



*A holistic framework
for **Empowering SME's**
capacity to increase
their energy **efficiency***

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗΣ

***Ενεργειακή αποδοτικότητα και βιωσιμότητα σε μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις
(ΜμΕ) για ενεργειακούς διαχειριστές και ειδικούς στην ενέργεια***



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ



ΚΕΝΤΡΟ
ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗΣ
& ΔΙΑ ΒΙΟΥ
ΜΑΘΗΣΗΣ

Κτιριακά Ενεργειακά Συστήματα

Δημήτρης Μπόζης
Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός Α.Π.Θ.

02/10/2021



Το έργο αυτό χρηματοδοτείται από το πρόγραμμα έρευνας και καινοτομίας Horizon 2020 της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο πλαίσιο της συμφωνίας χρηματοδότησης υπ' αριθ. 847132

Το κέλυφος του κτιρίου

Θέρμανση - Ψύξη - Κλιματισμός - Αερισμός - Εξαερισμός
(Heating Ventilating Air Conditioning - HVAC)

Παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης

Φωτισμός

Άλλες λειτουργίες - Κινητήρες

1^ο μέρος

Συστήματα Θέρμανσης
Συστήματα Ψύξης
Συστήματα παραγωγής Ζεστού Νερού Χρήσης

2^ο μέρος

Ελαχιστοποίηση της ζήτησης
Αποθήκευση θερμότητας
Βιοκαύσιμα
Θερμικά ηλιακά συστήματα
Συστήματα αντλιών θερμότητας

1^ο μέρος

περιεχόμενα

- ροές θερμότητας στους χώρους κτιρίων και θερμική άνεση
 - διάταξη και τύποι συστημάτων θέρμανσης
 - η παραγωγή της θέρμανσης
λέβητες, ηλιακοί συλλέκτες, αντλίες θερμότητας
 - η διανομή της θέρμανσης
δίκτυα και τερματικές μονάδες διανομής
 - η παραγωγή της ψύξης
αερόψυκτοι ψύκτες, υδρόψυκτοι ψύκτες
ψύκτες απορρόφησης, ηλιακή ψύξη
 - η διανομή της ψύξης
δίκτυα νερού, δίκτυα αέρα και δίκτυα ψυκτικού μέσου
μικρές τερματικές μονάδες και κεντρικές κλιματιστικές μονάδες
 - τυπικά συστήματα κλιματισμού κτιρίων
- παραγωγή και διανομή ζεστού νερού χρήσης

θέρμανση

προσθήκη θερμότητας στο χώρο

ψύξη

αφαίρεση θερμότητας από το χώρο

ύγρανση

προσθήκη υδρατμών στο χώρο

αφύγρανση

απομάκρυνση υδρατμών από το χώρο

αερισμός

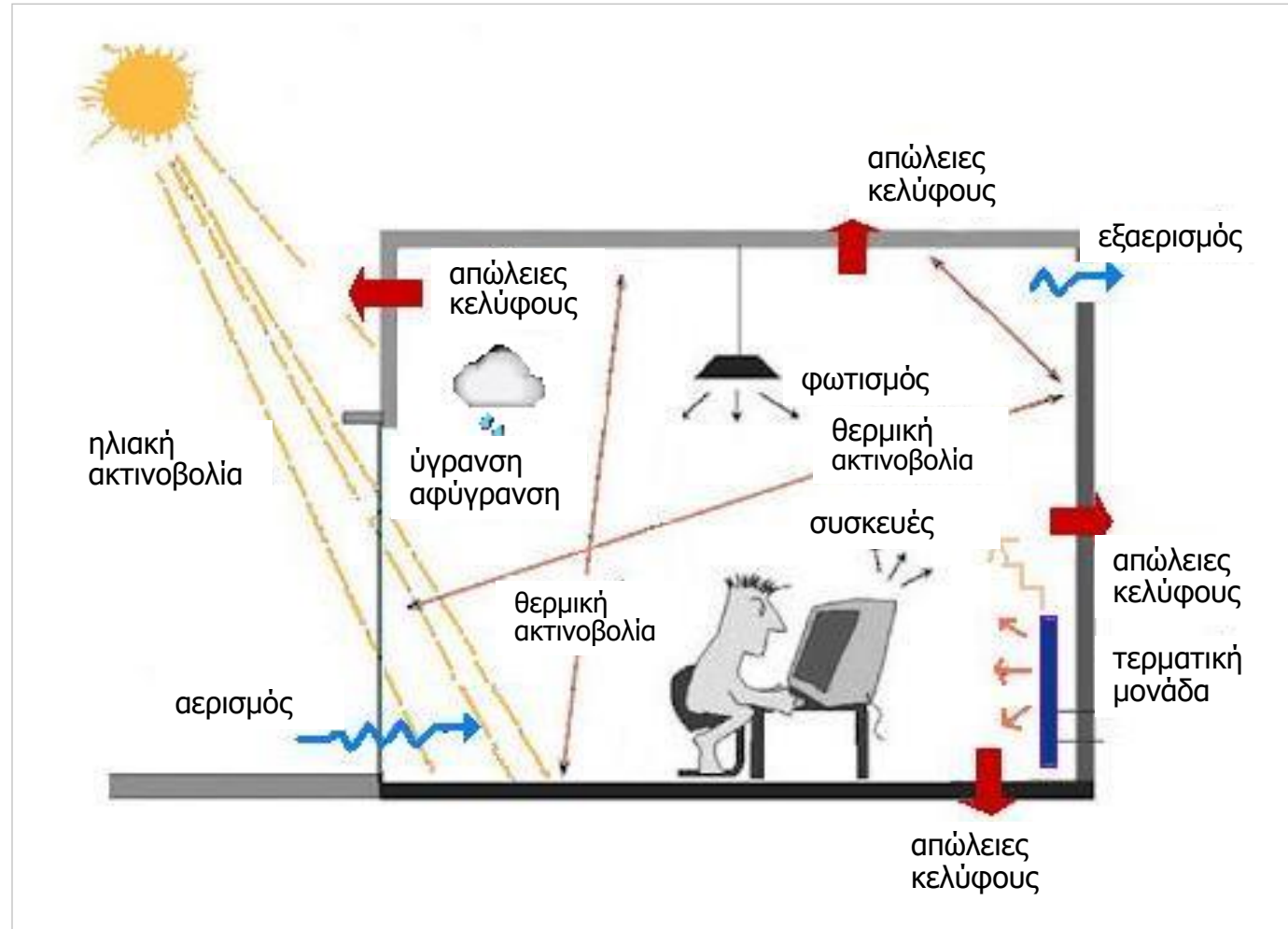
προσαγωγή φρέσκου
και καθαρού αέρα στο χώρο

εξαερισμός

απαγωγή και απομάκρυνση του
βρώμικου αέρα από το χώρο

καθαρισμός αέρα

απομάκρυνση των σωματιδίων
του αέρα (φιλτράρισμα)



Θερμική άνεση

θερμοκρασία του αέρα

εξαρτάται από το ντύσιμο και τη δραστηριότητα
τυπικά δεδομένα: χειμώνας 20-21 °C / καλοκαίρι 24-26 °C

θερμοκρασία επιφανειών (ακτινοβολία)

διαφορές από τη θερμοκρασία αέρα
όχι μεγαλύτερες από 4°C

σχετική υγρασία του αέρα

εξαρτάται από τη θερμοκρασία αέρα
τυπικά δεδομένα: χειμώνας 30-50% / καλοκαίρι 40-60%

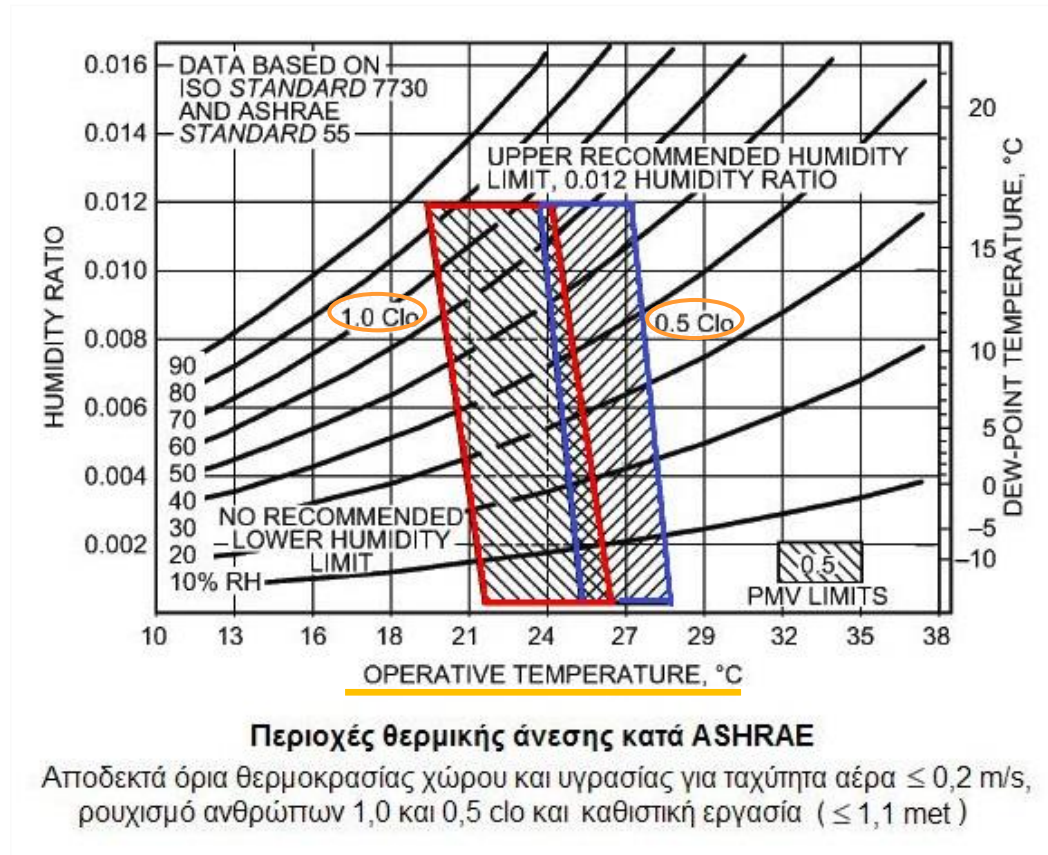
ποιότητα του αέρα

(CO₂ και αέριοι ρύποι)
προσαγωγή φρέσκου αέρα για τη διάλυση των ρύπων
δεδομένα ανάλογα με τον τύπο του
χώρου και τον πληθυσμό (ASHRAE Std 62.1)

ταχύτητα του αέρα

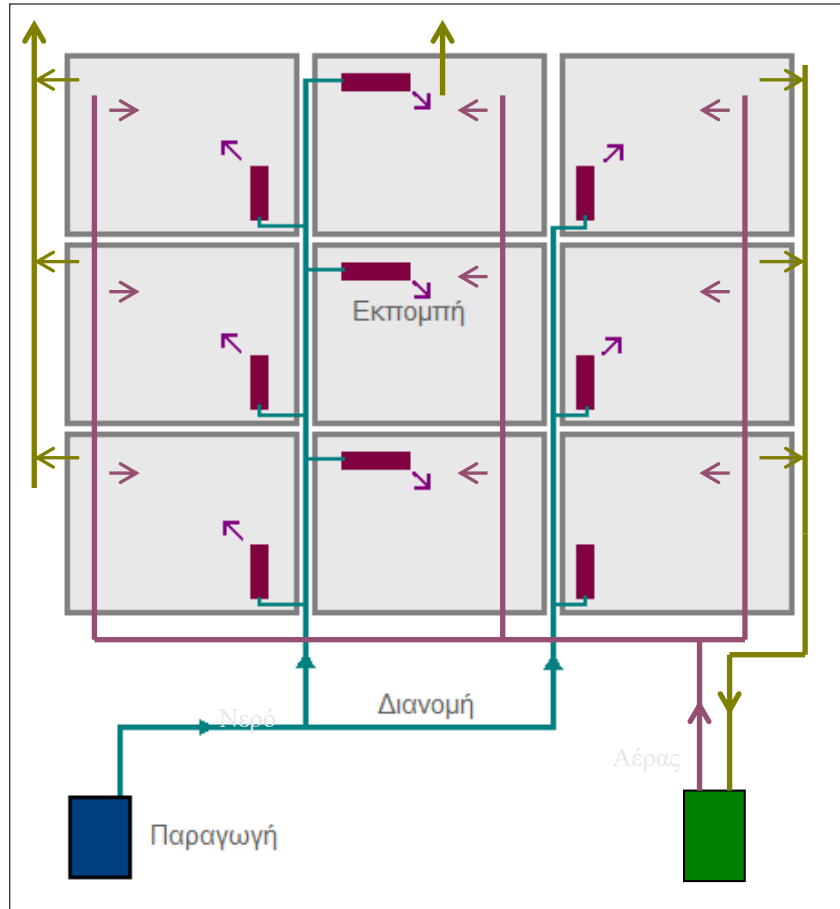
εξαρτάται από τη θερμοκρασία αέρα
τυπικά δεδομένα: για καθιστική εργασία 0,15 – 0,25 m/s

επίπεδο φωτισμού



Κεντρικά Συστήματα Θέρμανσης Κτιρίων

η θέρμανση παράγεται κεντρικά (**παραγωγή**) και διανέμεται στο κτίριο ή στα κτίρια μέσω δικτύων **διανομής** και μονάδων **εκπομπής**



συστήματα βασισμένα στο νερό

θέρμανση παράγεται θερμό νερό που διανέμεται στους χώρους όπου τερματικές μονάδες (εναλλάκτες νερού-αέρα) θερμαίνουν ή ψύχουν τους χώρους

συστήματα βασισμένα στον αέρα

θέρμανση, αερισμός-εξαερισμός παράγεται θερμός ή ψυχρός αέρας σε ΚΚΜ που διανέμεται στους χώρους μέσω δικτύων αεραγωγών και στομιών

συστήματα βασισμένα στο νερό και στον αέρα

θέρμανση, αερισμός-εξαερισμός νερό και τερματικές μονάδες για την παραλαβή των θερμικών ή ψυκτικών φορτίων και δίκτυα αεραγωγών για αερισμό και εξαερισμό

