

***Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας***

# **Οικονομικά Ενέργειας**

**Μαρία Καρασίμου**

**Διδάκτορας του Τμήματος**

**Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών  
(ΤΗΜΜΥ)**

***ΗΜ554 Εισαγωγή στην Οικονομία της Ενέργειας***

***Εαρινό Εξάμηνο 2023-2024***



# Αγορές Ηλεκτρικής Ενέργειας



# Ανάκτηση σταθερού κόστους

Η τιμή για κάθε περίοδο καθορίζεται από το οριακό κόστος της οριακής μονάδας και δεν λαμβάνετε υπ' όψιν τα σταθερά κόστη, δεν υπάρχει καμία εγγύηση ότι οι μονάδες παραγωγής θα είναι σε θέση να ανακτήσουν τα σταθερά κόστη του.



# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Πρόγραμμα παραγωγής για το παράδειγμα (τιμή εκκαθάρισης της αγοράς)

Περίοδος	Τιμή (€/MWh)		Μονάδα 1	Μονάδα 2	Μονάδα 3
1	35	Έξοδα μονάδας (MWh)	500	0	50
		Έσοδα	17500	0	1750
		Έξοδα	5500	0	1850
		Κέρδος	12000	0	<b>-100</b>
2	30	Έξοδα μονάδας (MWh)	500	250	0
		Έσοδα	15000	7500	0
		Έξοδα	5500	7750	0
		Κέρδος	9500	<b>-250</b>	0
3	35	Έξοδα μονάδας (MWh)	500	350	200
		Έσοδα	17500	12250	7000
		Έξοδα	5500	10750	7100
		Κέρδος	12000	1500	<b>-100</b>

## **Προσέγγιση 1:** Αύξηση χρεώσεων για την αντιστάθμιση του μη ανακτηθέντος κόστους

Ο διαχειριστής της αγοράς υπολογίζεται το μη ανακτηθέν κόστος  $\Gamma_i(t)$  του κάθε ηλεκτροπαραγωγού σε κάθε περίοδο με βάση τη σύνθετη προσφορά που υπέβαλε ο τελευταίος και την οριακή τιμή  $\pi_t^*$

Η συνολική χρέωση των καταναλωτών για το χρονικό διάστημα  $t$  αποτελείται από μία ενεργειακή χρέωση σε τιμή  $\pi_t^*$  και μία επιπλέον χρέωση

$$K(t) = \pi_t^* L(t) + \sum_{i=1}^N \Gamma_i X \frac{L(t)}{\sum_{t=1}^T L(t)}, \quad \forall t \in T$$

# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Ο παρακάτω πίνακας δείχνει πόσα χρήματα θα πληρώσουν οι καταναλωτές κάθε ώρα για την ενέργεια που καταναλώνουν και πόσα για την επιπλέον χρέωση

*Χρεώσεις σύμφωνα με την Προσέγγιση 1*

Χρονική περίοδος t	1	2	3
Χρεώσεις ενέργειας στην τιμή $\pi_t^*$ (€)	19250	22500	36750
Επιπλέον χρεώσεις (€)	105.3	143.6	201.1

