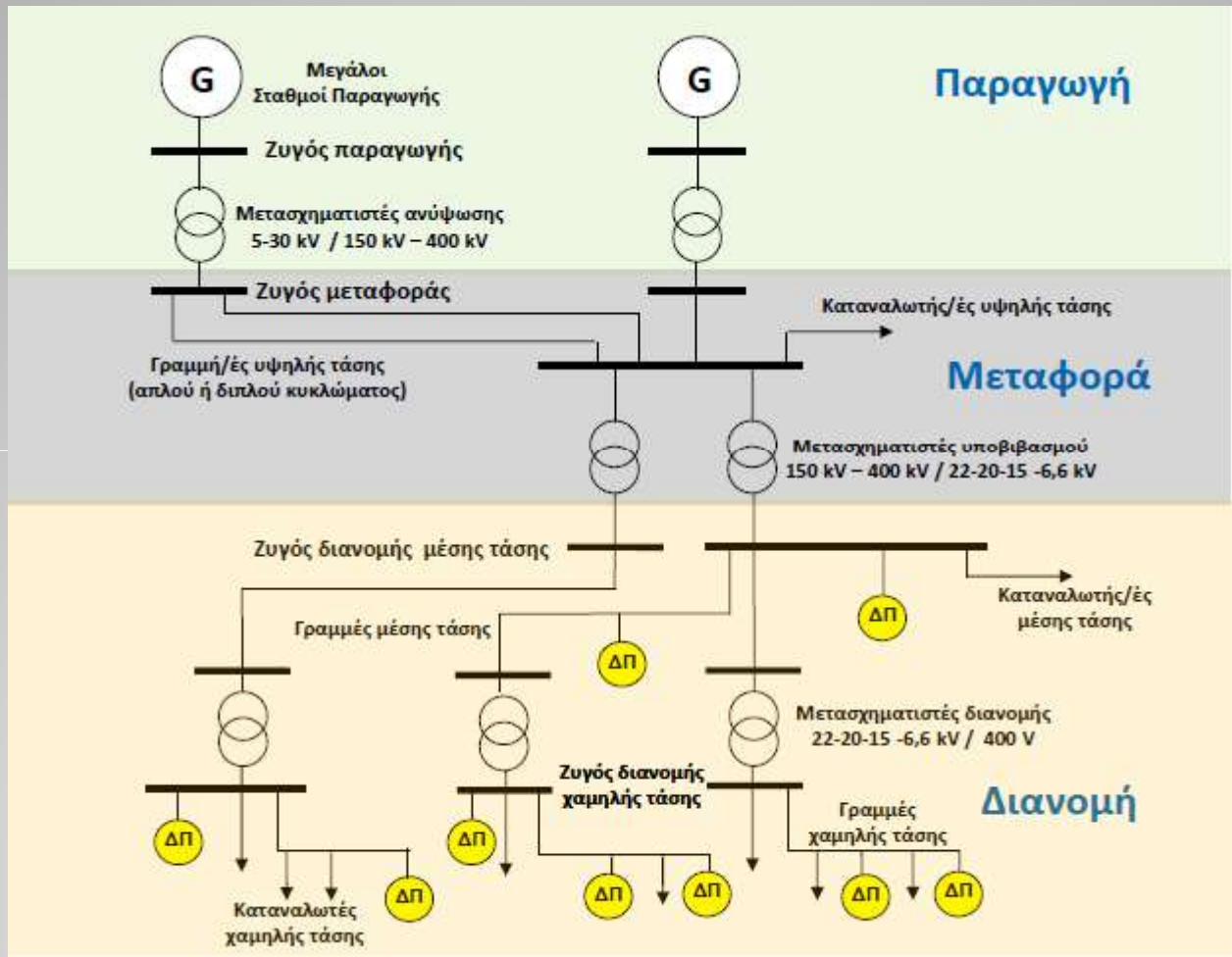
ΜΕΡΟΣ Δ'

