

# ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΨΥΚΤΙΚΑ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΑ

ΝΙΚΟΣ ΧΑΡΙΤΩΝΙΔΗΣ

ΗΜΕΡΙΔΑ ΚΑΠΕ

Βελτίωση της Ενεργειακής  
Αποδοτικότητας των Ηλεκτροκινουμένων  
Συστημάτων στη Βιομηχανία

21-3-2007

## Φυσικά μεγέθη

- ΙΣΧΥΣ (ΔΥΝΑΜΗ) : KW (λέγεται και ζήτηση)
- ΕΝΕΡΓΕΙΑ (ΕΡΓΟ) : KWH (λέγεται και κατανάλωση)
- Μια συσκευή ισχύος 5 KW που λειτουργεί για 2 ώρες «ζητάει» 5 KW και καταναλώνει  $5 \times 2 = 10$  KWH ενέργεια.
- ΨΥΚΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ : 1 KWR (KJ/sec) = 0,28 ψυκτ. τόνοι

## Παράμετροι υπολογισμού χρέωσης ΔΕΗ (καταγράφονται από μετρητή)

- Ενεργός κατανάλωση (KWH) - χρήσιμο έργο
- Άεργος κατανάλωση (KWH) - χαμένη
- Μέγιστη ισχύς (ζήτηση) ημέρας (KW)
- Διάρκεια περιόδου (ημέρες)
- Μέγιστο ωραρίου αιχμής (π.χ. 10 πμ - 1 μμ) (KW)

# Ο ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΔΕΗ (B1)

ΕΝΕΡΓΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	60.900	ΑΠΟ ΜΕΤΡΗΤΗ Υ/Σ	
ΑΕΡΓΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	25.500	ΑΠΟ ΜΕΤΡΗΤΗ Υ/Σ	
ΜΕΓΙΣΤΟ ΗΜΕΡΑΣ (KW)	112	ΑΠΟ ΜΕΤΡΗΤΗ Υ/Σ	
ΗΜΕΡΕΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ	38	ΑΠΟ ΜΕΤΡΗΤΗ Υ/Σ	
ΜΕΓΙΣΤΟ ΑΙΧΜΗΣ (10 πμ - 1 μμ)	110	ΑΠΟ ΜΕΤΡΗΤΗ Υ/Σ	
εφφ	0,419	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ	
φ	0,40	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ	
συνφ	0,922	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ	
ΣΥΝΤ. ΠΡΟΣΟΜΕΙΩΣΗΣ Σ.ΠΡΣ	0,922	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ	
ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ ΙΣΧΥΟΣ (kw)	7,7614	ΤΙΜΟΛΟΓΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ	
ΚΛΑΣΜΑ ΕΠΙ ΠΕΡΙΟΔΟΥ 30 ΗΜΕΡΩΝ	1,267	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ	
ΑΞΙΑ ΙΣΧΥΟΣ	1015	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ	
ΑΝΗΓΜΕΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ 30 ΗΜΕΡΩΝ	48.079	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ	
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ	37,7%	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ	
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΕΚΠΤΩΣΗΣ	0,893%	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ	
ΠΟΣΟΝ ΕΚΠΤΩΣΗΣ	9,059421	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ	
ΧΡΕΟΥΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ	1006	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ	
ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (KWH) 1η ΚΛΙΜΑΚΑ	0,04591	ΤΙΜΟΛΟΓΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ	
ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (KWH) 2η ΚΛΙΜΑΚΑ	0,03046	ΤΙΜΟΛΟΓΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ	
ΧΡΕΟΥΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	2796	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ	
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΧΡΕΩΣΗ ΔΕΗ	<b>3802</b>	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ	

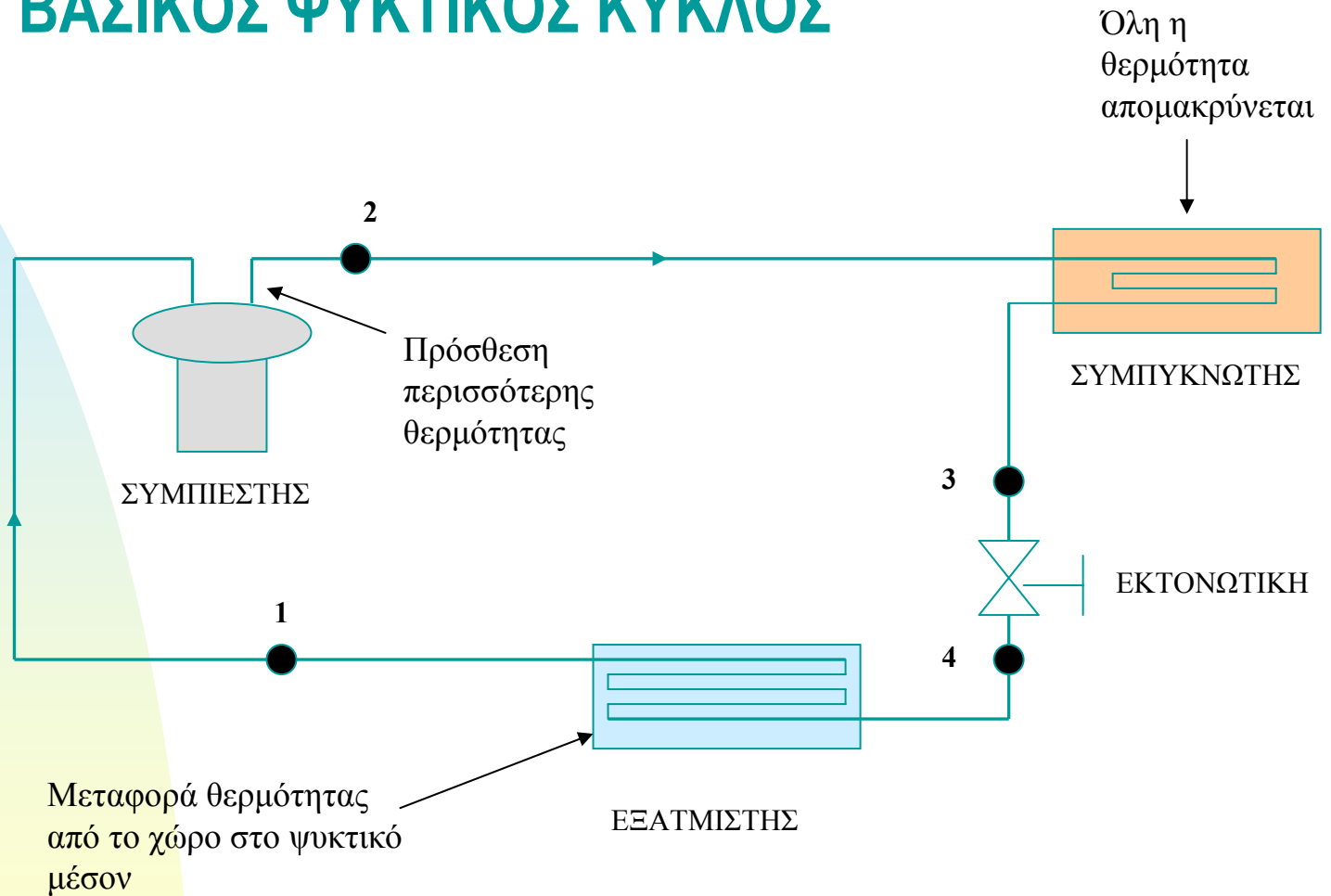
# Ο ΒΑΣΙΚΟΣ ΨΥΚΤΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ