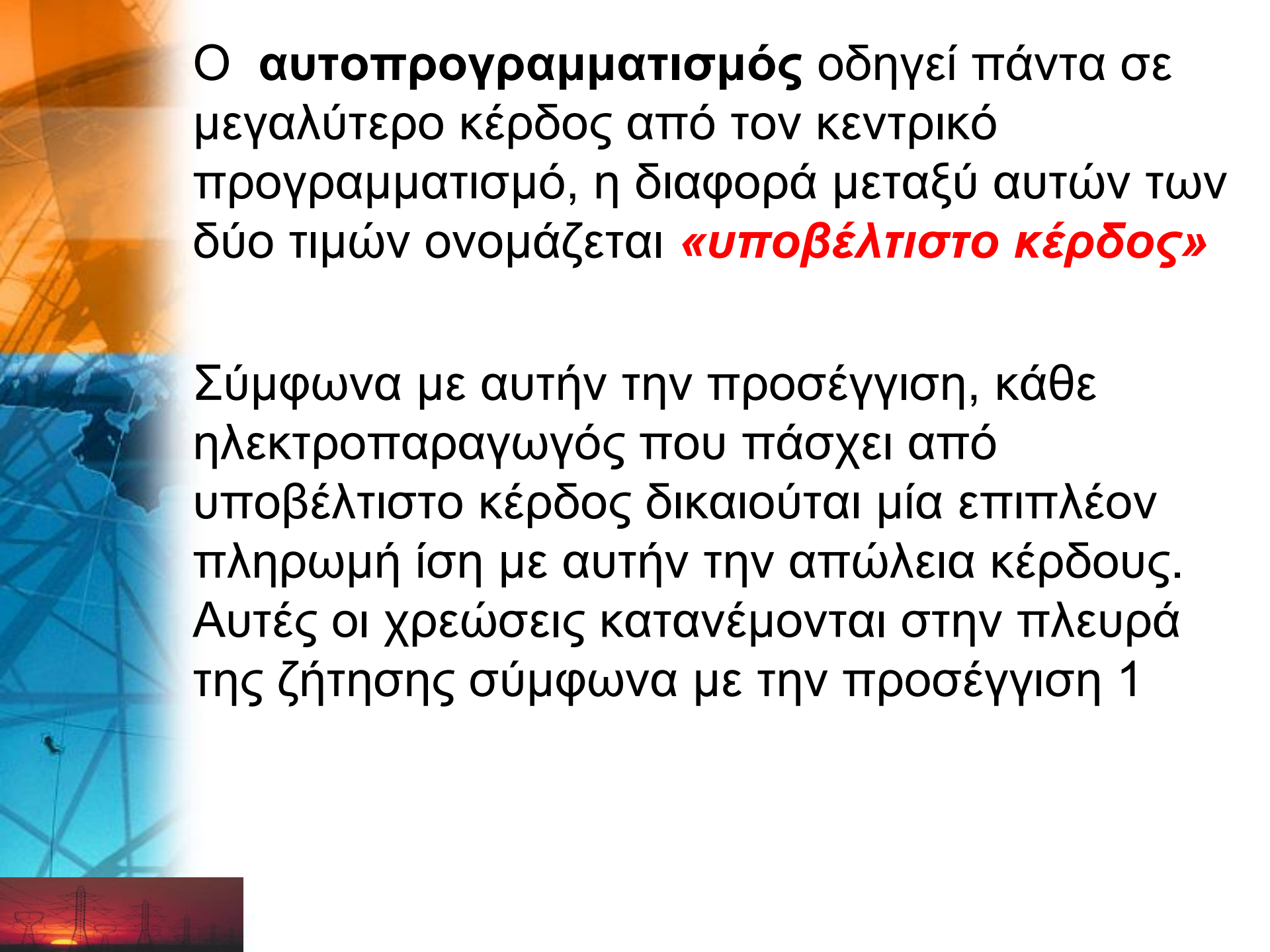
## **Προσέγγιση 2:** Αύξηση χρεώσεων για την αντιστάθμιση του υποβέλτιστου κέρδους

Ένας διαφορετικός τρόπος θεώρησης του προβλήματος είναι η αντιμετώπιση της κάθε μονάδας παραγωγής σαν μία οντότητα που επιδιώκει το κέρδος και της οποίας η ικανότητα μεγιστοποίησης των κερδών της περιορίζεται από τον κεντρικό προγραμματισμό.

Για κάθε μονάδα παραγωγής αυτός ο υποθετικός «αυτοπρογραμματισμός» δίνεται από τη λύση του ακόλουθου προβλήματος βελτιστοποίησης