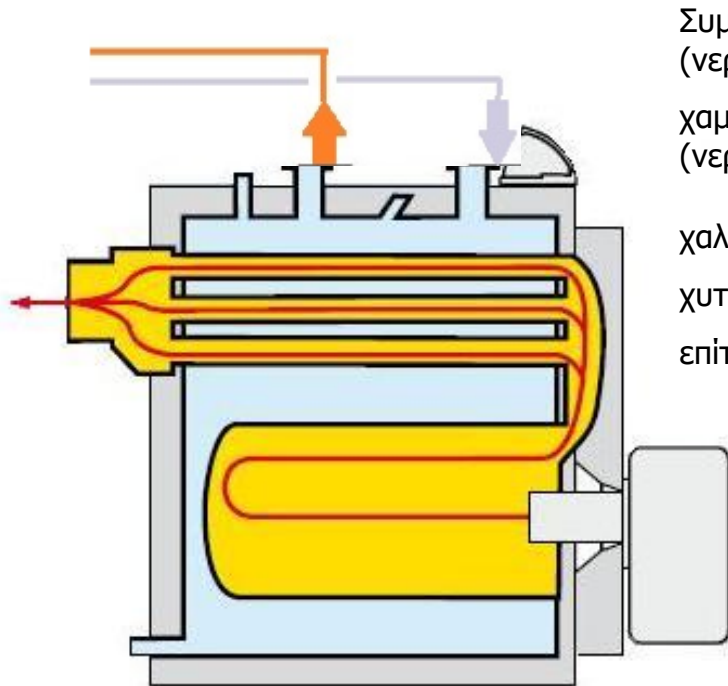
συστήματα βασισμένα στο ψυκτικό μέσο

θέρμανση και ψύξη

συστήματα βασισμένα στο υπέρθερμο νερό και τον ατμό θέρμανση

Λέβητες συμβατικοί

νερού / υπέρθερμου νερού / ατμού



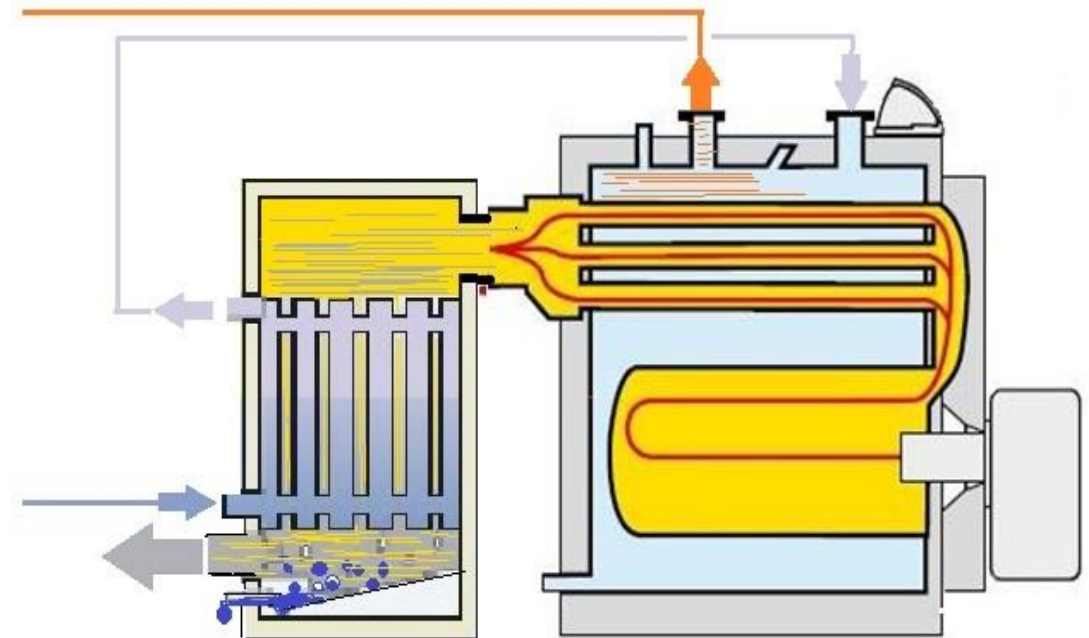
Συμβατικοί
(νερό 80- 90°C)
χαμηλών θερμοκρασιών
(νερό 35-40°C)
χαλύβδινοι
χυτοσιδηροί
επίτοιχοι

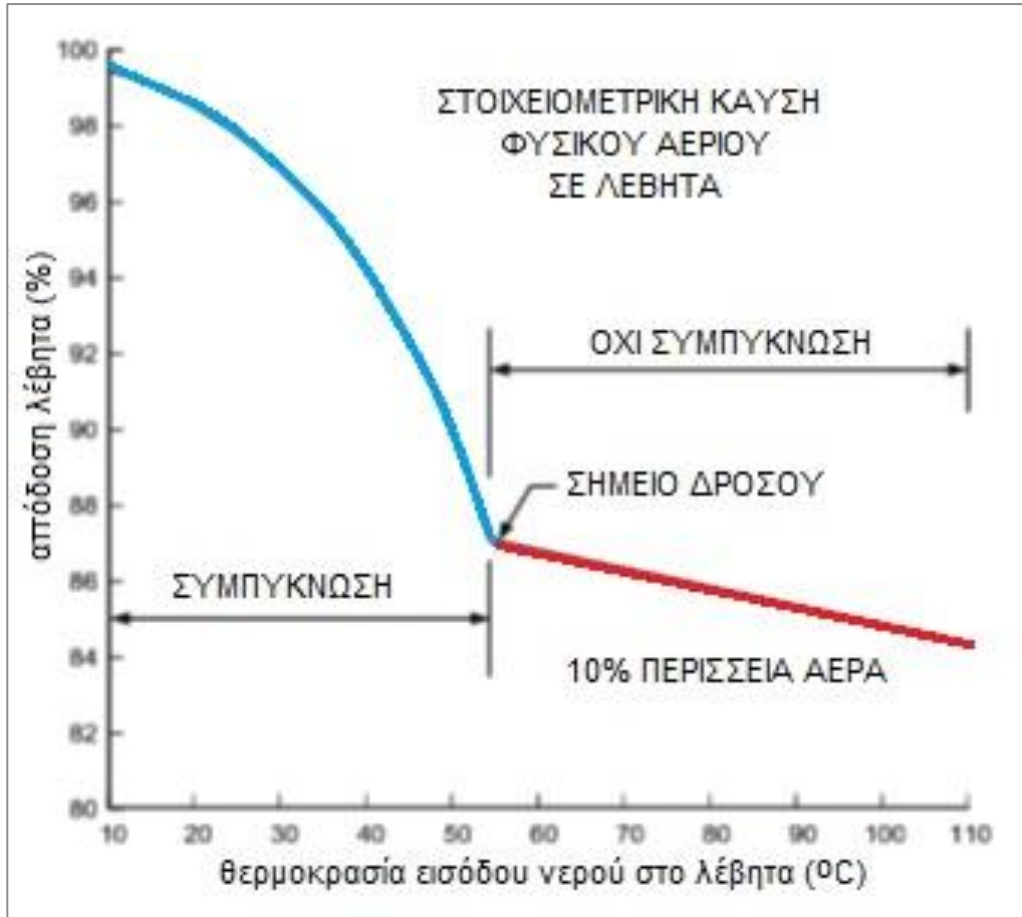
Καυστήρες

Πετρελαίου
Φυσικού Αερίου (NG) – Υγραερίου (LPG)
Βιοκαυσίμων

Λέβητες συμπύκνωσης

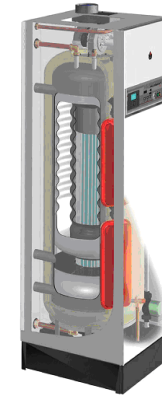
νερού



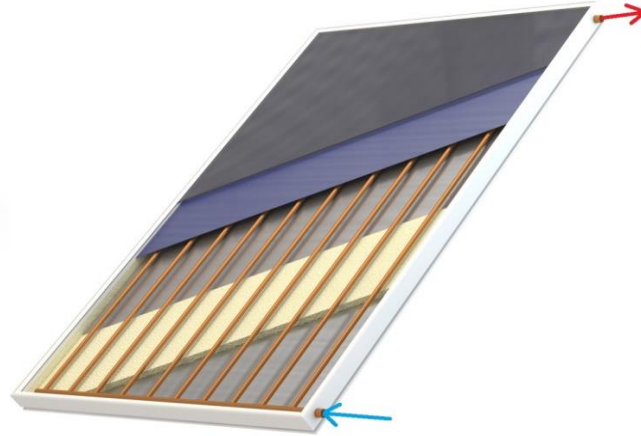
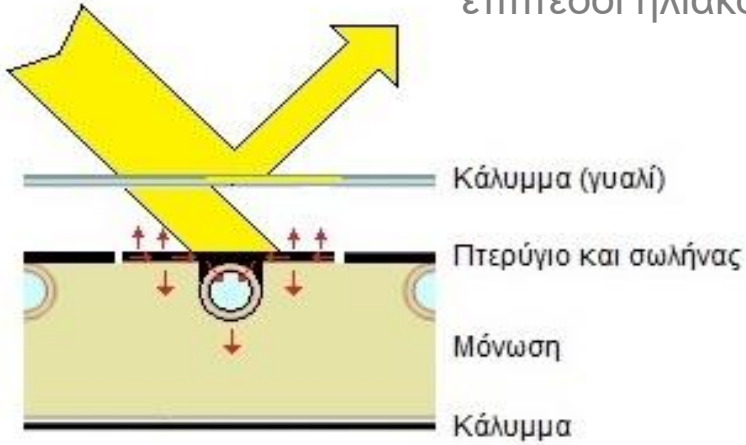


Προσοχή !

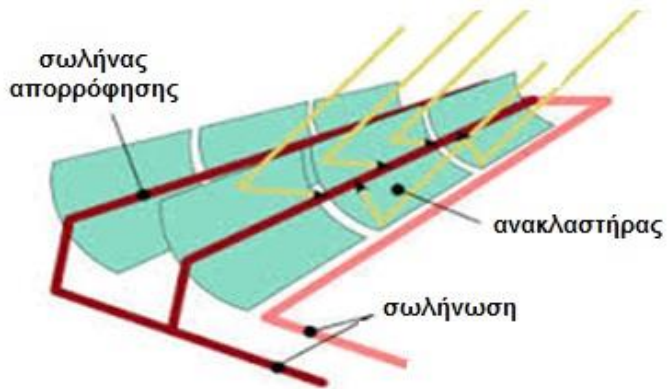
έναν λέβητα συμπύκνωσης που λειτουργεί με υψηλές θερμοκρασίες επιστροφών (>55°C) λειτουργεί απλά ως ένας συμβατικός λέβητας καλής απόδοσης !



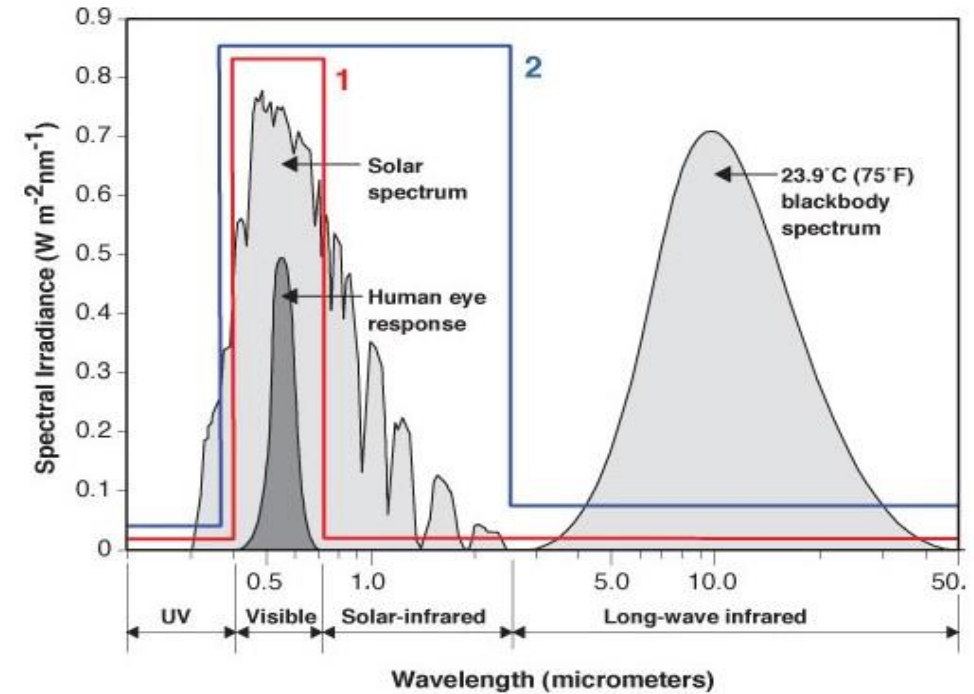
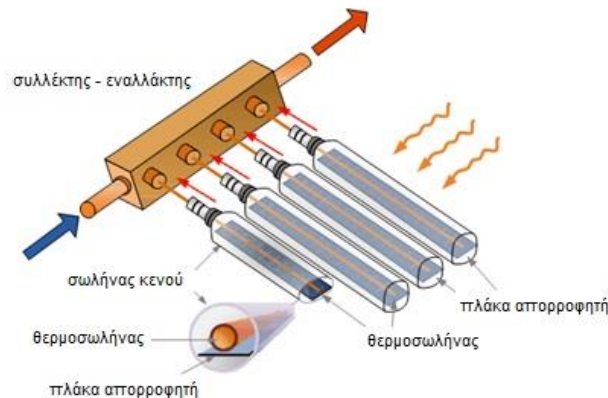
επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες



επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες



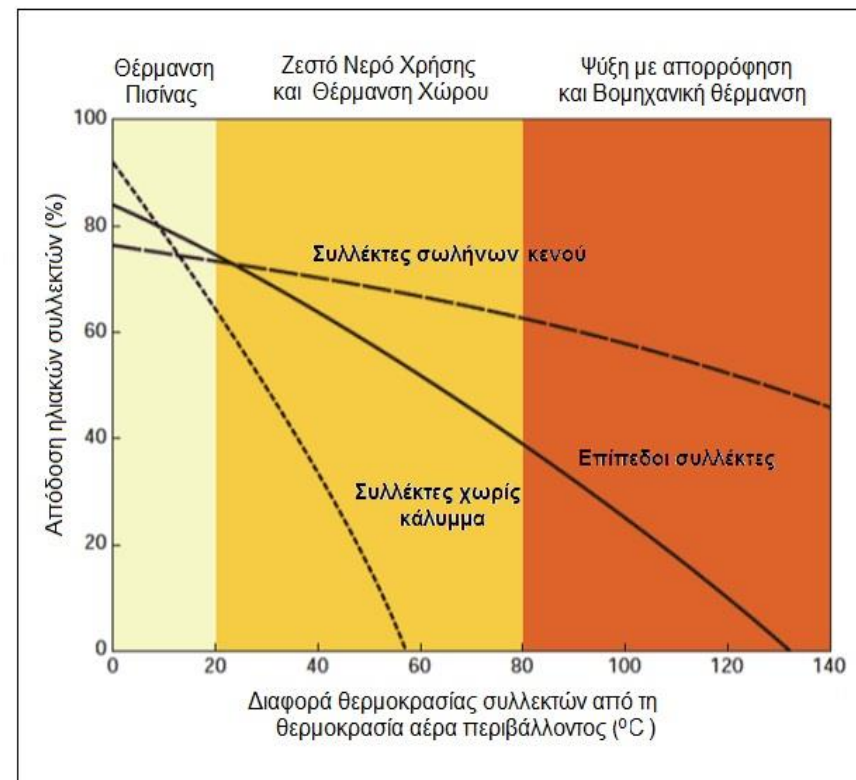
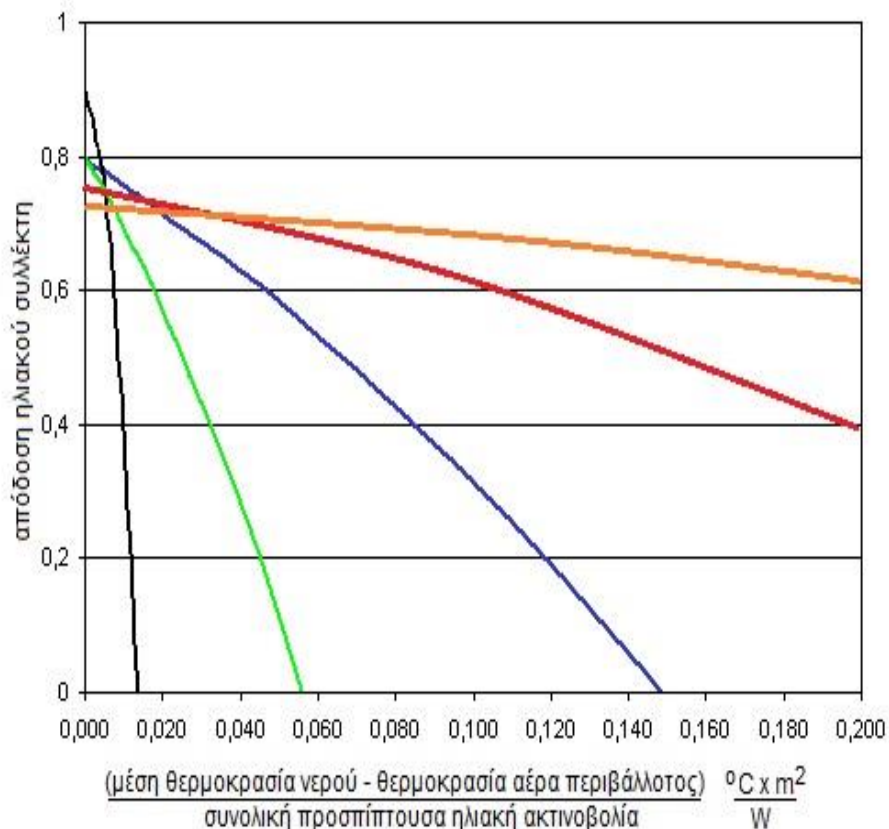
ηλιακοί συλλέκτες σωλήνων κενού



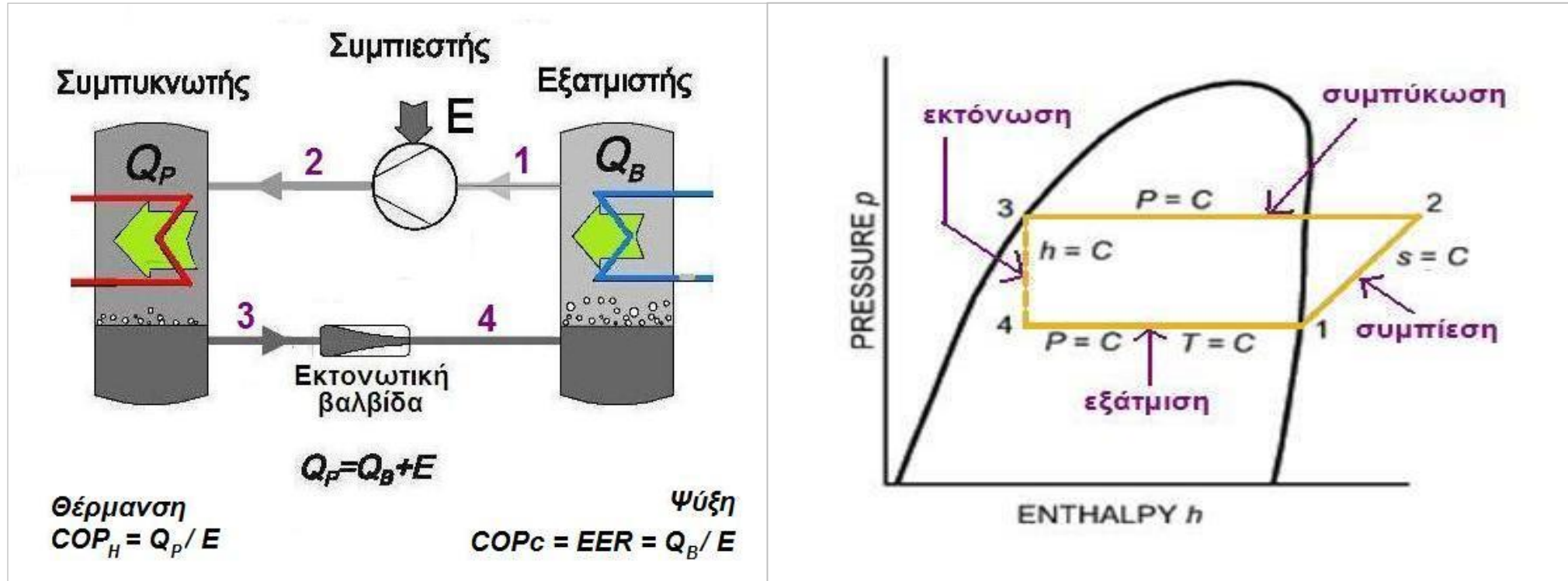
Ιδεατή διαπερατότητα γυαλιών (Πηγή McCluney, 1996)

- 1: γυαλί low-E για χαμηλά ηλιακά κέρδη
- 2: γυαλί low-E για υψηλά ηλιακά κέρδη

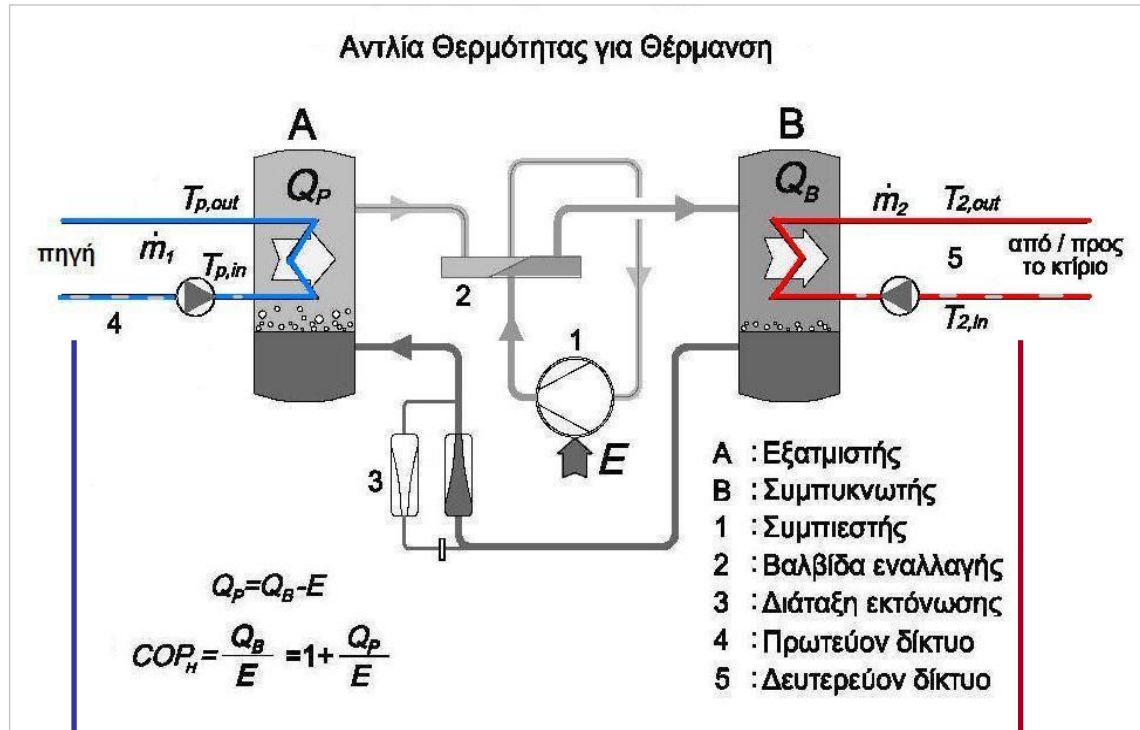
απόδοση ηλιακών συλλεκτών



Πηγή: Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE)
KS 15 - Capturing Solar Energy, 2009

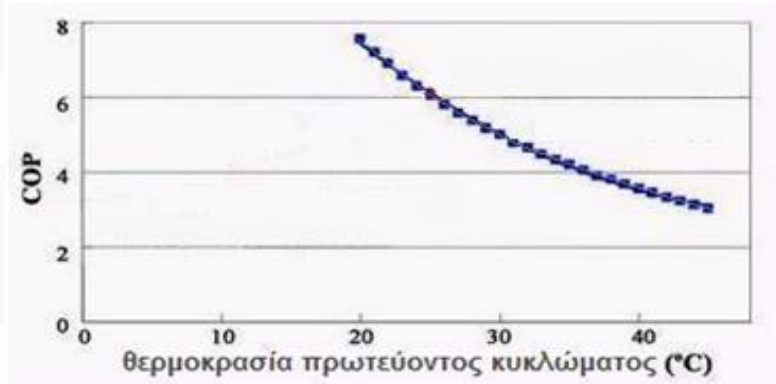


Παραγωγή Θέρμανσης - Αντλίες Θερμότητας



αέρας περιβάλλοντος

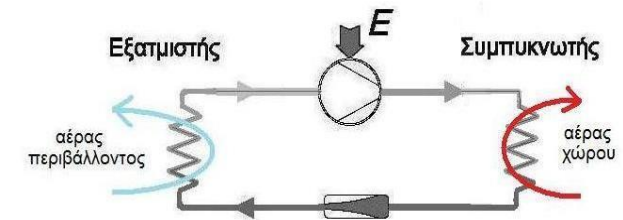
νερό
θάλασσα
λίμνες
γεωτρήσεις
βρόγχοι σωλήνων στη γη
κυκλώματα ανάκτησης



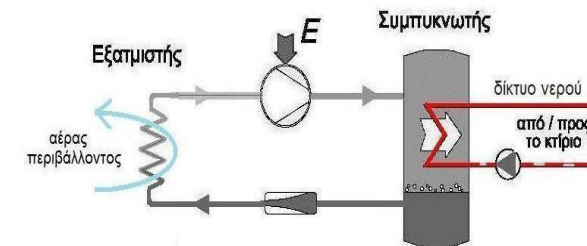
αέρας χώρου

νερό
fan coils
κλιματιστικές μονάδες
ενδοδαπέδια κυκλώματα
σώματα ?