1 - 2 ΣΥΜΠΙΕΣΗ

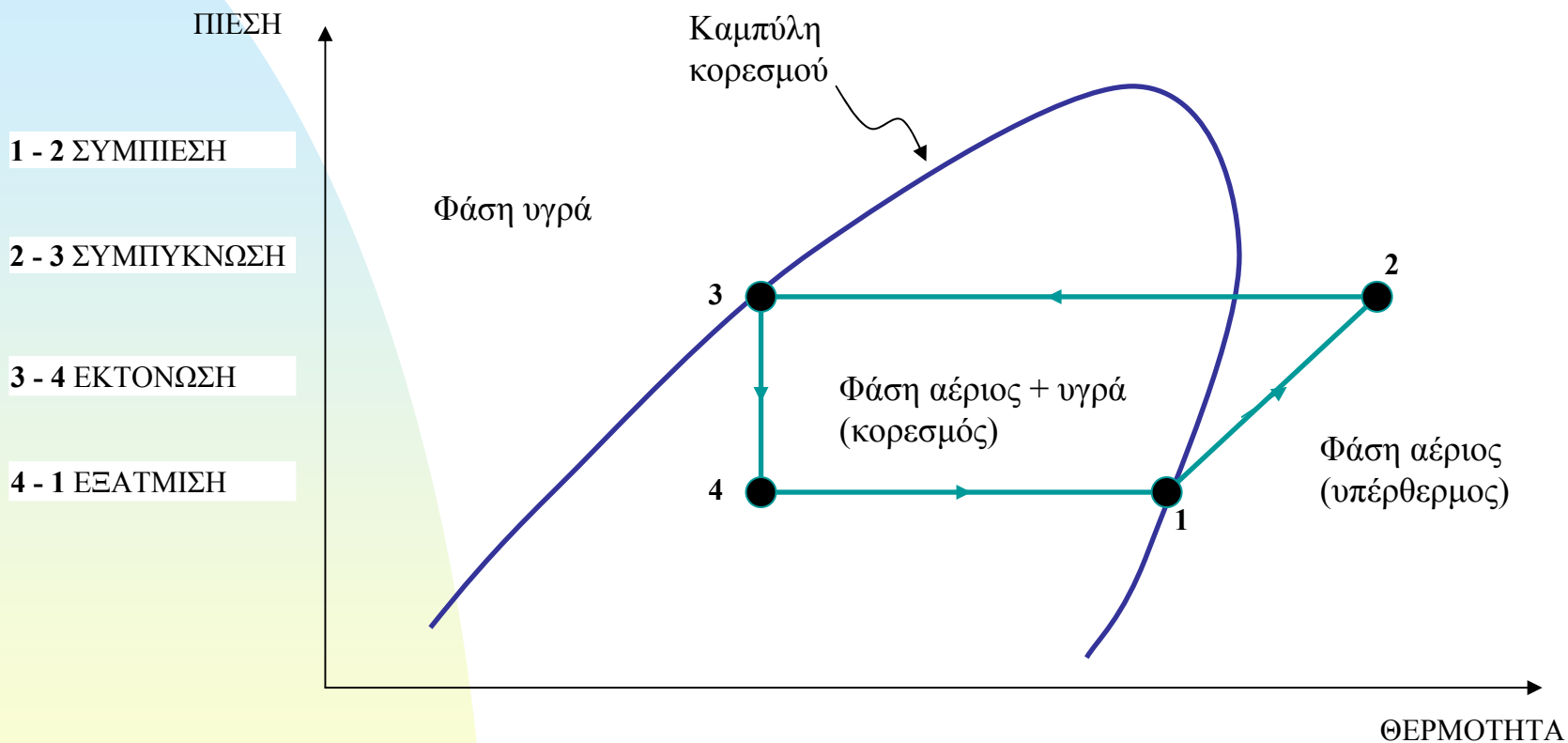
2 - 3 ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ

3 - 4 ΕΚΤΟΝΩΣΗ

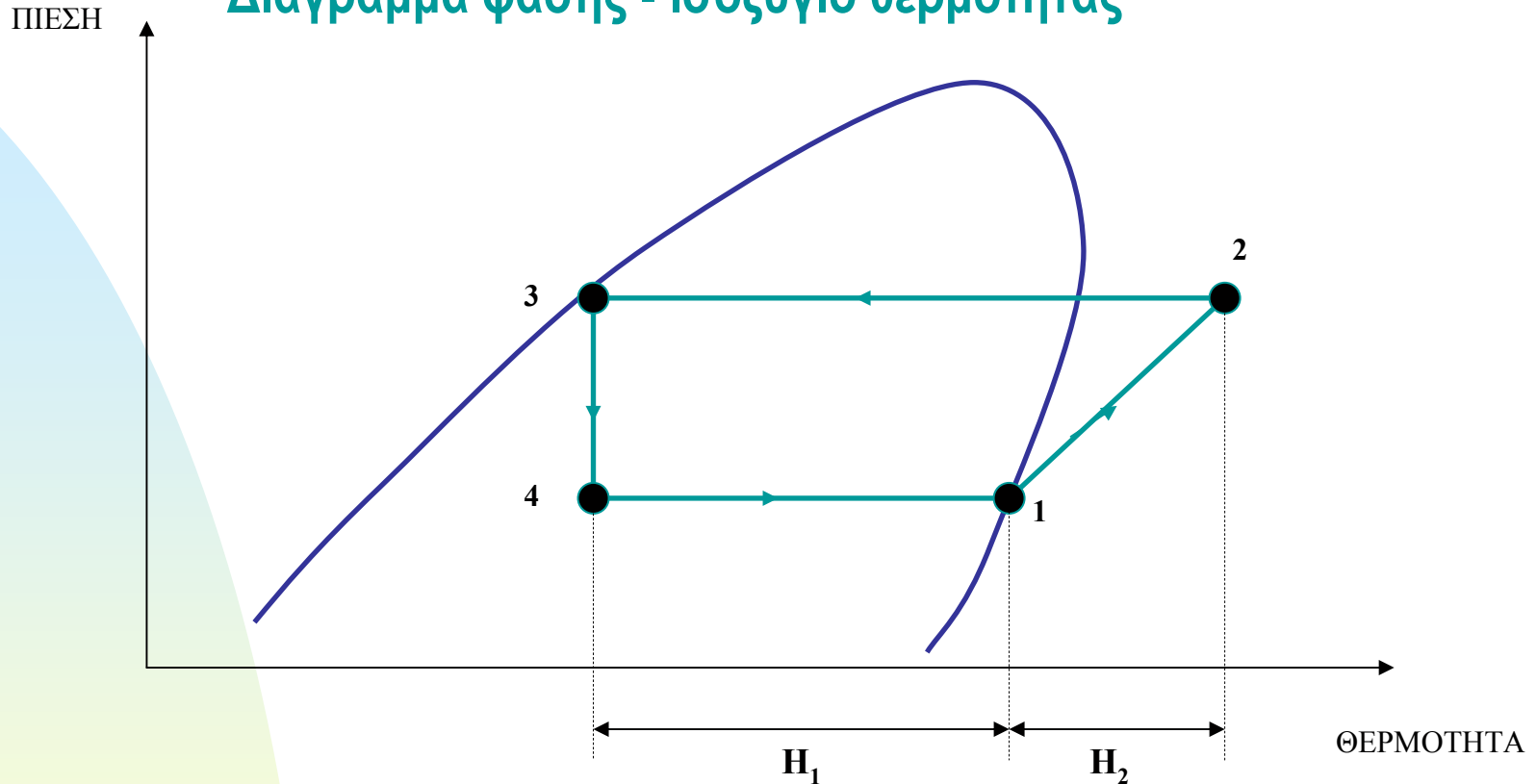
4 - 1 ΕΞΑΤΜΙΣΗ



# Διάγραμμα φάσης ψυκτικού μέσου



## Διάγραμμα φάσης - ισοζύγιο θερμότητας



ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ =  $KWR \times (H_2 / H_1)$  όπου :