$$\max_{P_i(t), u_i(t)} \sum_{t=1}^T [\pi_t^* P_i(t) - C_I(P_i(t), u_i(t))]$$





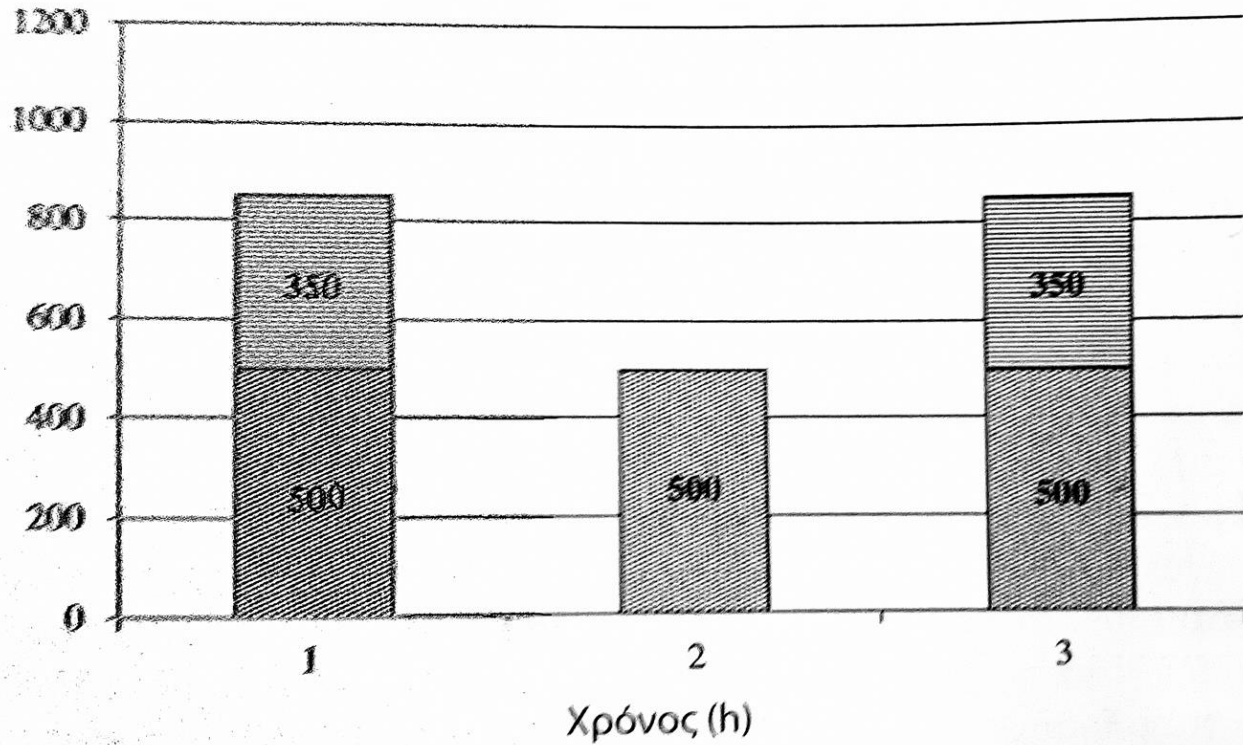
Ο **αυτοπρογραμματισμός** οδηγεί πάντα σε μεγαλύτερο κέρδος από τον κεντρικό προγραμματισμό, η διαφορά μεταξύ αυτών των δύο τιμών ονομάζεται **«υποβέλτιστο κέρδος»**

Σύμφωνα με αυτήν την προσέγγιση, κάθε ηλεκτροπαραγωγός που πάσχει από υποβέλτιστο κέρδος δικαιούται μία επιπλέον πληρωμή ίση με αυτήν την απώλεια κέρδους. Αυτές οι χρεώσεις κατανέμονται στην πλευρά της ζήτησης σύμφωνα με την προσέγγιση 1



# Μέγιστο κέρδος αυτοπρογραμματισμού με την ΟΤΣ (MW)

Μέγιστο κέρδος αυτοπρογραμματισμού με την ΟΤΣ (MW)



■ Ηλεκτροπαραγωγός 1   ■ Ηλεκτροπαραγωγός 2   ▨ Ηλεκτροπαραγωγός 3

Κέρδη προγραμματισμού ελάχιστου κόστους και αυτοπρογραμματισμού από τον κεντρικό προγραμματισμό

<b>Ηλεκτροπαραγωγός</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Κέρδη προγραμματισμού ελάχιστου κόστους (€)	33500	1250	-200
Κέρδη προγραμματισμού στην τιμή $\pi_i^*$ (€)	33500	3000	0
Υποβέλτιστα κέρδη στην τιμή $\pi_i^*$ (€)	0	1750	200

Χρεώσεις στη ζήτηση σύμφωνα με την προσέγγιση 2

Χρονική περίοδος t	1	2	3
Χρεώσεις ενέργειας στην τιμή $\pi_t^*$ (€)	19250	22500	36750
Επιπλέον χρεώσεις (€)	456.4	622.3	871.3