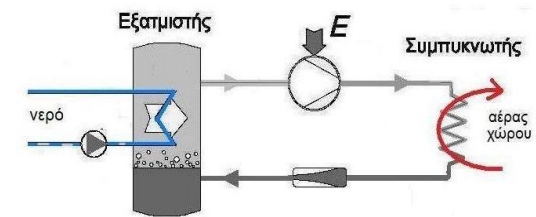
κυκλώματα
ψυκτικού μέσου



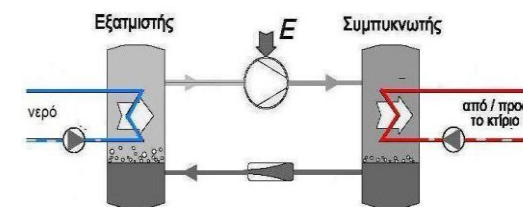
αέρα - αέρα



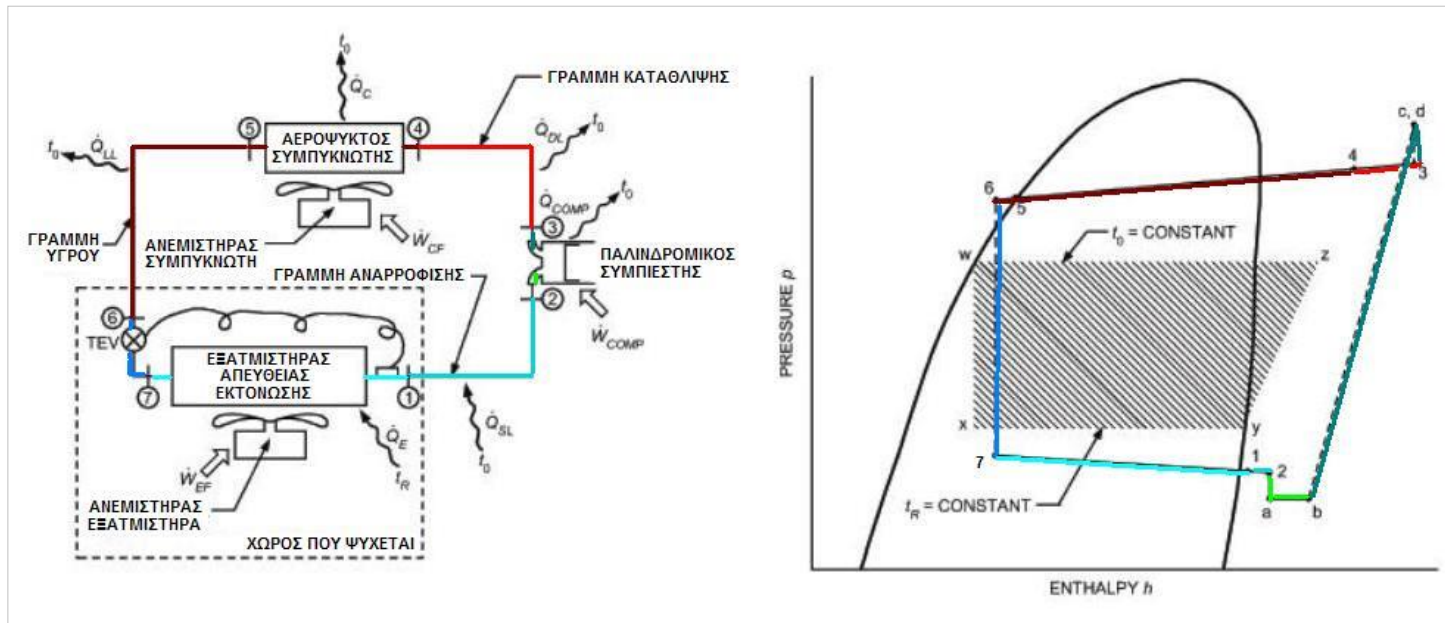
αέρα - νερού



νερού - αέρα



νερού - νερού



ο πραγματικός
κύκλος συμπίεσης

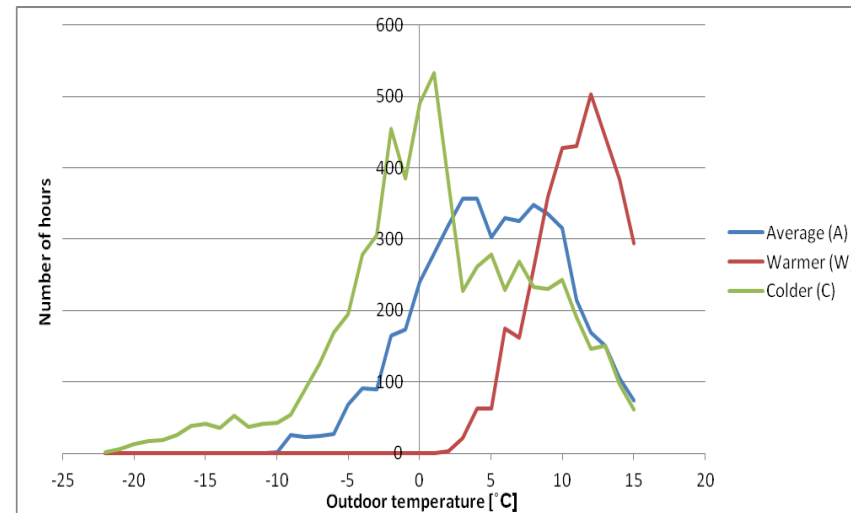
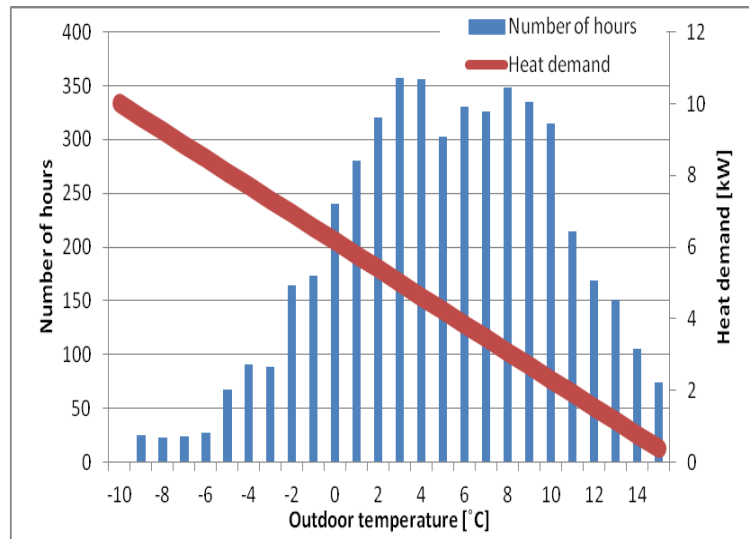
- ο ισεντροπικός κύκλος πρακτικά δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί
- οι δυνατότητες μεταφοράς θερμότητας στο συμπυκνωτή και στον εξατμιστήρα είναι περιορισμένες και γίνονται πάντοτε με πρόσθετη βοηθητική ενέργεια (ανεμιστήρες και αντλίες)
- το ψυκτικό μέσο δεν είναι καθαρό αλλά μείγμα ψυκτικού μέσου και λαδιού
- υπάρχουν απώλειες θερμότητας και πτώσεις πίεσης στις γραμμές και στις επί μέρους συσκευές
- λειτουργία βαλβίδων

στιγμιαία απόδοση

$$\text{COP (COEFFICIENT OF PERFORMANCE)} = \frac{Q_h \text{ (ΑΠΟΔΙΔΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ)}}{E \text{ (ΑΠΟΡΡΟΦΟΥΜΕΝΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ)}}$$

ετήσια απόδοση

$$\text{SCOP (SEASONAL COEFFICIENT OF PERFORMANCE)} = \frac{Q_h \text{ (ΑΠΟΔΙΔΟΜΕΝΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ)}}{E \text{ (ΑΠΟΡΡΟΦΟΥΜΕΝΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ)}}$$



Κατά EN14825 ο COP κάθε αντλίας θερμότητας (αέρα-αέρα ή αέρα-νερού) μετριέται σε συγκεκριμένες θερμοκρασίες και με συγκεκριμένη % φόρτιση. Ο SCOP προκύπτει από συνδυασμό αυτών των μετρήσεων και αντιπροσωπεύει έναν μέσο ετήσιο βαθμό συμπεριφοράς που πρέπει να αναγράφεται στο μηχάνημα.

διανομή θερμότητας - τερματικές μονάδες νερού

θερμαντικά σώματα

όχι ανεμιστήρας / μόνο θέρμανση / ακτινοβολία και συναγωγή / θερμοκρασίες προσαγωγής >60°C



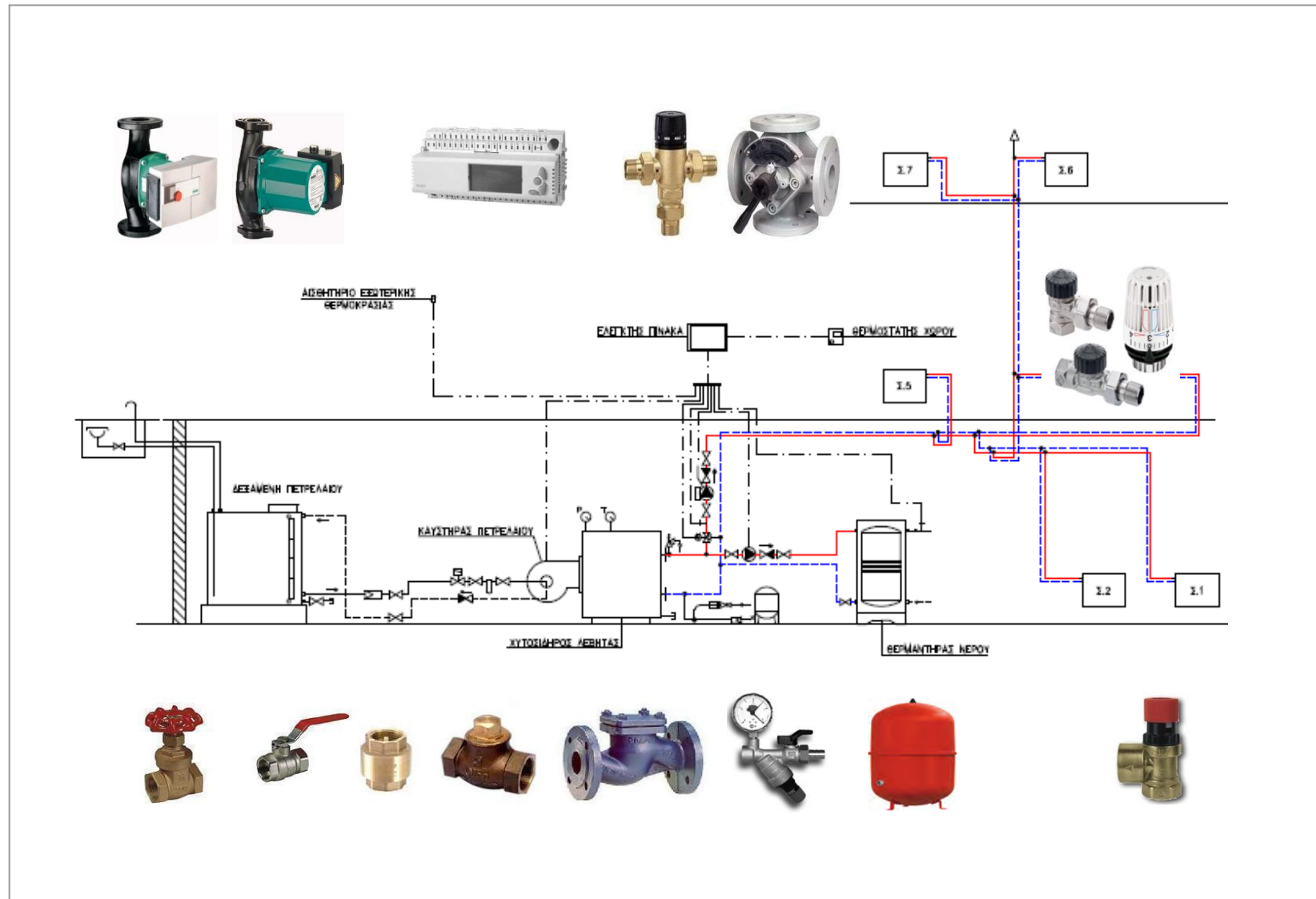
Fan Coils

ανεμιστήρες / θέρμανση και ψύξη / συναγωγή / θερμοκρασίες προσαγωγής Ψ: 5-15°C – Θ: 30-90°C