KWR το συνολικό ψυκτικό φορτίο (σε KW)

$H_1$  η θερμότητα συμπίεσης

$H_2$  η αφαιρούμενη θερμότητα από το ψυκτικό θάλαμο

## Πως μπορούμε να μειώσουμε την απαιτούμενη ισχύ του συμπιεστή ; (μείωση κατανάλωσης)

$$\text{ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ} = \text{KWR} \times (\text{H}_2 / \text{H}_1)$$

Τι μπορούμε να κάνουμε για μείωση του πρώτου όρου ;

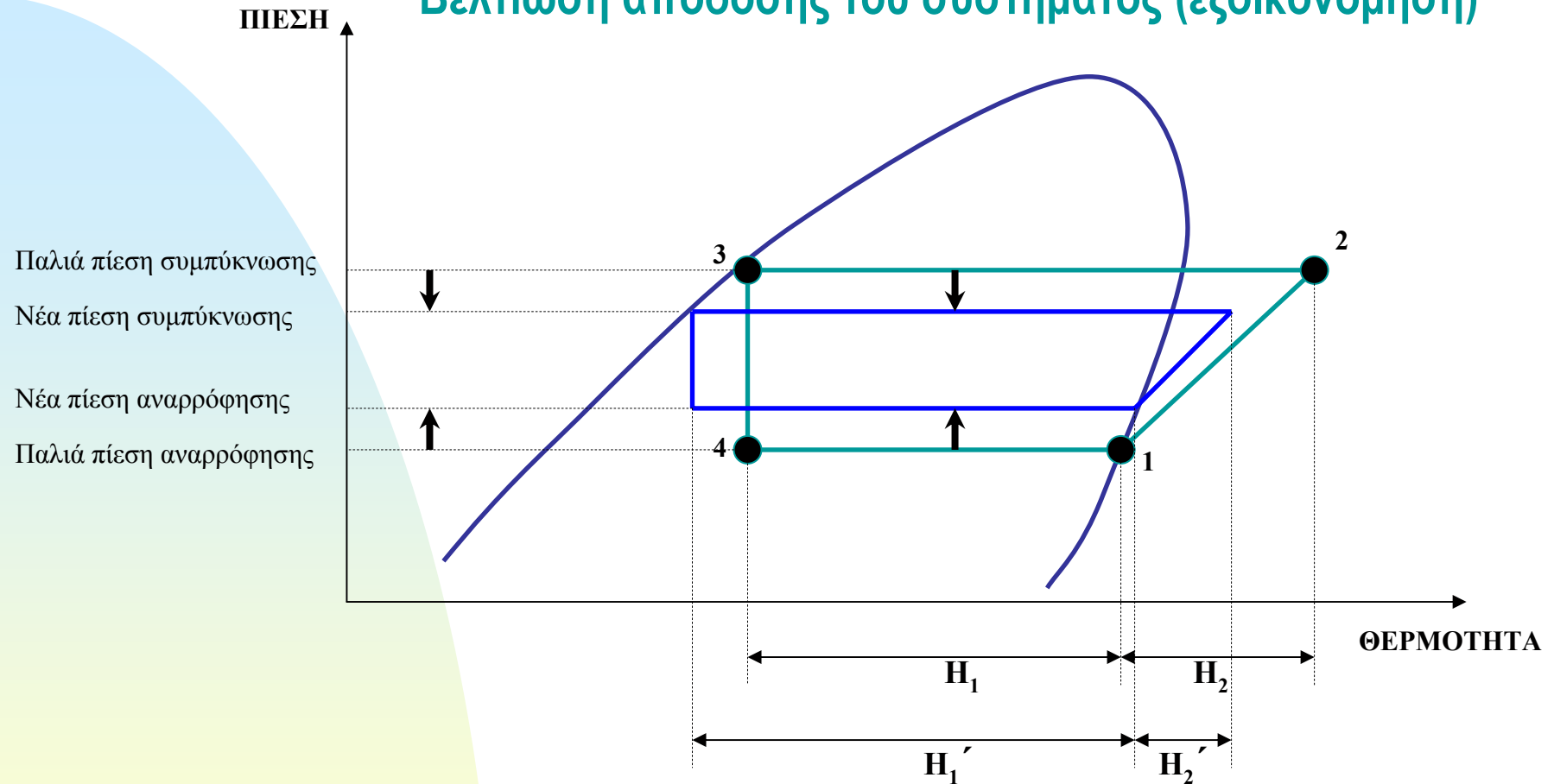
1. Να μειώσουμε τα ψυκτικά φορτία (**KWR**)
2. Να αυξήσουμε το  $\text{H}_1$  (ποσόν απορροφούμενης θερμότητας στον εξαμιστή)
3. Να μειώσουμε το  $\text{H}_2$  (ποσόν θερμότητας που προστίθεται κατά τη συμπίεση)
4. Συνδυασμό των παραπάνω (το πιο σωστό)

Τα ψυκτικά φορτία μειώνονται με :

1. Βελτίωση της κατασκευής (μονώσεις κλπ)
2. Βελτίωση τρόπου λειτουργίας (πόρτες, προιόντα, φώτα, αποψύξεις κλπ)

Πως μειώνεται ο λόγος  $\text{H}_2 / \text{H}_1$  ; **Με βελτίωση της απόδοσης του συστήματος**

## Βελτίωση απόδοσης του συστήματος (εξοικονόμηση)



Με αύξηση της πίεσης (θερμοκρασίας) αναρρόφησης και μείωση της πίεσης (θερμοκρασίας) συμπύκνωσης μειώθηκε ο λόγος  $H_2 / H_1$ , άρα και η απορροφούμενη ισχύς από το συμπιεστή (εξοικονόμηση). Προσοχή όμως, στην αυξημένη πίεση αναρρόφησης, πρέπει να επιτυγχάνεται η επιθυμητή θερμοκρασία (μέσω του  $\Delta T$ ).



## Η Φιλοσοφία εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα ψυκτικό συγκρότημα

Ένα ψυκτικό συγκρότημα αποτελείται από διάφορα συστατικά, όπως φαίνεται στο σχέδιο του ψυκτικού κύκλου. Η κατανάλωση ενέργειας εξαρτάται κατά κύριο λόγο από το τρόπο που συνεργάζονται μεταξύ τους και από τις βασικές παραμέτρους που προκύπτουν από την ισορροπία του συστήματος. Πιο συγκεκριμμένα, οι παράμετροι - κλειδιά είναι η πίεση (θερμοκρασία) αναρρόφησης και η πίεση (θερμοκρασία) συμπύκνωσης. Η πρώτη πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερη και η δεύτερη όσο το δυνατόν μικρότερη (ελαχιστοποίηση βήματος συμπίεσης) :