# **Προσέγγιση 3: Κυρτή Τιμολόγηση**

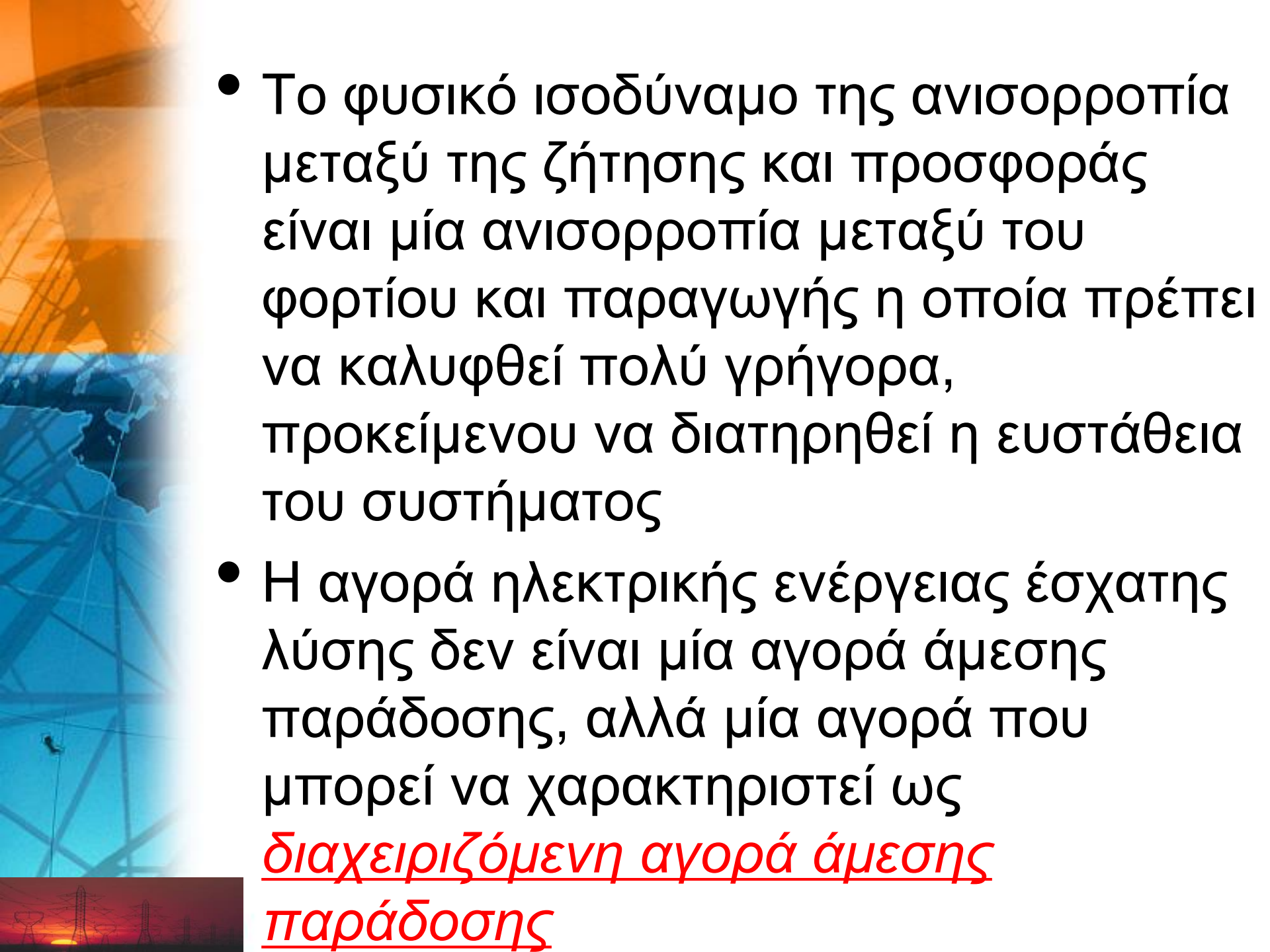
***Στοχεύει στην ελαχιστοποίηση του συνόλου των αυξήσεων προσαρμόζοντας ανάλογα τις τιμές αγοράς***

Οι τιμές ηλεκτρικής ενέργειας έχουν ρυθμιστεί με τέτοιο τρόπο, ώστε να ελαχιστοποιούν το υποβέλτιστο κέρδος σε όλες τις μονάδες παραγωγής και χρονικές περιόδους. Αυτές οι τιμές ονομάζονται κυρτές τιμές και δίνονται από τους πολλαπλασιαστές Lagrange

## *Αγορές άμεσης παράδοσης*

Κατά τη χρονική στιγμή της παράδοσης, ο κάθε συμμετέχων στην αγορά, που διαθέτει περισσότερη ή λιγότερη ενέργεια από ότι χρειάζεται η είναι δεσμευμένος λόγω συμβολαίου για αγορά ή πώλησης ενέργειας, πρέπει να είναι σε θέση να διαπραγματευτεί στην αγορά άμεσης παράδοσης, προκειμένου να καλύψει τη διαφορά.