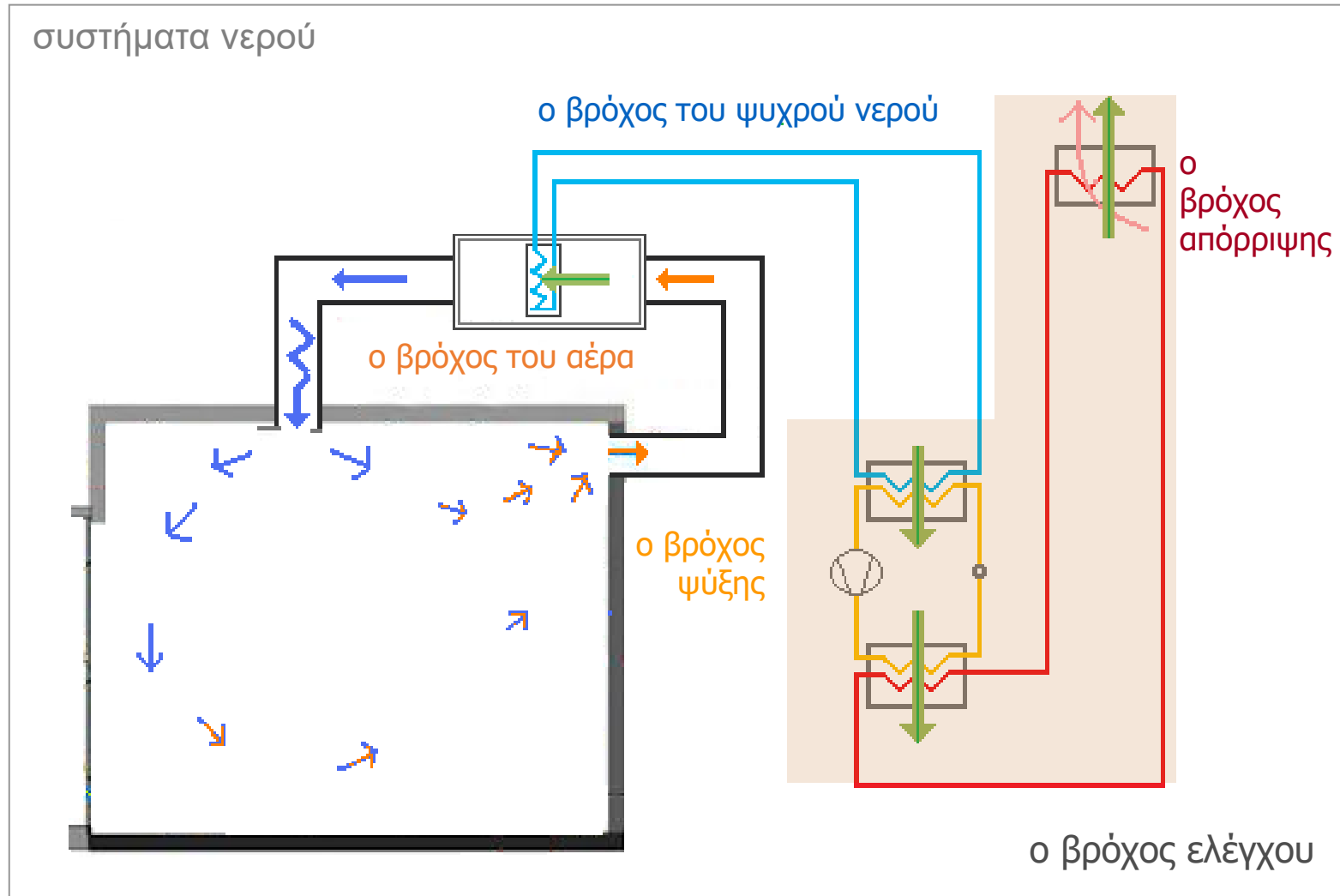


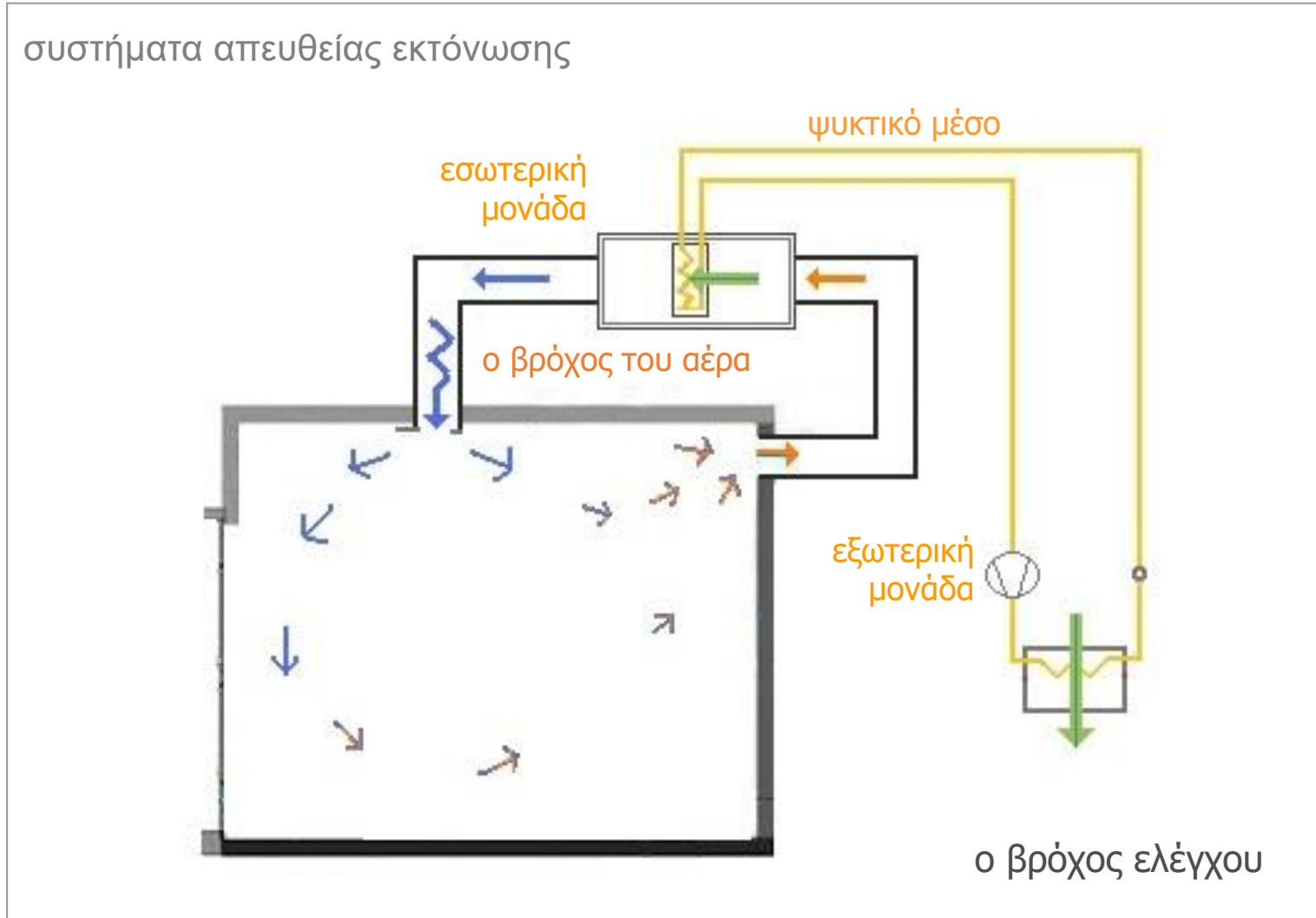
κυκλώματα μεγάλων επιφανειών



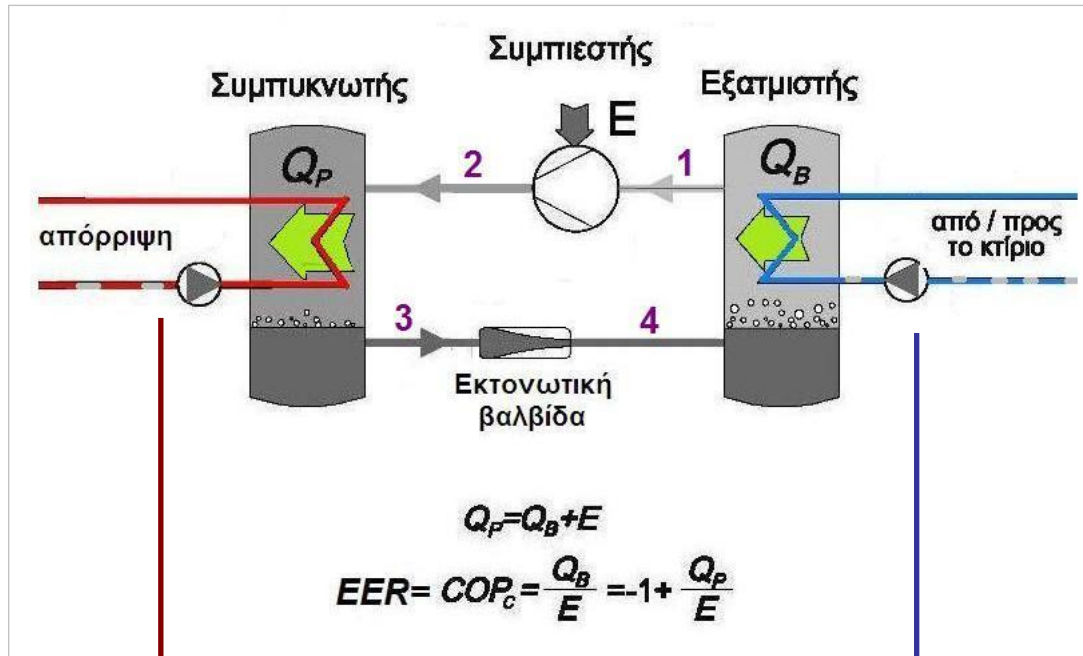


δίκτυα
και
εξαρτήματα



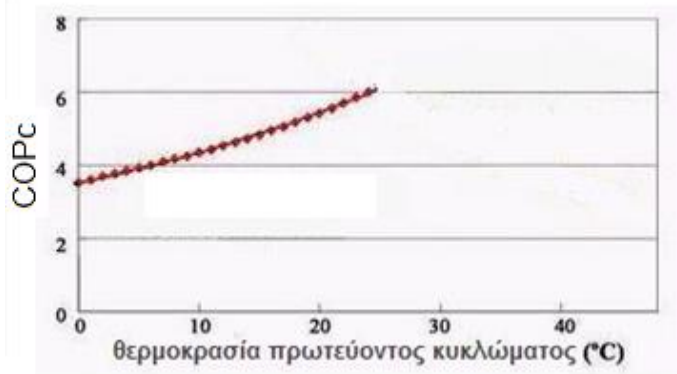


Παραγωγή ψύξης με κύκλο συμπίεσης



αέρας περιβάλλοντος

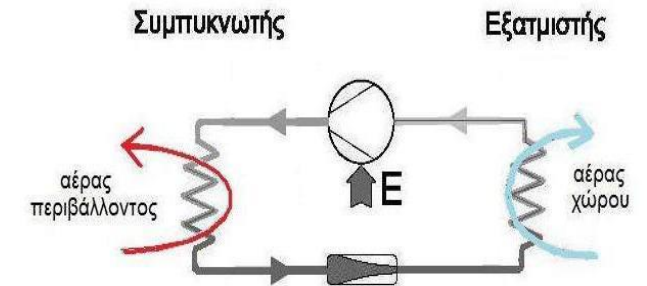
νερό
 πύργος ψύξης
 θάλασσα
 λίμνες
 γεωτρήσεις
 βρόγχοι σωλήνων στη γη
 κυκλώματα ανάκτησης