- **Μικροδίκτυα (Microgrids)**

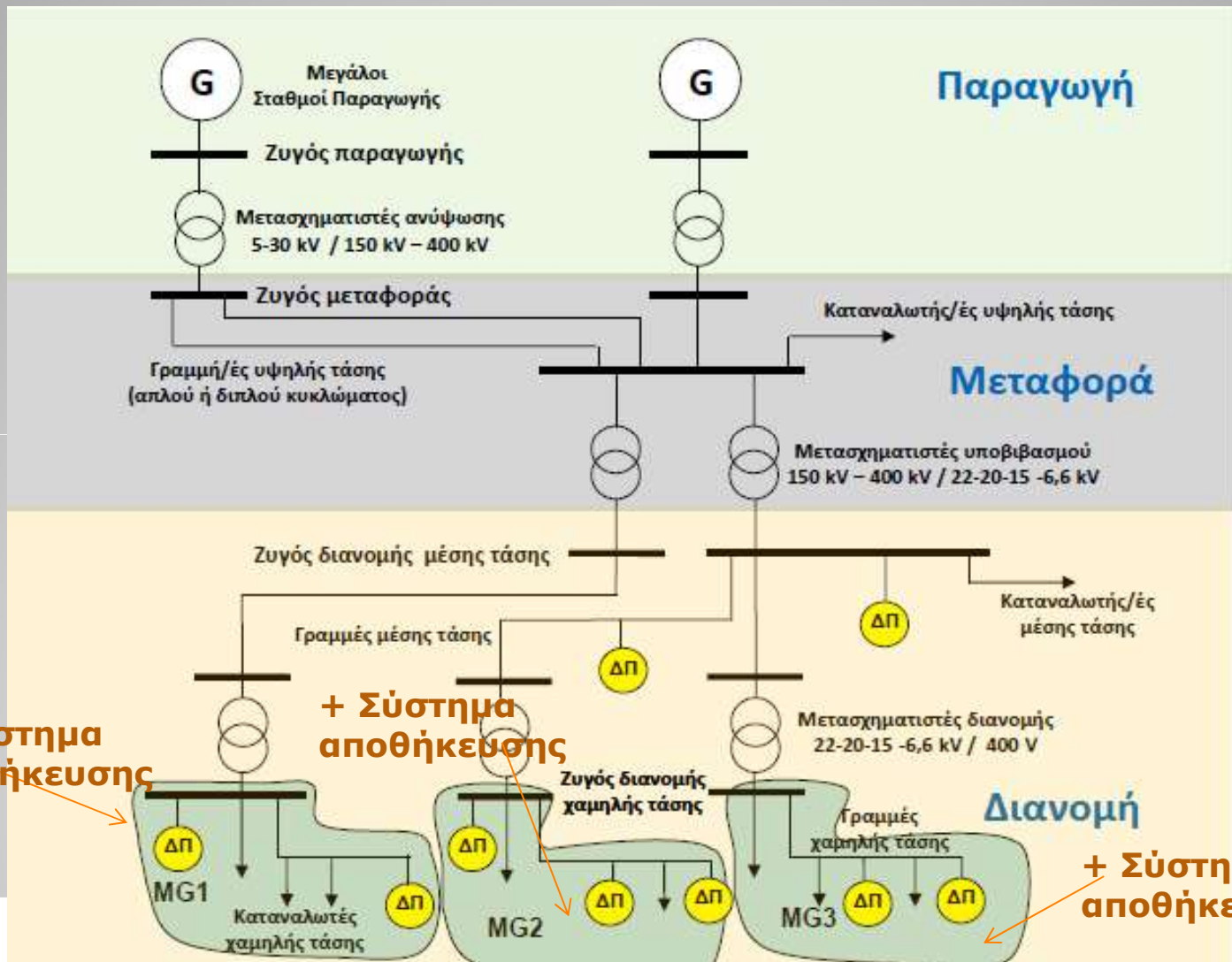
Αυτό είναι το «μικροδίκτυο» (microgrid)!!

- Η απαραίτητη δομική μονάδα του έξυπνου ηλεκτρικού δικτύου!
 - Τα μικροδίκτυα λύνουν τα προβλήματα ελέγχου του μεγάλου αριθμού Μονάδων ΔΠ.
 - Τα μικροδίκτυα = μικρά ΣΗΕ που περιλαμβάνουν:
 - Τουλάχιστον 1 μονάδα ΔΠ
 - Συστήματα αποθήκευσης
 - Τοπικά φορτία
 - Μπορούν να λειτουργούν:
 - σε διασύνδεση με το ΣΗΕ
 - αυτόνομα
 - Η λειτουργία του microgrid ακολουθεί τις γενικές αρχές ενός ΣΗΕ.

Δομή ΣΗΕ με ΔΠ



Δομή ΣΗΕ με Microgrids



+ Σύστημα αποθήκευσης

+ Σύστημα αποθήκευσης

+ Σύστημα αποθήκευσης

Microgrid layout



Microgrid Overview

Πλεονεκτήματα των microgrids

- Βελτίωση της αποδοτικότητας και μακροπρόθεσμο- προβλέψιμο ενεργειακό κόστος
- Ευελιξία - Εξακριβωμένη αξιοπιστία σε σχέση με τις grid – only διασυνδέσεις
- Περιβάλλον - Μείωση των επιβλαβών εκπομπών λόγω της βέλτιστης χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και προγραμμάτων ενεργειακής απόδοσης.