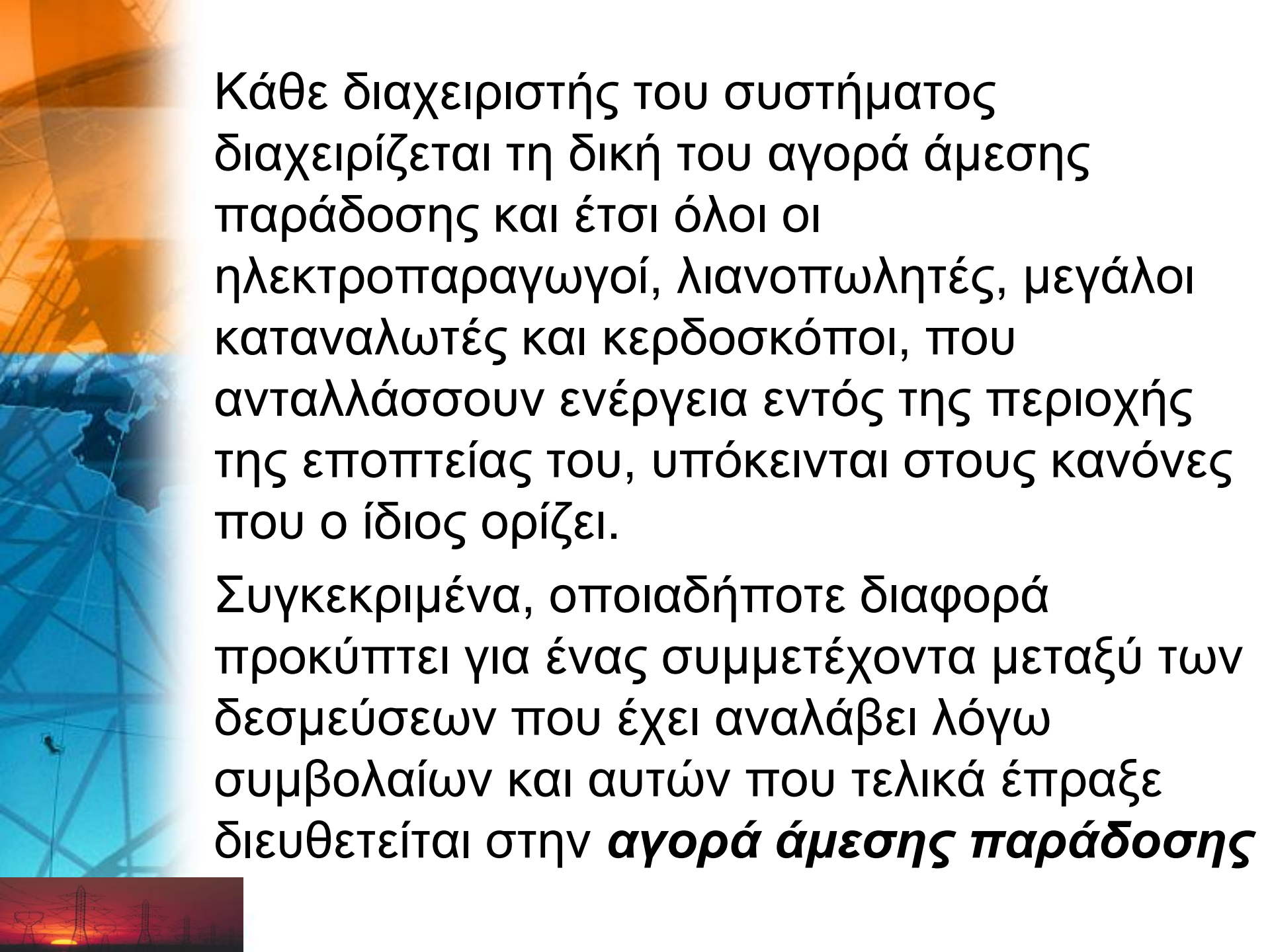
- 
- Το φυσικό ισοδύναμο της ανισορροπία μεταξύ της ζήτησης και προσφοράς είναι μία ανισορροπία μεταξύ του φορτίου και παραγωγής η οποία πρέπει να καλυφθεί πολύ γρήγορα, προκειμένου να διατηρηθεί η ευστάθεια του συστήματος
  - Η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας έσχατης λύσης δεν είναι μία αγορά άμεσης παράδοσης, αλλά μία αγορά που μπορεί να χαρακτηριστεί ως διαχειριζόμενη αγορά άμεσης παράδοσης