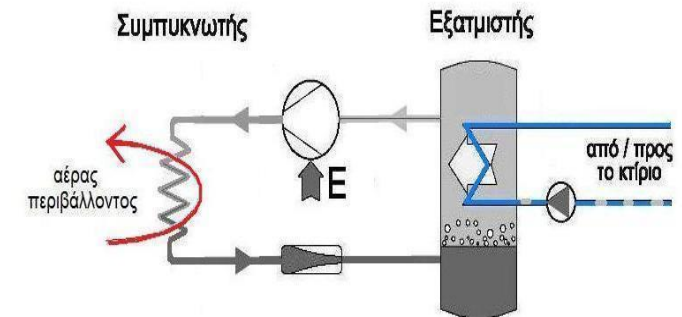
αέρας χώρου

νερό
 fan coils
 κλιματιστικές μονάδες
 κυκλώματα ψυκτικού μέσου

Μονάδα ψύξης αέρα - αέρα



Αερόψυκτος ψύκτης νερού



Παραγωγή ψύξης με κύκλο συμπίεσης

Αερόψυκτος ψύκτης με απομακρυσμένο συμπυκνωτή

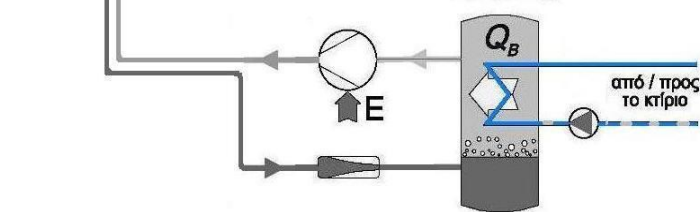


Συμπυκνωτής

αέρας περιβάλλοντος



Εξατμιστής



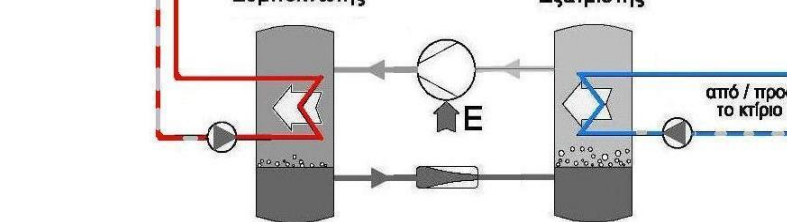
Υδροψυκτος ψύκτης με πύργο ψύξης



Πύργος ψύξης

Συμπυκνωτής

Εξατμιστής



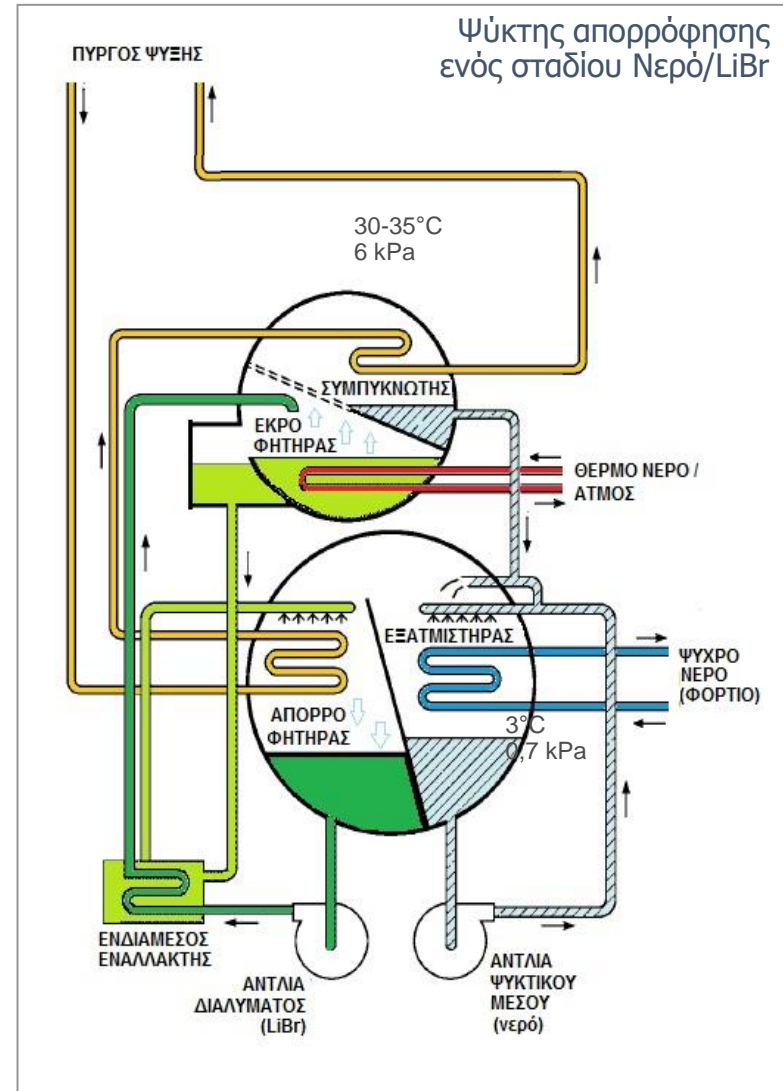
Παραγωγή ψύξης με κύκλο απορρόφησης

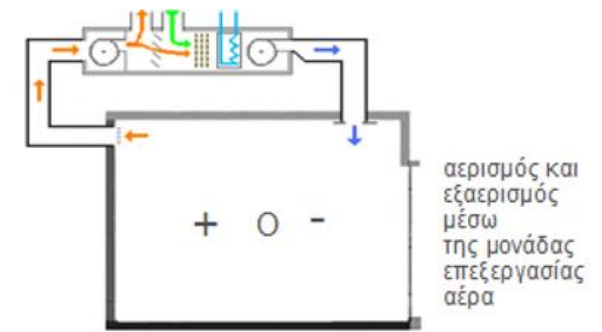
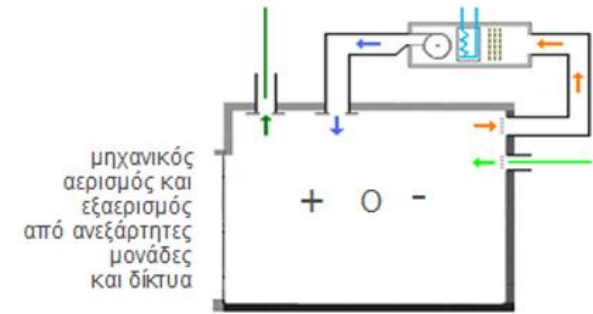
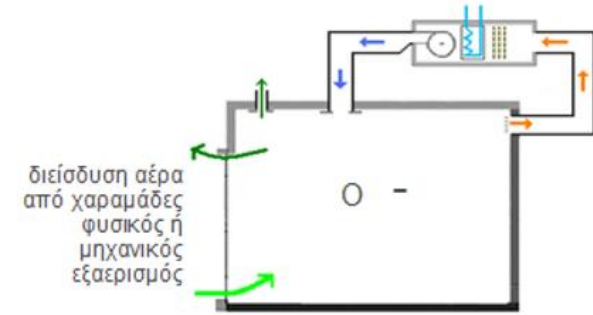
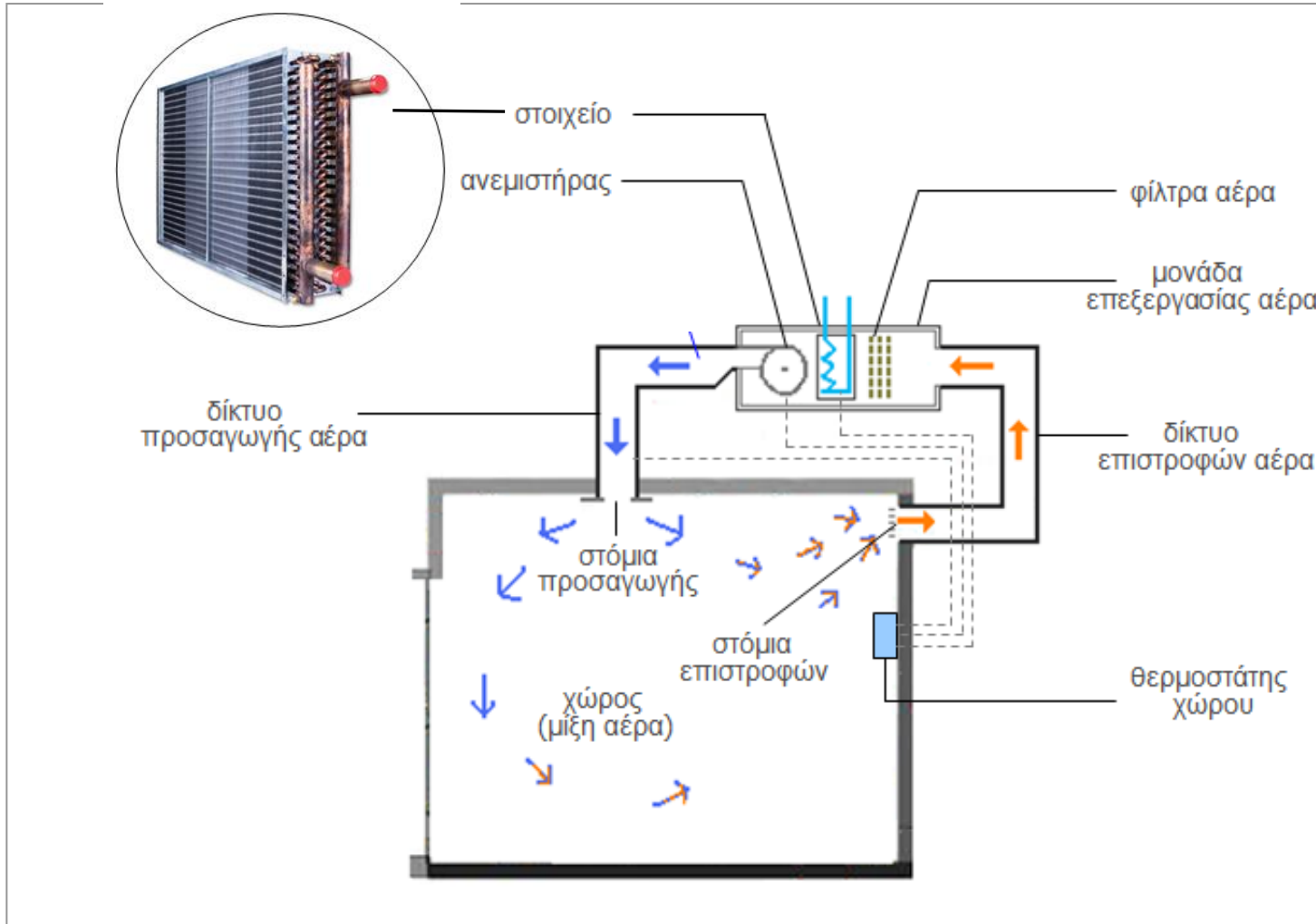
Χαρακτηριστικά

- πηγή ενέργειας η θερμότητα (ατμός, υπέρθερμο νερό, θερμό νερό, απευθείας καύση κλπ)
- μικρή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (αντλίες υγρών)
- απλά ρευστά που δε ρυπαίνουν (νερό, LiBr)
- λίγα κινούμενα μέρη (μικρή συντήρηση, λίγοι θόρυβοι)
- σταθερότητα σε μεταβαλλόμενο φορτίο
- μικρά COP (0,7 – 0,8)
- εξαιρετικά χαμηλή εκπομπή CO₂

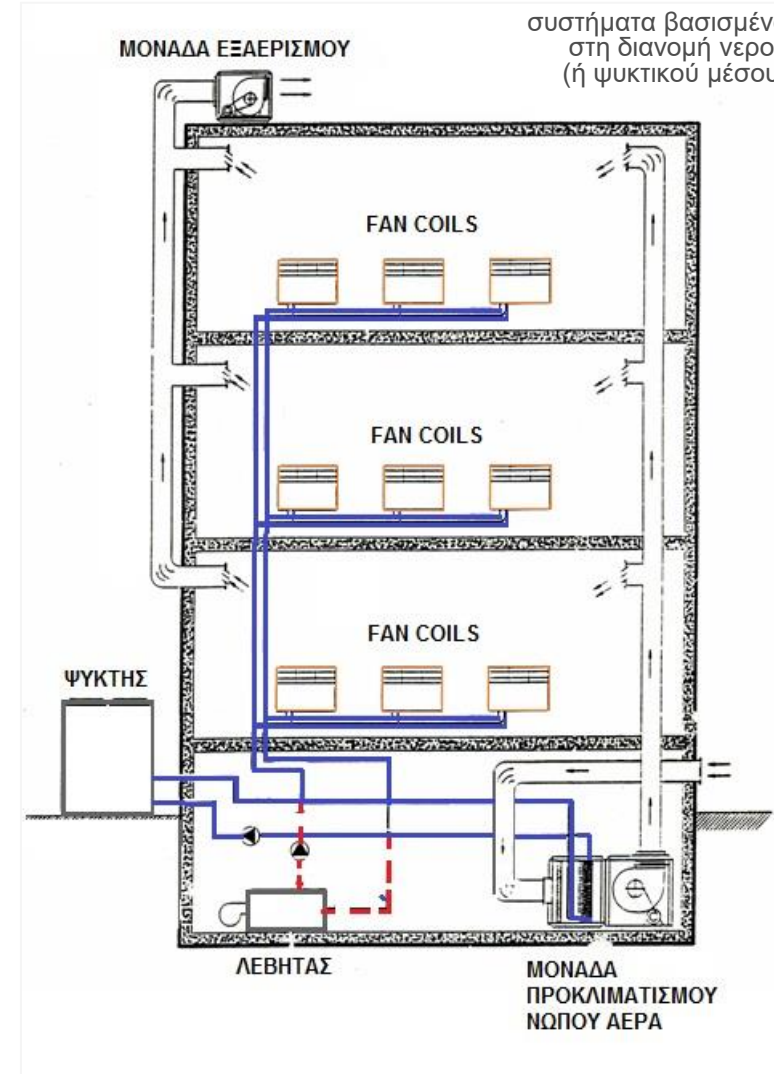
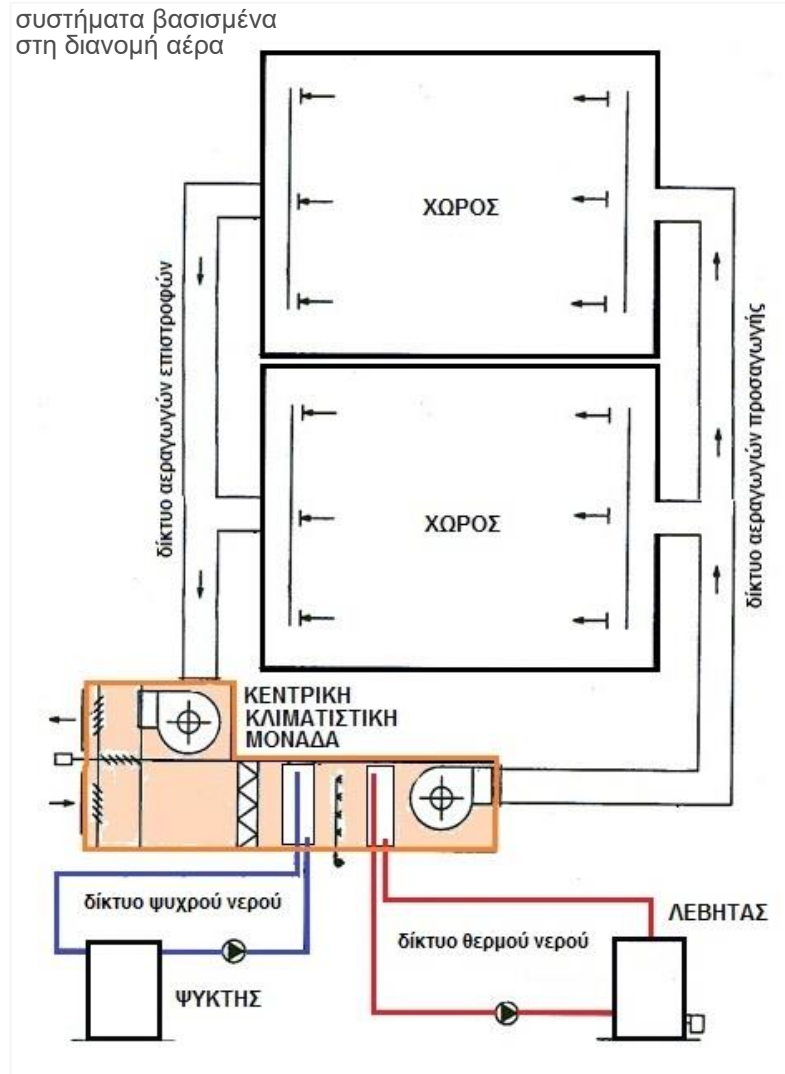
Εφαρμογές

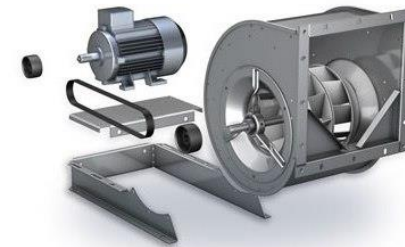
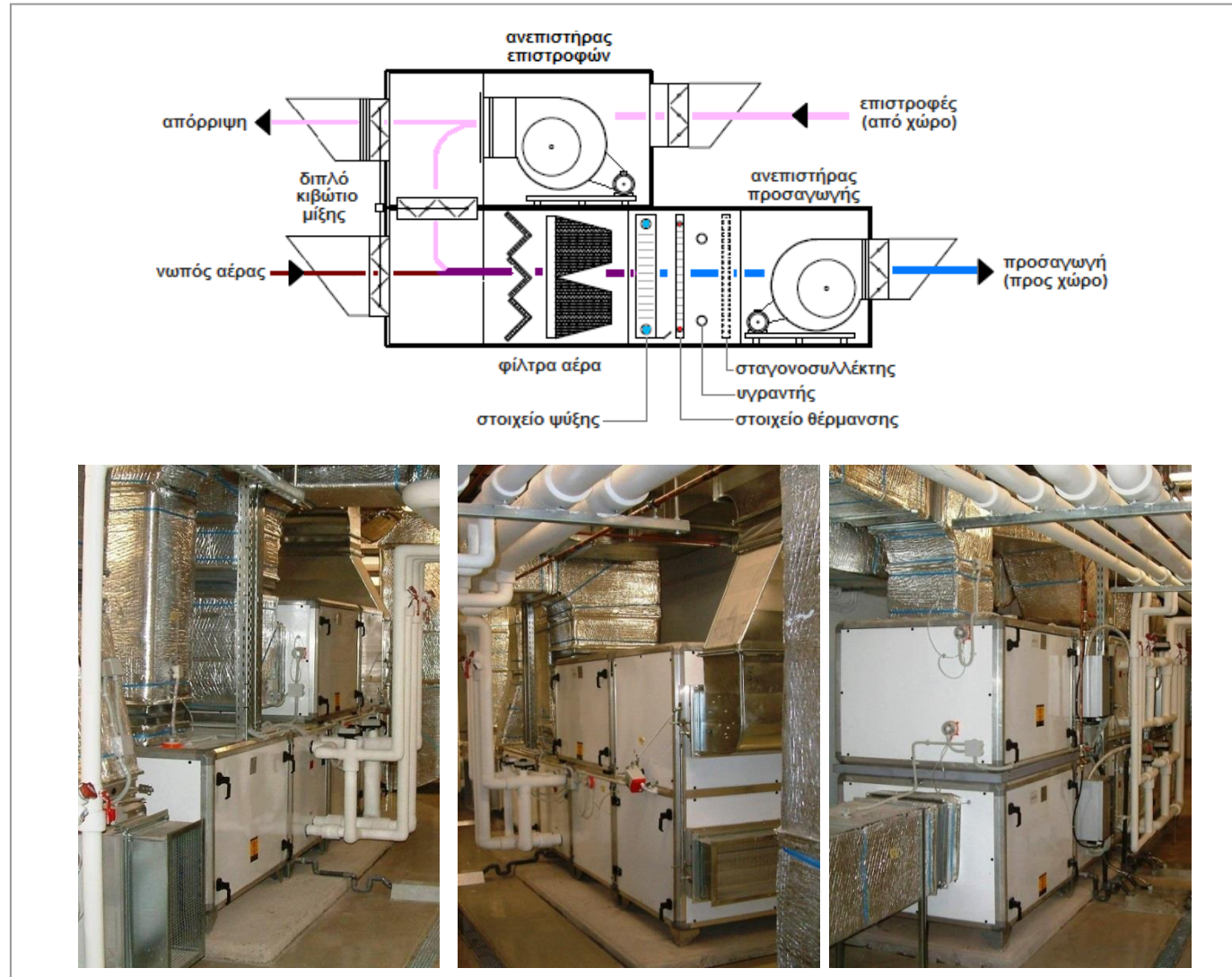
- Περιπτώσεις φθηνού καυσίμου και ακριβού ηλεκτρικού
- Χρήση απόβλητης θερμότητας (βιομηχανία)
- Σύνδεση με ηλιακά υψηλών θερμοκρασιών