Γιατί τα Migrogrids είναι σημαντικά??

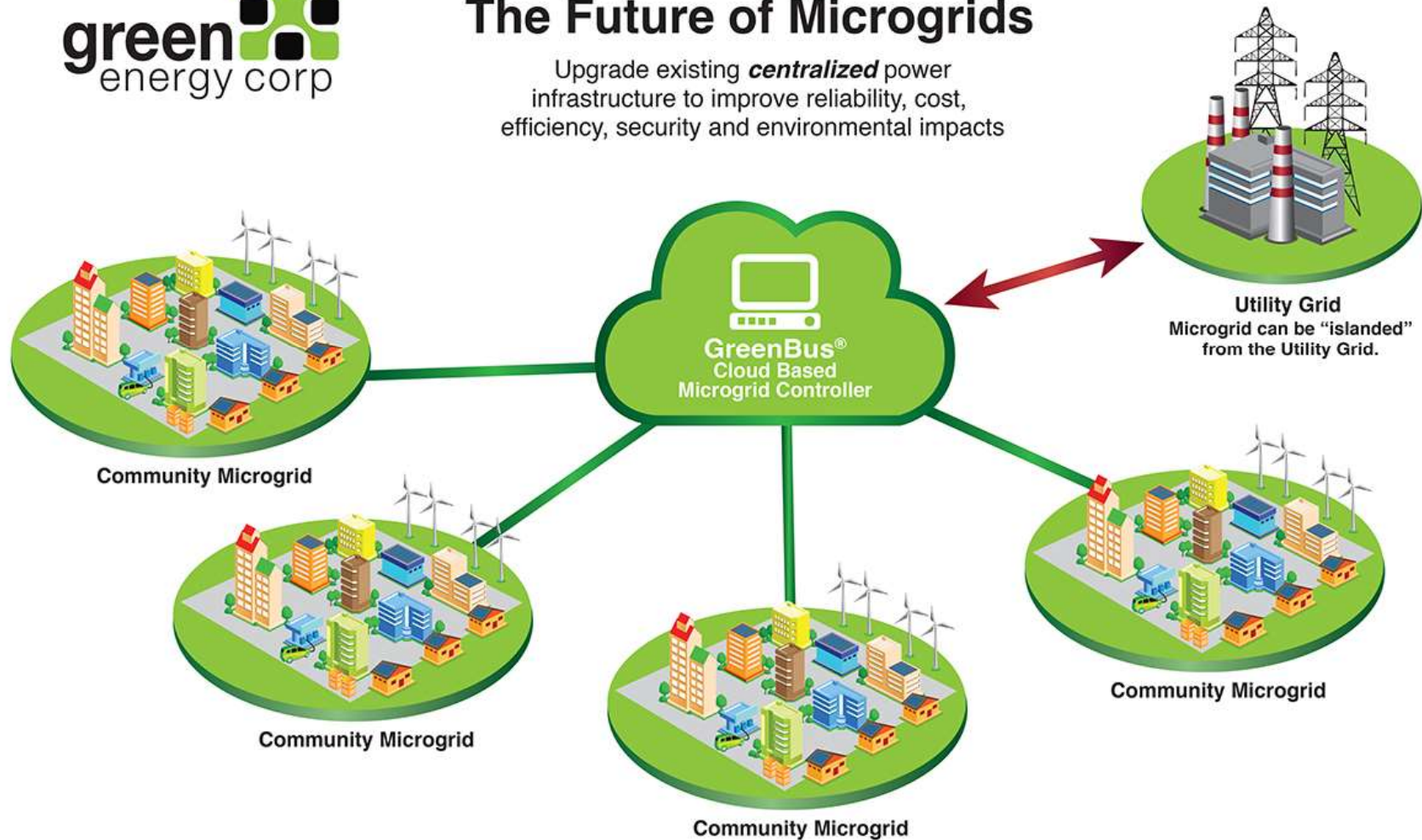
- Αυξάνουν την αποδοτικότητα του μεγαλύτερου ΣΗΕ.
- Προσφέρουν ανθεκτικότητα στην ηλεκτρική ενέργεια από φυσικές καταστροφές, όπως σεισμούς, τσουνάμι και καταιγίδες.
- Μπορούν να εξουσιάσουν τα κέντρα αντιμετώπισης καταστροφών κατά τη διάρκεια περιφερειακών και εθνικών κρίσεων.
- Είναι ασφαλείς κατά των επιθέσεων στον κυβερνοχώρο και τις φυσικές επιθέσεις.
- Είναι φιλικά προς το περιβάλλον επειδή χρησιμοποιούν πόρους από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.
- Δημιουργούν θέσεις εργασίας και ευκαιρίες εκπαίδευσης.