# Τι σημαίνει ότι ο διαχειριστής του συστήματος είναι ο αντισυμβαλλόμενο;

Οι συμμετέχοντες στην αγορά δεν αγοράζουν ούτε πουλούν ο ένας στον άλλο, αλλά συναλλάσσονται μόνο με τον διαχειριστή του συστήματος, ο οποίος αποφασίζει πόση ισχύ χρειάζεται να αγοράσει ή να πουλήσει, για να διατηρήσει την ευστάθεια του συστήματος. Η τιμή άμεσης παράδοσης υπολογίζεται σύμφωνα με τις τιμές προσφοράς και ζήτησης που υποβάλλονται από τους συμμετέχοντες στην αγορά και επιλέγεται από τον διαχειριστή.



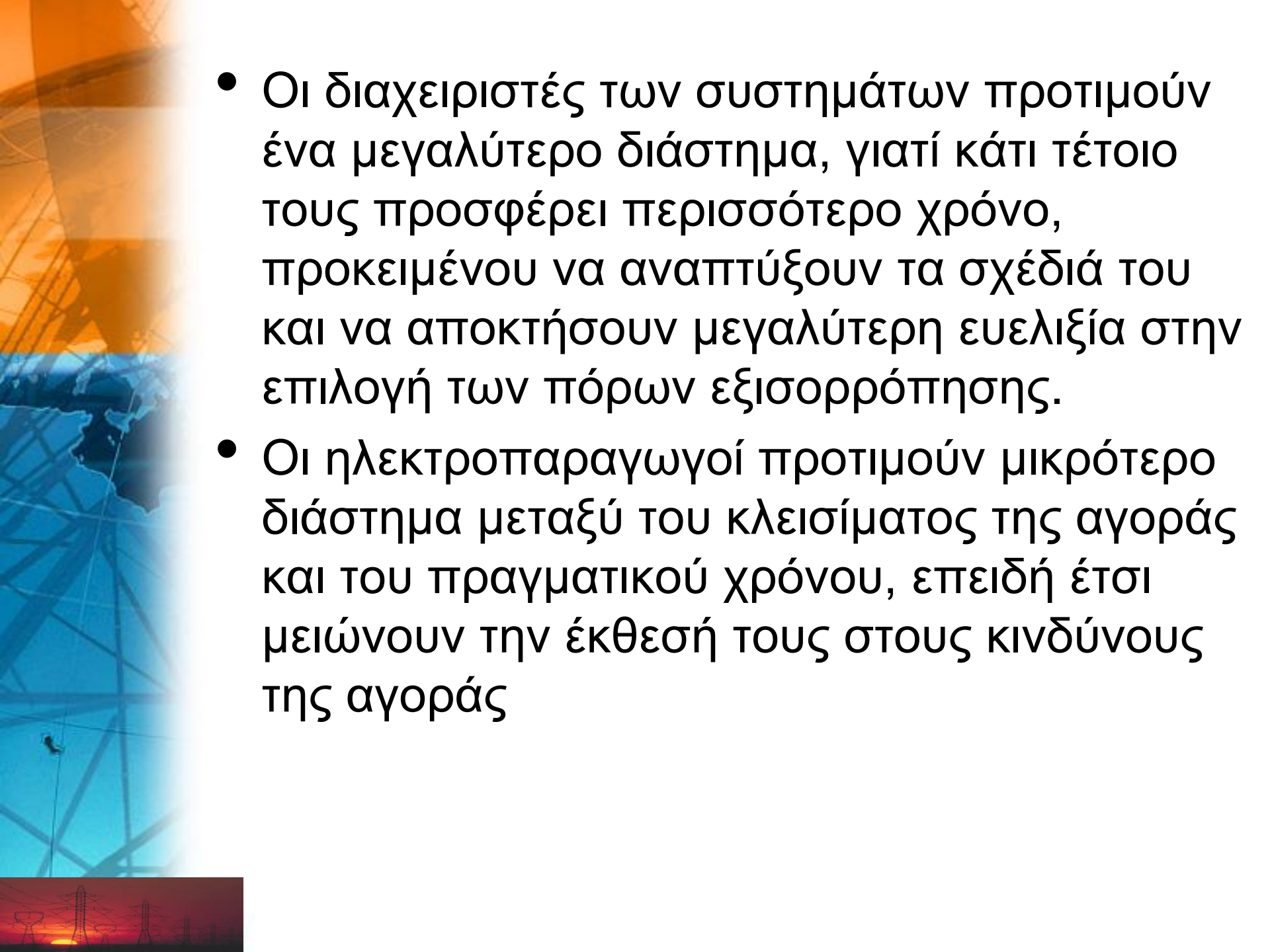


Κάθε διαχειριστής του συστήματος διαχειρίζεται τη δική του αγορά άμεσης παράδοσης και έτσι όλοι οι ηλεκτροπαραγωγοί, λιανοπωλητές, μεγάλοι καταναλωτές και κερδοσκόποι, που ανταλλάσσουν ενέργεια εντός της περιοχής της εποπτείας του, υπόκεινται στους κανόνες που ο ίδιος ορίζει.

Συγκεκριμένα, οποιαδήποτε διαφορά προκύπτει για ένας συμμετέχοντα μεταξύ των δεσμεύσεων που έχει αναλάβει λόγω συμβολαίων και αυτών που τελικά έπραξε διευθετείται στην **αγορά άμεσης παράδοσης**

# Κλείσιμο αγοράς

Ο χρόνος που πρέπει να περάσει μεταξύ του κλεισίματος κι του πραγματικού χρόνου εξαρτάται από τη θέση που κατέχει κάποιος στην αγορά, άρα αλλιώς το αντιμετωπίζουν οι διαχειριστές και αλλιώς οι ηλεκτροπαραγωγοί και οι εταιρείες λιανικής

- 