Συστήματα ψύξης κτιρίων - διανομή - διάταξη





ανεμιστήρες

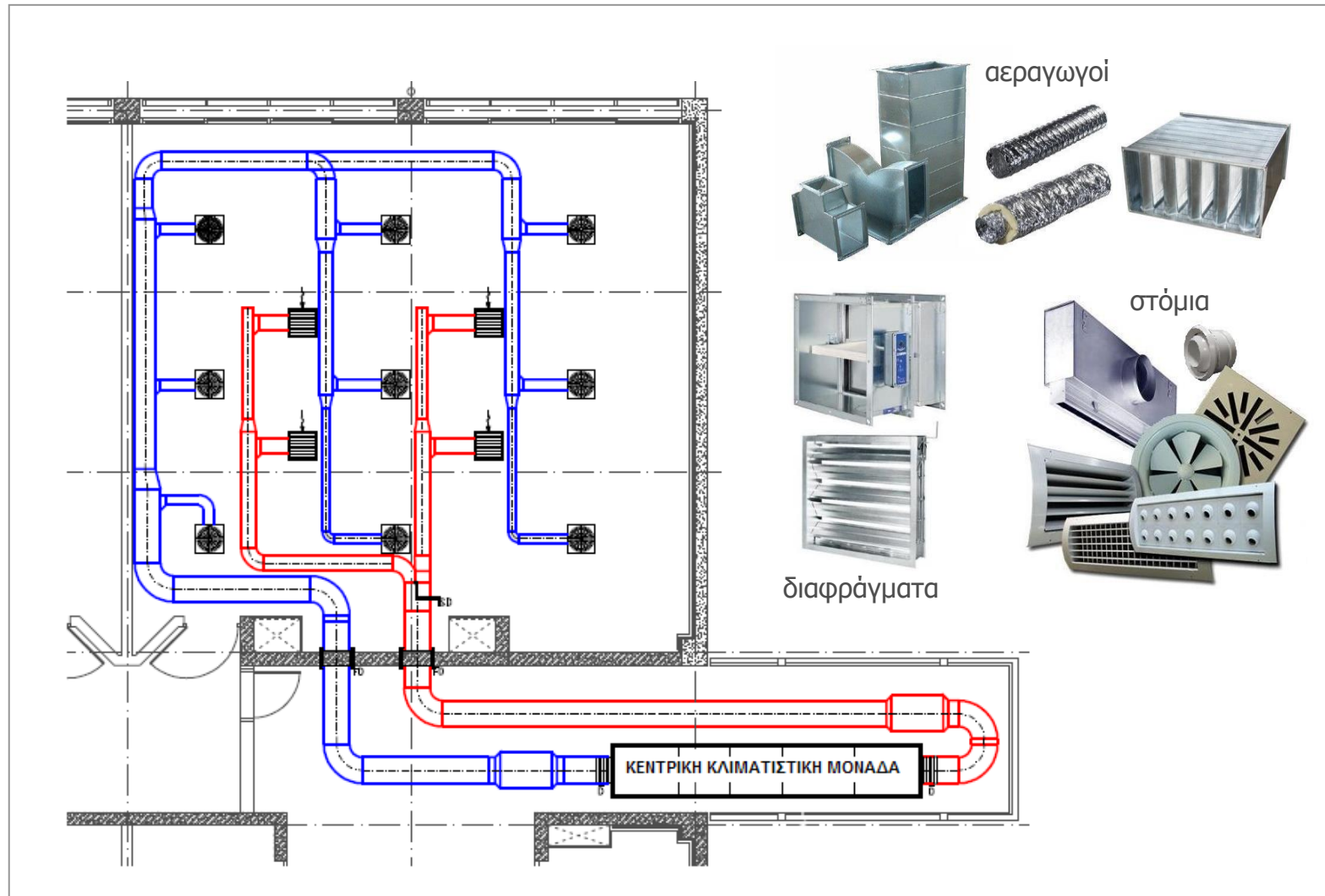


στοιχεία





φίλτρα



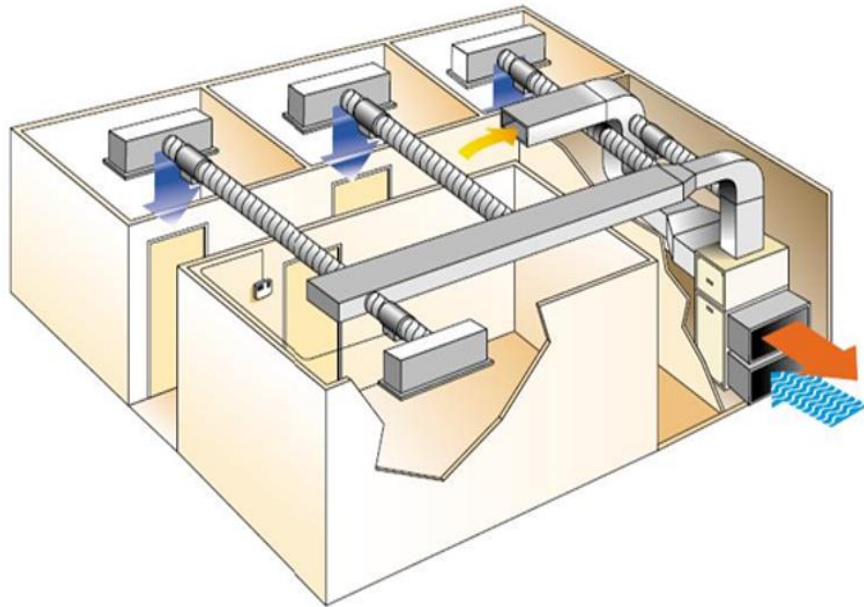


Συστήματα ψύξης κτιρίων - διανομή - τερματικές μονάδες

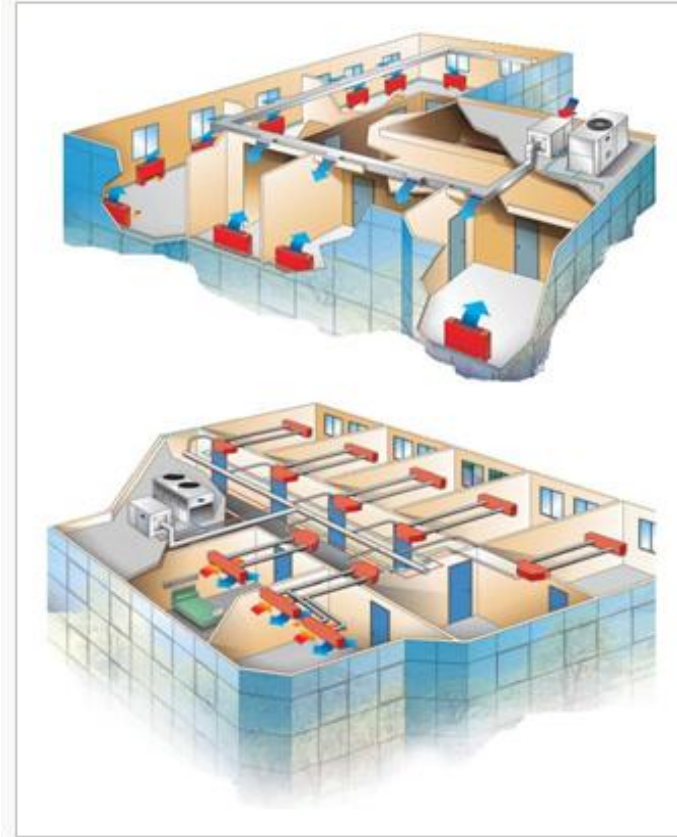


CEILING MOUNTED CASSETTE	Round flow cassette autocleaning function possible	
	4-way blow ceiling mounted cassette	
	2-way blow ceiling mounted cassette	
	Ceiling mounted corner cassette	
CONCEALED-CEILING	Small concealed ceiling unit	
	Slim concealed ceiling unit	
	Concealed ceiling unit with inverter driven fan	
	Concealed ceiling unit with inverter driven fan	
	Large concealed ceiling unit	
WALL MOUNTED	Wall mounted unit	
	Ceiling suspended unit	
CEILING SUSPENDED	4-way blow ceiling suspended unit	
	Floor standing unit	
FLOOR STANDING	Concealed floor standing unit	

συστήματα με αέρα, VAV,
είτε με κλιματιστικές μονάδες είτε με μονάδες απευθείας εκτόνωσης



κεντρικά συστήματα με ψύξεις νερού και
Fan Coils με ή χωρίς μηχανικό αερισμό-εξαερισμό

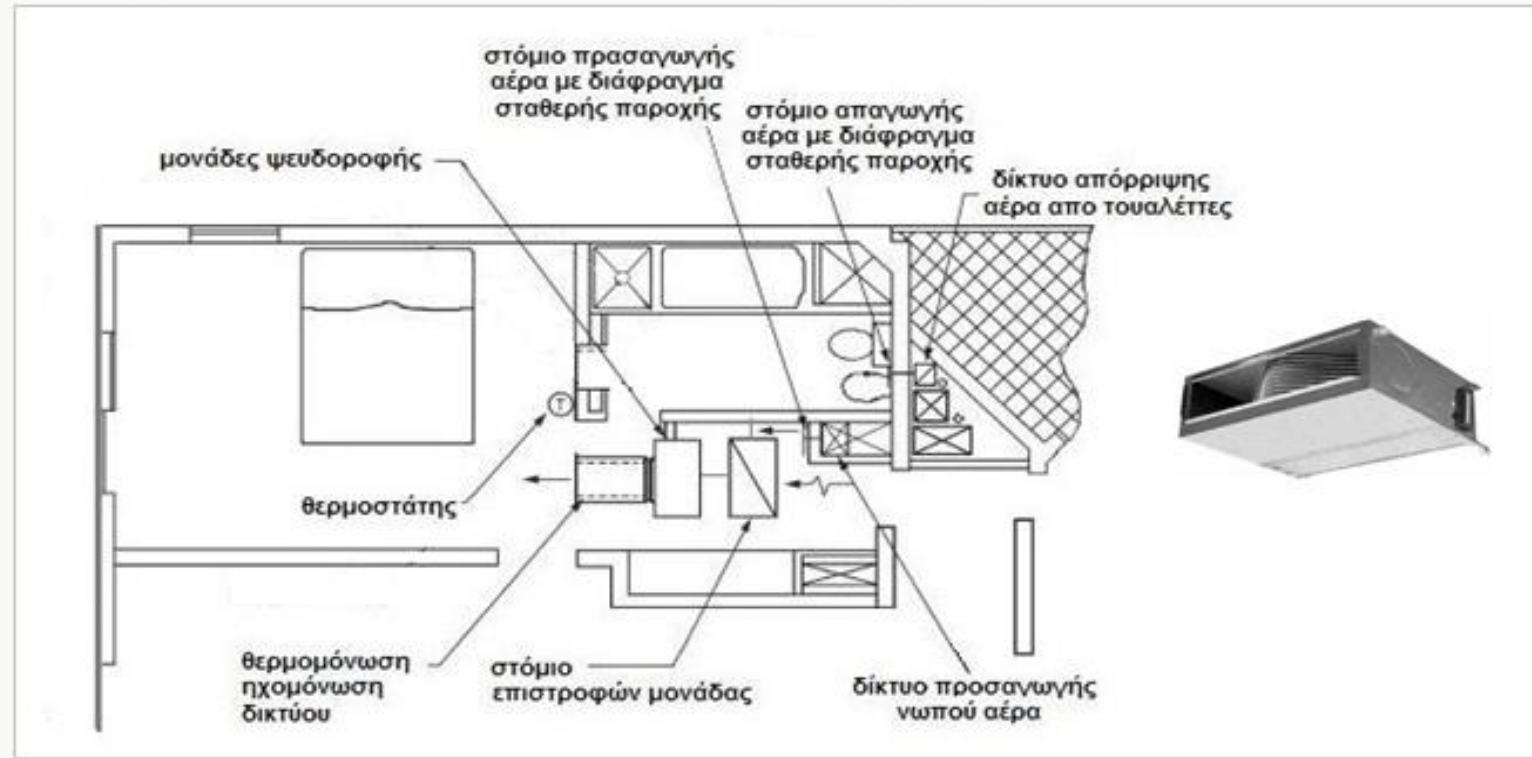


κεντρικά συστήματα με
κλιματιστικές μονάδες, rooftop ή packaged μονάδες



χαρακτηριστικά

- χώροι διαφορετικών χρήσεων, σύνθεσης φορτίων και απαιτήσεων αερισμού (αίθουσες συνάθροισης / εστιατόρια / δωμάτια)
- πολλές φορές απαιτήσεις ταυτόχρονα ψύξης και θέρμανσης
- έλεγχος ανά χώρο / σύνδεση κεντρικό σύστημα διαχείρισης δωματίων