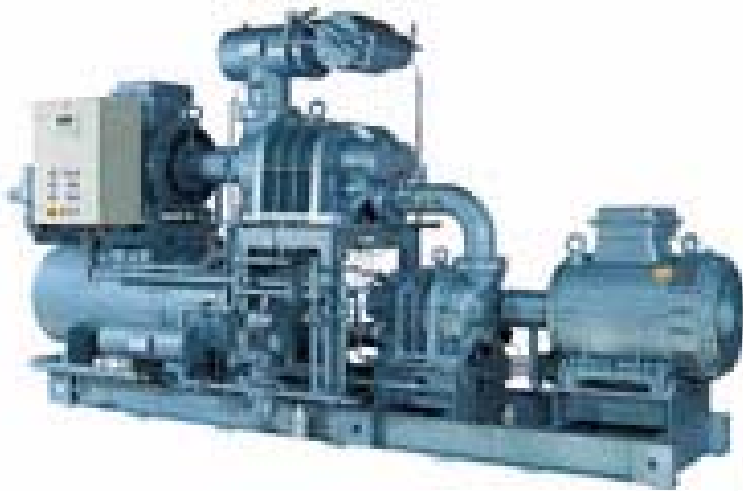


## Ενεργοβόρα κέντρα στα Ψυγεία

- Συμπιεστές ψύξης
- Εξατμιστές (αεροψυκτήρες ή σερπαντίνες)
- Συμπυκνωτές (Πύργοι Ψύξης - Εξατμηστικοί Συμπυκνωτές)
- Πόρτες (απώλεια ψύξης - διείσδυση νερού γνωστό ως infiltration)
- Φώτα

**Ο τρόπος που λειτουργούν οι παραπάνω εγκαταστάσεις επηρεάζουν τις κρίσιμες παραμέτρους του συστήματος, που είναι :**

- Πίεση - θερμοκρασία αναρρόφησης
- Πίεση - θερμοκρασία συμπύκνωσης
- Διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ ψυκτικού μέσου και περιβάλλοντος μέσου (αέρα), γνωστό ως  $\Delta T$



ΚΟΧΛΙΩΤΟΣ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗΣ



ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΙΚΟΣ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗΣ

Η πιο κρίσιμη κατηγορία είναι οι συμπιεστές. Προσοχή όμως, και ο καλύτερος συμπιεστής είναι ενεργοβόρος σε ένα κακοσχεδιασμένο σύστημα, όπου το βήμα συμπίεσης είναι μεγαλύτερο από όσο χρειάζεται. Με τη προϋπόθεση αυτής της εξασφάλισης, οι βασικοί προβληματισμοί για επιλογή συμπιεστών είναι :

- Κοχλιωτοί ή Παλινδρομικοί ;
- Πόσοι συμπιεστές και τι μέγεθος
- Πως θα αντιμετωπίσω τις μεταβολές των φορτίων με οικονομικό τρόπο
- Μονοβάθμιο ή διβάθμιο σύστημα ;

## Μερικές χρήσιμες συμβουλές για την επιλογή των συμπιεστών

- Επιλογή τουλάχιστον 3 συμπιεστών
- Ο μικρότερος συμπιεστής να είναι περίπου το 25% του μεγαλύτερου
- Καλός συσχετισμός φορτίου - αριθμού συμπιεστών (επιδίωξη να λειτουργούν σε κάθε επίπεδο φορτίου σε πλήρη φόρτιση)
- Προτίμησε διβάθμιο σύστημα (συμπίεση σε δυο επίπεδα, με απομάκρυνση της θερμότητας ενδιάμεσης συμπίεσης από ενδιάμεσο ψύκτη) - εξοικονόμηση 15 - 20%
- Προτίμησε να μεταβάλλεις τη ψυκτική ικανότητα του συμπιεστή με αλλαγή στροφών

## Η αποφόρτιση των συμπιεστών

- Προτιμήστε τη πλήρη λειτουργία από τη τμηματοποίηση (on - off μικρότερων μηχανήματων παρά ποσόστοση μεγαλύτερων)
- Μελετήστε τα επίπεδα ψυκτικών φορτίων (π.χ. Χειμώνα - καλοκαίρι) και αντιστοιχείστε τα με συμπιεστές έτσι διαστασιολογημένους, ώστε να λειτουργούν πλήρως
- Παρακολουθήστε τη ζήτηση ψύξης (ψυκτικό φορτίο) με εξειδικευμένο λογισμικό (παρακολουθήση πίεσης και θερμοκρασίας αναρρόφησης)
- Να γνωρίζετε, ότι η αποφόρτιση των παλινδρομικών συμπιεστών είναι αποδοτικότερη από των κοχλιωτών
- Η απόδοση της αποφόρτισης βελτιώνεται όσο μειώνεται ο λόγος συμπίεσης ( $P_{\text{καταθλ}} / P_{\text{αναροφ}}$ )

## Σύγκριση Κοχλιωτών - Παλινδρομικών

- Οι κοχλιωτοί είναι μικρότεροι για δεδομένο φορτίο
- Οι παλινδρομικοί είναι ακριβότεροι στη συντήρηση
- Οι κοχλιωτοί δύσκολα συντηρούνται εσωτερικά
- Οι κοχλιωτοί μπορούν να λειτουργήσουν με λόγους συμπίεσης  $> 9$
- Οι παλινδρομικοί αποφορτίζουν καλύτερα
- Το σύστημα λίπανσης των κοχλιωτών είναι περίπλοκο
- Ο κοχλιωτός επιτρέπει τη πλευρική λήψη ενδιάμεσης πίεσης (side port) για ήπιες ψύξεις (π.χ. Ράμπες) και υποψύξεις ψυκτικού μέσου
- Οι κοχλιωτοί σήμερα προτιμώνται σε νέες εγκ/σεις

## Γενικές οδηγίες επιλογής συμπιεστών

- Επιλέξτε τουλάχιστον 3
- Τα μεγέθη μεταξύ τους να είναι 1/1, 1/2, 1/3, 1/4
- Διαστασιολογήστε το μικρότερο περίπου στο 1/3 του ψυκτικού φορτίου αιχμής
- Για αποφόρτιση χρησιμοποιείτε καλύτερα τη λογική του on / off παρά τη τμηματοποίηση μεγάλου μηχανήματος
- Διαστασιολογήστε τα μηχανήματα με ορθολογισμό - όχι υπερβολές στα φορτία
- Υπολογήστε εφεδρεία ίση περίπου με το 1/3 της καλοκαιρινής αιχμής
- Εξαντλήστε τη πιθανότητα συνδυασμού κοχλιωτών - παλινδρομικών
- Αν έχετε σταθερό φορτίο προτιμήστε κιχλιωτούς
- Μεγιστοποιήστε τα οφέλη των κοχλιωτών, παίρνοντας πλευρικές λήψεις ενδιάμεσης πίεσης για ήπιες ψύξεις - υποψύξεις
- Χρησιμοποιήστε τη μέθοδο αυξομείωσης στροφών για μεταβολές φορτίων



## Η επίδραση της πίεσης αναρρόφησης στην απόδοση των συμπιεστών

- Η ψυκτική ικανότητα του συμπιεστή μειώνεται δυσανάλογα με τη μείωση της πίεσης αναρρόφησης
- Μελετήστε τις απαιτήσεις των προϊόντων και τις συμβατικές σας υποχρεώσεις και λειτουργήστε με τη μεγαλύτερη δυνατή πίεση (θερμοκρασία) αναρρόφησης
- Προσπαθήστε να ελαχιστοποιήσετε τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ ψυκτικού μέσου και θαλάμου ( $\Delta T$ ) στη ψυκτική μονάδα (αεροψυκτήρα). Αυτό θα σας επιτρέψει να δουλέψετε με μεγαλύτερη πίεση αναρρόφησης. Μέτρα :
  - ◆ Επιλέξτε μεγαλύτερη επιφάνεια εναλλάκτη
  - ◆ Προτιμήστε σύστημα υπερπλήρωσης από απευθείας εκτόνωση
  - ◆ Μην αφήνετε τα στοιχεία να καλύπτονται με πάγο
  - ◆ Μεγαλύτερη ταχύτητα κυκλοφορίας αέρα