- Οι διαχειριστές των συστημάτων προτιμούν ένα μεγαλύτερο διάστημα, γιατί κάτι τέτοιο τους προσφέρει περισσότερο χρόνο, προκειμένου να αναπτύξουν τα σχέδιά του και να αποκτήσουν μεγαλύτερη ευελιξία στην επιλογή των πόρων εξισορρόπησης.
  - Οι ηλεκτροπαραγωγοί προτιμούν μικρότερο διάστημα μεταξύ του κλεισίματος της αγοράς και του πραγματικού χρόνου, επειδή έτσι μειώνουν την έκθεσή τους στους κινδύνους της αγοράς

# Λειτουργία της αγοράς άμεσης παράδοσης

- Κατά το κλείσιμο της αγοράς οι αγοραστές και οι πωλητές οφείλουν να ενημερώσουν τον διαχειριστή του συστήματος σχετικά με τη θέση του συμβολαίου που κατέχουν, δηλαδή πόση ισχύ σκοπεύουν να παράγουν ή να καταναλώσουν την επερχόμενη περίοδο συναλλαγής

- Ο διαχειριστής του συστήματος συνδυάζει αυτές τις πληροφορίες με την δική του πρόβλεψη για το συνολικό φορτίο, για να προσδιορίσει έτσι κατά πόσο το σύστημα είναι πιθανό να βρεθεί σε ανισορροπία
- Εάν η παραγωγή υπερβεί το φορτίο το σύστημα λέγεται ότι είναι σε κατάσταση **«πλεονάζουσας ισχύς»**, ενώ όταν ισχύει το αντίθετο το σύστημα βρίσκεται σε κατάσταση **«έλλειψης ισχύος»**
- Ο διαχειριστής του συστήματος πρέπει να αποφασίσει ποια προσφορά εξισορρόπησης θα χρησιμοποιήσει για την κάλυψη των ανισορροπιών



# Σχηματικό διάγραμμα μιας διαχειριζόμενης αγοράς άμεσης παράδοσης ηλεκτρικής ενέργειας

Εξαιρετική βραχυπρόθεσμη πρόβλεψη φορτίου