Τα microgrids του μέλλοντος...

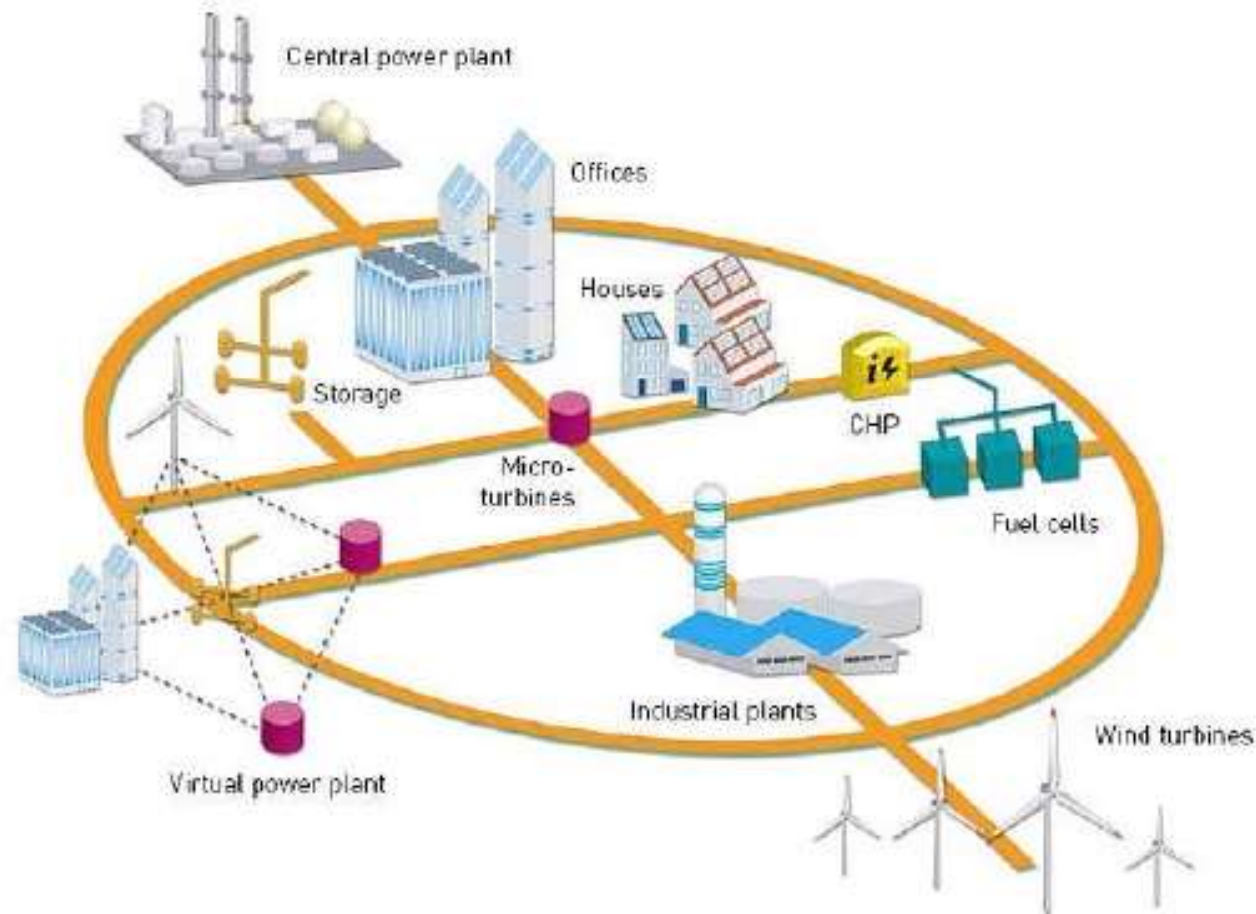


The Future of Microgrids

Upgrade existing *centralized* power infrastructure to improve reliability, cost, efficiency, security and environmental impacts



Smart Grid / Micro Grid



Distributed generation (localized) in micro grids and part of a larger smart grid

FUTURE TRENDS...



Global Smart Cities Market to Reach \$2 trillion by 2020!!!