# Παράδειγμα πτώσης ψυκτικής ικανότητας συμπιεστή με τη πτώση της πίεσης αναρρόφησης και επίδραση στη κατανάλωση

Στοιχεία για συμπύκνωση στους 35 C :

ΑΠΟΡΡΟΦ. ΙΣΧΥΣ / ΨΥΚΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ (KW/KWR)	ΘΕΡΜΟΚΡ. ΑΝΑΡΡΟΦ. (C)	ΨΥΚΤ. ΙΚΑΝΟΤΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΤΟΥ (KWR)
0,42	-26	263
0,58 (+36%)	-34	156

Για κάθε 1 βαθμό πτώση θερμοκρασίας αναρρόφησης (θαλάμου) έχω αύξηση κατανάλωσης ~ 4,5%

## Η επίδραση της πίεσης συμπίκνωσης (κατάθλιψης)

- Η ψυκτική ικανότητα του συμπιεστή μειώνεται με την αύξηση της πίεσης κατάθλιψης
- Η πίεση κατάθλιψης (για δεδομένους συμπυκνωτές) αυξάνεται με την :
  - ◆ Αύξηση της θερμοκρασίας (χειμώνας - καλοκαίρι / μέρα - νύκτα)
  - ◆ Αύξηση της υγρασίας
  - ◆ Αμέλεια συντήρησης των συμπυκνωτών
- Μπορούμε να μειώσουμε τη πίεση κατάθλιψης με :
  - ◆ Αύξηση του μεγέθους των συμπυκνωτών
  - ◆ Καλύτερη συντήρηση των συμπυκνωτών
  - ◆ Αλλαγή τύπου συμπυκνωτών (π.χ. αντί υδρόψυκτους εξατμηστικούς)
  - ◆ Νυχτερινή αντί ημερήσια λειτουργία

# Παράδειγμα πτώσης ψυκτικής ικανότητας συμπιεστή με την άνοδο της θερμοκρασίας συμπύκνωσης και επίδραση στη κατανάλωση

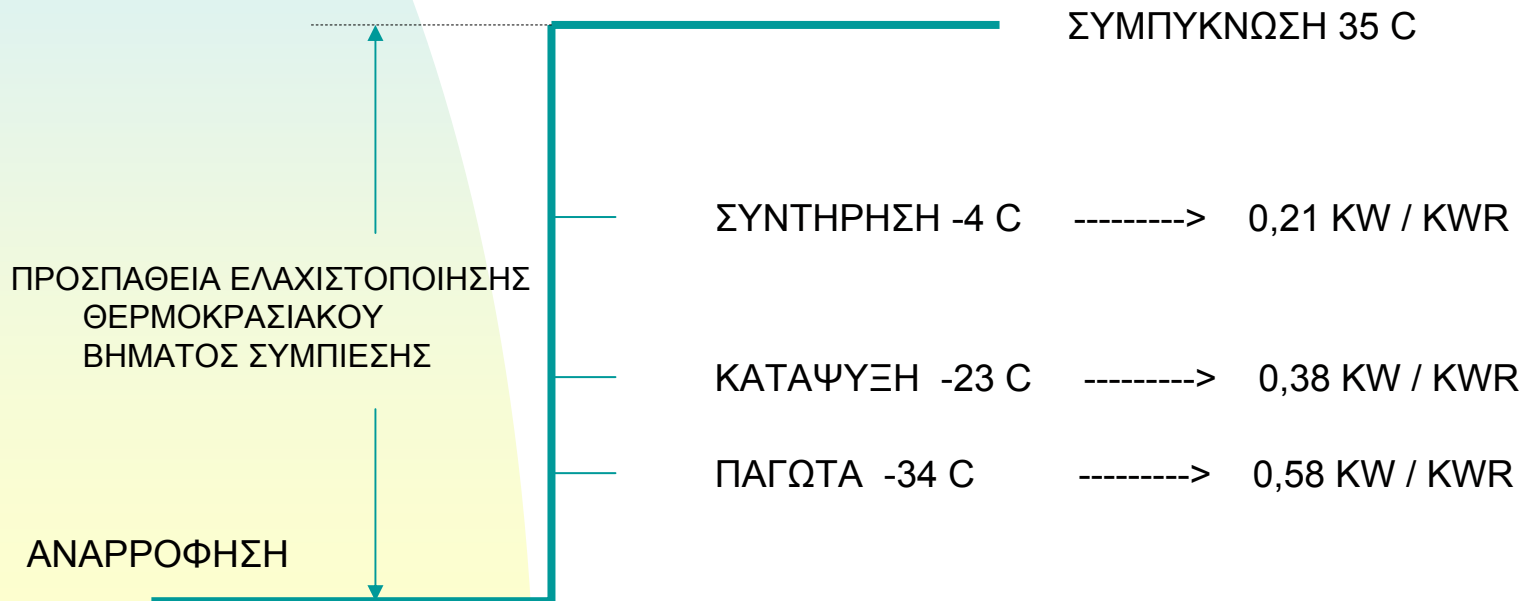
## Αναρρόφηση στους -28 C :

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ (C)	ΨΥΚΤ. ΙΚΑΝΟΤΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΤΟΥ (KWR)	% ΕΠΙ ΤΗΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ	ΑΠΟΡΡΟΦ. ΙΣΧΥΣ / ΨΥΚΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ (KW/KWR)	ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΣ
15	321	100%	0,30	100%
27	263	82%	0,38	79%
38	211	66%	0,50	60%

Για κάθε 1 βαθμό άνοδο της θερμοκρασίας συμπύκνωσης έχω αύξηση κατανάλωσης ~ 1,7%

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ :

- Η αύξηση της πίεσης (θερμοκρασίας) αναρρόφησης και / ή η μείωση της πίεσης (θερμοκρασίας) συμπύκνωσης βελτιώνουν την θερμική απόδοση του συστήματος
- Προσπαθήστε να μειώσετε όσο μπορείτε το «θερμοκρασιακό βήμα της συμπίεσης» :





ΕΞΑΤΜΙΣΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ (ΑΕΡΟΨΥΚΤΗΡΑΣ)

## Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΕΞΑΤΜΙΣΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

- Βασικές κατηγορίες εξατμιστικών στοιχείων :
  - ◆ Κατευθείαν εκτόνωση (DX)
  - ◆ Πεπληρωμένης κυκλοφορίας (flooded)
  - ◆ Υγράς υπερπλήρωσης με αντλία (liquid overfeed)
- Οι δυο τελευταίες κατηγορίες είναι αποδοτικότερες, λόγω καλύτερης μεταφοράς θερμότητας μεταξύ υγρού (ψυκτικού μέσου) και αερίου (αέρα θαλάμου), άρα και λειτουργία με υψηλότερη αναρρόφηση.
- Ένας εξατμιστής λειτουργεί αποδοτικά όταν λειτουργεί με μικρό  $\Delta T$  :
  - ◆ Θερμοκρασία θαλάμου =  $T_1$
  - ◆ Θερμοκρασία αναρρόφησης συμπιεστή =  $T_2$
  - ◆  $\Delta T = T_1 - T_2$ . Όσο μικραίνει το  $\Delta T$ , τόσο μπορεί να αυξάνεται η πίεση αναρρόφησης. Αν :
    - ☞  $\Delta T = 3 - 6 \text{ C}$  πολύ καλά
    - ☞  $\Delta T = 7 - 10 \text{ C}$  ικανοποιητικά
    - ☞  $\Delta T = 11 - 15 \text{ C}$  μη αποδοτικός

## ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΜΕ ΑΛΛΑΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΞΑΤΜΙΣΤΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ

Στοιχεία για συμπίκνωση στους 35 C :

	ΔΤ	ΑΠΟΡΡΟΦ. ΙΣΧΥΣ / ΨΥΚΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ (KW/KWR)	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜ. %
ΑΠΕΥΘΕΙΑΣ ΕΚΤΟΝΩΣΗ	8	0,42	
ΠΕΠΛΗΡΩΜΕΝΟΣ	6	0,39	7%
ΥΠΕΡΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ ΜΕ ΑΝΤΛΙΑ	3	0,35	17%



## ΓΙΑ ΠΟΙΟΥΣ ΛΟΓΟΥΣ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΕΧΩ ΜΕΓΑΛΟ ΔΤ (ΣΠΑΤΑΛΗ)

- Μικρή εναλλακτική επιφάνεια εξατμιστών
- Μικρές γραμμές αναρρόφησης (από θάλαμο προς συμπιεστή)
- Παρεμπόδιση ροής στις γραμμές αναρρόφησης ή κατάθλιψης (καμπύλες, ταυ, βαλβίδες)
- Πάγος στα ψυκτικά στοιχεία

Το μεγάλο ΔΤ μας αναγκάζει να λειτουργήσουμε με μικρότερη πίεση αναρρόφησης, άρα σπατάλη.

## ΣΩΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΠΟΨΥΞΗΣ = ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

- Βέλτιστος συνδυασμός συχνότητας και διάρκειας κύκλων απόψυξης (απαιτείται 7πλάσια προσαγωγή θερμότητας από τη θεωρητικά απαιτούμενη για το λιώσιμο του πάγου)
- Καλύτερο είναι το σύστημα με το θερμό αέριο από τις καταθλίψεις συμπιεστών
- Ορθή επιλογή θέσης ψυκτικής μονάδας (επάνω από τις πόρτες υπάρχει έντονη διείσδυση υγρασίας)

## ΛΟΙΠΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΣΤΟΥΣ ΕΞΑΤΜΙΣΤΕΣ

- Σε κάθε μονάδα προτιμήστε λίγα και μεγάλα μοτέρ αντί περισσότερα και μικρότερα
- Αυξομειώστε τη ψυκτική ικανότητα (capacity) του εξατμιστή ανάλογα με τη ζήτηση, μεταβάλλοντας τη ταχύτητα του ανεμιστήρα (κινητήρες μεταβλητής συχνότητας - inverters)



## ΕΞΑΤΜΙΣΤΙΚΟΙ ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΕΣ

## Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΩΝ

- Θερμοκρασία ξηρού βολβού (DB)
- Θερμοκρασία υγρού βολβού (WB)
- $WB \leq DB$  (συμπίπτουν αν σχετική υγρασία = 100%). Όσο μικρότερη είναι η σχετική υγρασία, τόσο μικρότερη είναι και η WB.
- Στόχος μας είναι, κατά τη συμπύκνωση να πετύχουμε θερμοκρασία εξωτερικού αέρα = WB (το πετυχαίνουμε στους εξατμιστικούς συμπυκνωτές)
- Στους αερόψυκτους (ξηρούς) συμπυκνωτές έχουμε θερμοκρασία εξωτερικού αέρα = DB ( $> WB$ , όχι καλό)
- Σε μεσαία κλίματα, η διαφορά DB - WB του ατμοσφαιρικού αέρα είναι της τάξης 5 - 10 C.
- Στους εξατμιστικούς συμπυκνωτές ψύχουμε με αέρα που «παγώνει» με εξατμισμό νερού (1 επίπεδο εναλλαγής, π.χ.  $\Delta T = 7^{\circ} C$ )
- Στους υδρόψυκτους συμπυκνωτές ψύχουμε με νερό που «παγώνει» σε πύργο ψύξης (2 επίπεδα εναλλαγής, π.χ.  $\Delta T = 7+7 = 14^{\circ} C$ , μικρότερη απόδοση)

## ΠΟΙΑ ΕΙΝΑΙ ΤΕΛΙΚΑ Η ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ ;

- Αν  $T_1$  η θερμοκρασία του εξωτερικού μέσου (αέρας ή νερό),
- Αν  $T_2$  η θερμοκρασία συμπύκνωσης του ψυκτικού μέσου,
- Ισχύει γενικά  $\Delta T = T_2 - T_1 =$  περίπου  $7^{\circ} \text{C}$
  
- ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ : Στο περιβάλλον ενός εξατμιστικού συμπυκνωτή έχουμε  $DB = 33^{\circ} \text{C}$  και  $WB = T_1 = 25^{\circ} \text{C}$ . Ποιά είναι η θερμοκρασία συμπύκνωσης ;

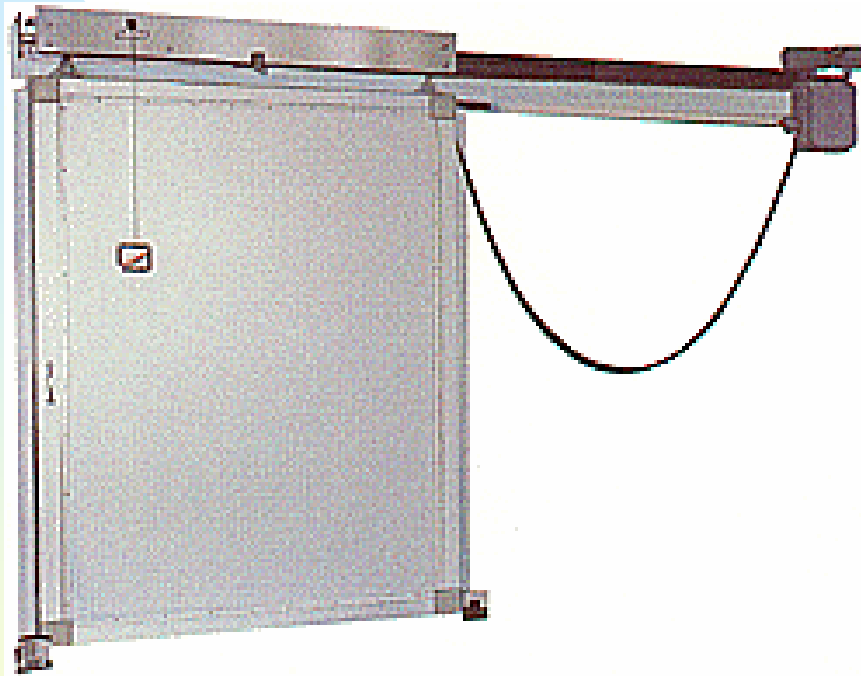
Θερμοκρασία συμπύκνωσης :  $T_2 = T_1 + 7 = 25 + 7 = 32^{\circ} \text{C}$ .

Είναι φανερό, ότι η προσπάθειά μας πρέπει να είναι η ελαχιστοποίηση του  $T_1$ . Το πετυχαίνουμε στους εξατμιστικούς ( $T_1 = WB$ )

## ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΩΝ

### Αναρρόφηση στους -23 C :

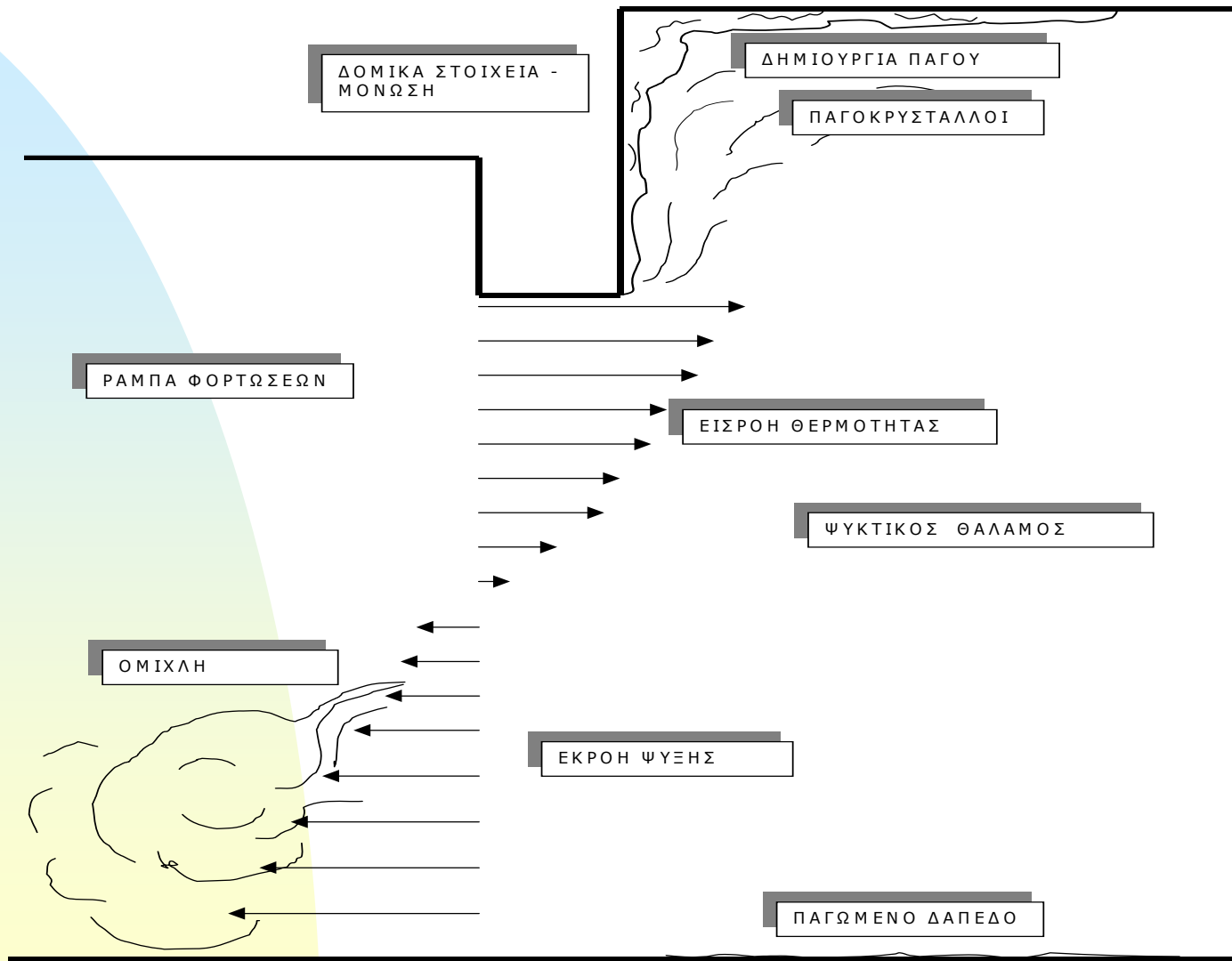
	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΠΡΩΤΕΥΟΝΤΟΣ ΜΕΣΟΥ (C)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΕΥΤΕΡΕΥ. ΜΕΣΟΥ (C)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ Τ2 ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΜΕΣΟΥ (C)	ΑΠΟΡΡΟΦ. ΙΣΧΥΣ / ΨΥΚΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ (KW/KWR)	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ
ΑΕΡΟΨΥΚΤΟΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΗΣ	35 (DB)	-	42	0,44	119
ΥΔΡΟΨΥΚΤΟΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΗΣ (ΜΕ ΠΥΡΓΟ ΨΥΞΗΣ)	25 (WB)	32 (ΝΕΡΟ)	39	0,42	114
ΕΞΑΤΜΙΣΤΙΚΟΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΗΣ	25 (WB)	-	32	0,37	100
ΨΥΞΗ ΜΕ ΝΕΡΟ ΑΠΟ ΛΙΜΝΗ Η ΠΗΓΑΔΙ	14 (ΝΕΡΟ)	-	21	0,29	78



ΠΟΡΤΕΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΘΑΛΑΜΩΝ



ΠΟΡΤΑ «ROLLTOP»





## Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΠΟΡΤΩΝ

- Το θερμικό φορτίο από πόρτες (απώλειες - διείσδυση υδρατμών) αποτελεί συνήθως το 20 - 40% του συνολικού ψυκτικού φορτίου!
- Ένα Ψυγείο 80.000 κ.μ. μπορεί να πληρώνει 120.000 το χρόνο για απώλειες από πόρτες
- Το ύψος της πόρτας είναι κρισιμότερο από το πλάτος στις απώλειες
- Μια 50% αύξηση στο ύψος αυξάνει κατά 85% τη διείσδυση του αέρα

## ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ

- Βάλε πλαστικές κουρτίνες με καλή επικάλυψη
- Οι κουρτίνες μειώνουν τις απώλειες κατά 85 - 90%
- Αν η κουρτίνα ενοχλεί τη διέλευση, κόψε τα μεσαία φύλλα σε ύψος 1,80 μ. από κάτω. Η κουρτίνα εξακολουθεί να είναι αποτελεσματική 70%
- Εναλλακτικά, χρησιμοποίησε αεροκουρτίνες ή πόρτες rolltop ή alle - retour
- Επέλεξε μεγάλη ταχύτητα ανοίγματος - κλεισίματος πόρτας (μέχρι 1 sec), με σχετικό αυτοματισμό (αισθητήρια δαπέδου - φωτοκύταρα)

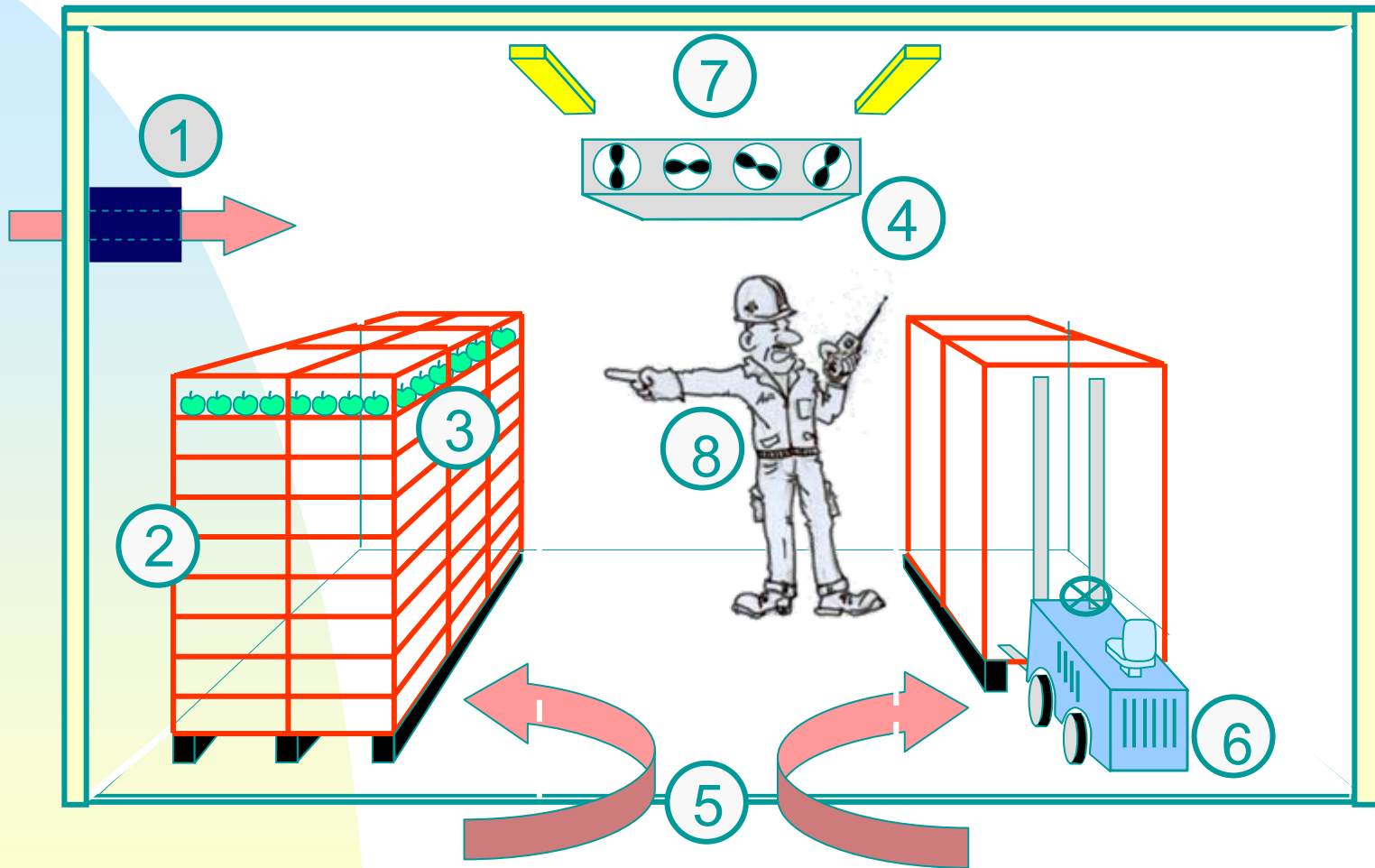


## ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΘΑΛΑΜΩΝ

## Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

- Κατηγορίες φωτιστικών σωμάτων :
  - ◆ Φθορίου
  - ◆ Αλογόνου (metal halide)
  - ◆ Υψηλής πίεσης Νατρίου
- Χαρακτηριστικά
  - ◆ Απόδοση (ισχύς φωτισμού / απορροφώμενη ισχύς)
  - ◆ Ποιότητα (προσαρμογή ματιού να δει τα χρώματα)
    - ☞ Ποιότητα Ηλιακού 100%
    - ☞ Ποιότητα φθορίου 85%
    - ☞ Ποιότητα metal halide 65%
    - ☞ Ποιότητα υψηλής πίεσης 45% (ασπρόμαυρα)
  - ◆ Ταχύτητα ανάμματος - σβησίματος σε χαμηλές θερμοκρασίες
- Πρόσφατες εξελίξεις δείχνουν ότι οι φθορίου νέου τύπου (T-5) είναι οικονομικότερες

# ΣΥΝΟΨΗ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ



## Ένα παράδειγμα κατανομής ψυκτικών φορτίων

<i><b>ΠΗΓΗ ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ</b></i>	<i><b>% ΣΥΝΟΛΟΥ</b></i>	<i><b>ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ</b></i>
ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	25 - 30%	Τοίχοι - Οροφές
ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΛΟΓΩ ΑΠΟΨΥΞΕΩΝ	7 - 15%	
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ	15 - 30%	Άνθρωποι - ανυψωτικά - φώτα - μοτέρ
ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΑΝΟΙΚΤΕΣ ΠΟΡΤΕΣ	20 - 40%	Ανάλογα τη χρήση και τις κουρτίνες
ΑΠΟ "ΖΕΣΤΑ" ΠΡΟΙΟΝΤΑ	5 - 25%	Θερμ/σία εισαγωγής > θερμ/σία θαλάμου

# Ο ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΔΕΗ (B1)

ΕΝΕΡΓΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	60.900	ΑΠΟ ΜΕΤΡΗΤΗ Υ/Σ	
ΑΕΡΓΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	25.500	ΑΠΟ ΜΕΤΡΗΤΗ Υ/Σ	
ΜΕΓΙΣΤΟ ΗΜΕΡΑΣ (KW)	112	ΑΠΟ ΜΕΤΡΗΤΗ Υ/Σ	
ΗΜΕΡΕΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ	38	ΑΠΟ ΜΕΤΡΗΤΗ Υ/Σ	
ΜΕΓΙΣΤΟ ΑΙΧΜΗΣ (10 πμ - 1 μμ)	110	ΑΠΟ ΜΕΤΡΗΤΗ Υ/Σ	
εφφ	0,419	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ	
φ	0,40	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ	
συνφ	0,922	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ	
ΣΥΝΤ. ΠΡΟΣΟΜΕΙΩΣΗΣ Σ.ΠΡΣ	0,922	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ	
ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ ΙΣΧΥΟΣ (kw)	7,7614	ΤΙΜΟΛΟΓΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ	
ΚΛΑΣΜΑ ΕΠΙ ΠΕΡΙΟΔΟΥ 30 ΗΜΕΡΩΝ	1,267	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ	
ΑΞΙΑ ΙΣΧΥΟΣ	1015	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ	
ΑΝΗΓΜΕΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ 30 ΗΜΕΡΩΝ	48.079	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ	
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ	37,7%	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ	
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΕΚΠΤΩΣΗΣ	0,893%	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ	
ΠΟΣΟΝ ΕΚΠΤΩΣΗΣ	9,059421	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ	
ΧΡΕΟΥΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ	1006	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ	
ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (KWH) 1η ΚΛΙΜΑΚΑ	0,04591	ΤΙΜΟΛΟΓΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ	
ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (KWH) 2η ΚΛΙΜΑΚΑ	0,03046	ΤΙΜΟΛΟΓΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ	
ΧΡΕΟΥΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	2796	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ	
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΧΡΕΩΣΗ ΔΕΗ	<b>3802</b>	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ	

# ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Φτιάξτε ένα καλό Ψυγείο, με καλές μονώσεις και αντίσταση στην υγρασία (insulated envelope)
- Κάνετε ορθολογική επιλογή συμπιεστών, ανάλογα με το αντικείμενό σας και τις επικρατούσες συνθήκες
- Λειτουργήστε με τη μέγιστη δυνατή πίεση αναρρόφησης, ώστε να ικανοποιήσετε τις ανάγκες σας
- Μη βάζετε «ζεστά» προϊόντα στο θάλαμο
- Βάλτε κουρτίνες στις πόρτες και εκμεταλευτείτε αυτοματισμούς
- Εξασφαλήστε το μικρότερο δυνατόν  $\Delta T$  στα εξατμηστικά στοιχεία
- Λειτουργήστε με την ελαχίστη δυνατή πίεση συμπίκνωσης. Προτιμήστε εξατμιστικούς συμπυκνωτές
- Επιλέξτε οικονομικά φωτιστικά και σβήνετέ τα όταν δεν χρειάζονται
- Επιλέξτε το συμφερότερο τιμολόγιο ΔΕΗ και μελετήστε το μηχανισμό χρέωσης.

# ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΨΥΚΤΙΚΑ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΑ

ΝΙΚΟΣ ΧΑΡΙΤΩΝΙΔΗΣ

Σας ευχαριστώ

ΤΡΑΠΕΖΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ  
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΨΥΞΗΣ :

**[www.cold.org.gr](http://www.cold.org.gr)**

**[n.charito@cold.org.gr](mailto:n.charito@cold.org.gr)**