χαρακτηριστικά

- ενιαίοι χώροι μεγάλου ύψους σε ελεύθερη κάτοψη
- μικρές σε σχέση με τον όγκο απαιτήσεις αερισμού – εξαερισμού
- σημαντικά εσωτερικά φορτία, κυρίως αισθητά (φωτισμός, συσκευές)
- ύπαρξη ψυγείων (κρύες περιοχές κοντά στα ψυγεία)
- η υψηλή υγρασία του χώρου επιβαρύνει τα ψυγεία !
- περιοχές που απαιτούν ειδικό χειρισμό του αέρα (κρύες περιοχές ψυγείων, περιοχές ευαίσθητων προϊόντων, οσμές)
- ειδική αντιμετώπιση στην περιοχή των ταμείων (υψηλή συγκέντρωση ατόμων)



Ζεστά νερά χρήσης

απαραίτητη θερμική ισχύς για λειτουργία μιας θέσης ντους (W)
17500

$$Q = \dot{m} C_p \Delta\theta$$

— \dot{m} — παροχή (0,13 kg/s)
 — C_p — ειδική θερμότητα νερού (4200 J/kg K)
 — $\Delta\theta$ — διαφορά θερμοκρασίας (40 K) προσαγωγή (40°C) – δίκτυο (8°C)

- η απαίτηση θερμικής ισχύος για την κάλυψη των απαιτήσεων παραγωγής ζεστού νερού χρήσης είναι σημαντική (στα μικρά οικιακά συστήματα είναι μεγαλύτερη από αυτή για τη θέρμανση χώρου).
- απαραίτητη η αποθήκευση

ενεργειακή απαίτηση για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης σε τετραμελή οικογένεια (kJ)
35300

$$E_{th} = m C_p \Delta\theta$$

— m — ημερήσια κατανάλωση νερού θερμοκρασίας 50 °C (50 kg/άτομο x 4 άτομα = 200 kg)
 — C_p — ειδική θερμότητα νερού (4,2 kJ/kg K)
 — $\Delta\theta$ — διαφορά θερμοκρασίας (42 K) προσαγωγή (50°C) – δίκτυο (8°C)

10 kWh

1 L πετρελαίου

οι ενεργειακές απαιτήσεις για την παραγωγή ΖΝΧ είναι σημαντικές (πολύ περισσότερο μάλιστα εάν συνυπολογιστούν απώλειες δικτύου και αποδόσεις του συστήματος παραγωγής)

Παρασκευαστήρες ΖΝΧ τοπικοί

(το ζεστό νερό χρήσης παράγεται πολύ κοντά στη θέση κατανάλωσης)
μικρό δίκτυο διανομής (μικρές απώλειες)

Κεντρικά συστήματα παραγωγής ΖΝΧ

(το ζεστό νερό χρήσης παράγεται κεντρικά και διανέμεται στις θέσεις κατανάλωσης)
μεγάλο δίκτυο διανομής (σημαντικές απώλειες)

Συστήματα και μονάδες χωρίς αποθήκευση

(τοπικά συστήματα και κεντρικά συστήματα)
μικρός όγκος – μεγάλη ισχύς
μικρή κατανάλωση ή μεγάλη θερμική ισχύς με πολύ καλά υπολογισμένους ετεροχρονισμούς

Συστήματα με αποθήκευση

(τοπικά συστήματα και κεντρικά συστήματα)
μεγάλος όγκος – μικρή ισχύς
καλά υπολογισμένο ζεύγος αποθήκης - ισχύος

Πηγές (όχι μόνο μία)

διατάξεις λεβήτων – καυστήρων
(κοινά με τα συστήματα θέρμανσης ή όχι)

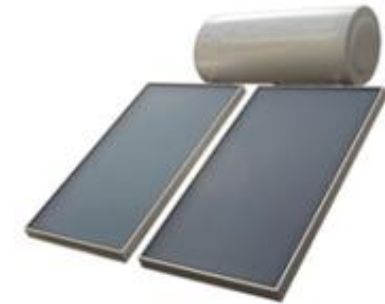
ηλεκτρισμός (αντιστάσεις)

συμπαγωγή – τηλεθέρμανση (με τη θέρμανση)

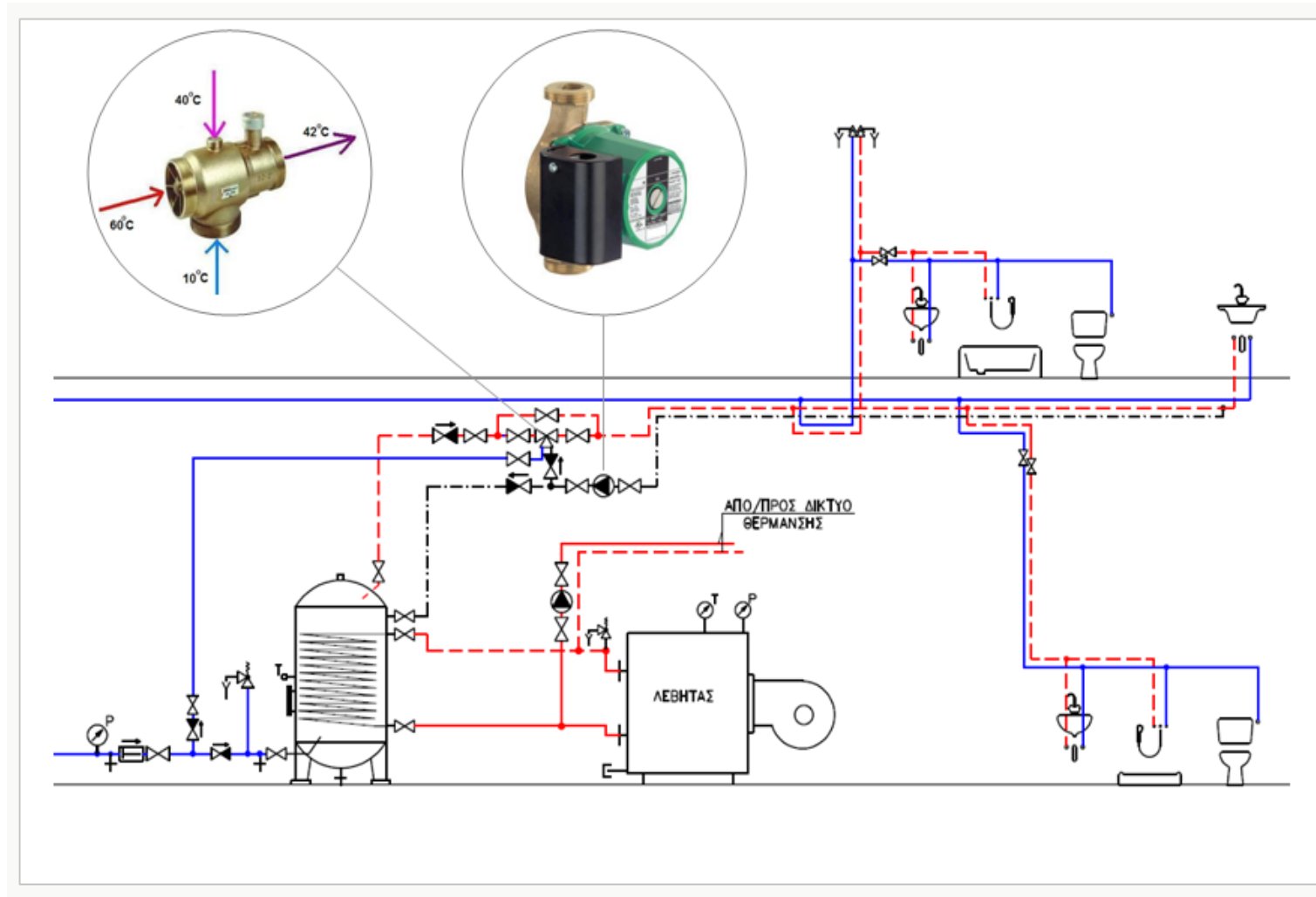
αντλίες θερμότητας (ηλεκτρισμός)

ήλιος

κυκλώματα ανακτήσεων



Ζεστά νερά χρήσης



2^ο μέρος

- ελαχιστοποίηση της ζήτησης
ελαχιστοποίηση φορτίων κτιρίου
συστήματα διανομής - θερμοκρασίες διανομής
θερμομονώσεις δικτύων
αυτοματισμοί
συστήματα διανομής μεταβαλλόμενης παροχής
περιορισμός ζήτησης στο ZNX
βοηθητική ενέργεια: αντλίες και ανεμιστήρες
ανακτήσεις στα κυκλώματα αέρα
economizing και free cooling
ανακτήσεις στα κυκλώματα ψυκτικού μέσου
 - αποθήκευση θερμότητας
 - βιοκαύσιμα
 - θερμικά ηλιακά συστήματα
για θέρμανση χώρου και ZNX
για την ψύξη χώρων
 - συστήματα αντλιών θερμότητας
με πηγή τον αέρα
συζευγμένα σε κλειστά κυκλώματα νερού
γεωθερμικά συστήματα αντλιών θερμότητας
κίνηση των αντλιών θερμότητας

Πρωτογενής ενέργεια και συντελεστές μετατροπής

ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ : Η μορφή ενέργειας που συναντάται στη φύση και δεν έχει υποστεί μετατροπή. Είναι η ενέργεια που περιέχεται στα καύσιμα όπως τα συναντάμε στη φύση και που θεωρείται σαν εισερχόμενη ενεργειακή ροή στα συστήματα. Μπορεί να είναι μη ανανεώσιμη ή ανανεώσιμη.

Κ.Εν.Α.Κ.

Πηγή ενέργειας	Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια	Εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας (kgCO ₂ /kWh)
Φυσικό αέριο	1,05	0,196
Πετρέλαιο θέρμανσης	1,10	0,264
Ηλεκτρική ενέργεια	2,90	0,989
Υγραέριο	1,05	0,238
Βιομάζα	1,00	---
Τηλεθέρμανση από Δ.Ε.Η.	0,70	0,347

Πίνακας 1.2. Συντελεστής αναγωγής της κατανάλωσης ενέργειας του κτηρίου σε πρωτογενή ενέργεια.

ΠΡΟΣΟΧΗ : Όταν 1 μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας καταναλώνεται στο κτίριο αντιστοιχεί σε πρωτογενή ενέργεια 2,9 μονάδων. Όταν παράγεται στο κτίριο (πχ φωτοβολταικά) αντιστοιχεί σε 1,0 μονάδα πρωτογενούς ενέργειας.

ελαχιστοποίηση φορτίων

κέλυφος - θέρμανση

μονώσεις στα αδιαφανή στοιχεία (πάχος και θέση της μόνωσης)
θερμογέφυρες
υαλοστάσια: χαμηλές θερμικές απώλειες - υψηλά ηλιακά κέρδη
κουφώματα
αερισμός: φυσικός ή μηχανικός ?
παθητικά ηλιακά συστήματα

κέλυφος - ψύξη

μονώσεις στα αδιαφανή στοιχεία
ηλιοπροστασία - σκιάσεις
υαλοστάσια : χαμηλές απώλειες αποτελεσματικές σκιάσεις
κουφώματα
αερισμός: φυσικός ή μηχανικός ?
φυσικός δροσισμός
επιλογές φωτισμού με μικρά θερμικά κέρδη

επιλογή συστήματος διανομής

θέρμανση

προτιμώ συστήματα διανομής χαμηλών θερμοκρασιών
(ιδανικά προσαγωγή 35 -40°C) για :

- να έχω αποδοτικότερη παραγωγή θερμότητας
- να περιορίσω τις απώλειες της διανομής

**ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ ΧΑΜΗΛΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ
ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΕΣ ΘΕΡΜΑΝΣΕΙΣ – ΘΕΡΜΑΝΣΕΙΣ ΟΡΟΦΗΣ ΚΑΙ ΤΟΙΧΩΝ
ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΕΡΑ (FAN COILS - ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ)**

ψύξη

προτιμώ συστήματα διανομής υψηλών θερμοκρασιών
(προσαγωγή > 9°C εάν το επιτρέπουν οι απαιτήσεις αφύγρανσης)
για:

- να έχω αποδοτικότερη παραγωγή ψύξης

**ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΕΡΑ (FAN COILS - ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ)
ΨΥΧΟΜΕΝΑ ΔΑΠΕΔΑ, ΨΥΧΟΜΕΝΕΣ ΟΡΟΦΕΣ, CHILLED BEAMS**

Θερμικές απώλειες δικτύων διανομής

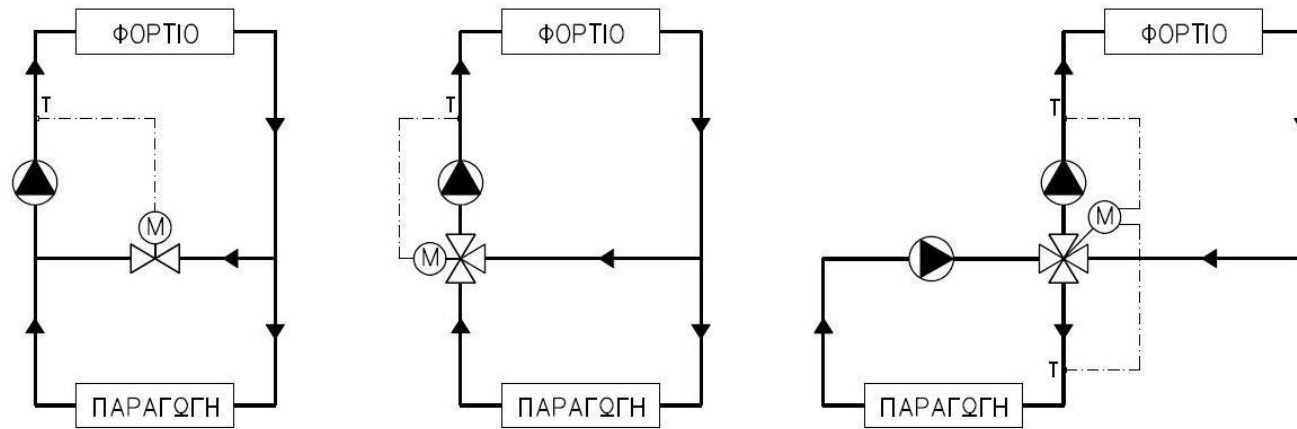
Θερμικές απώλειες (W/m) σε σωλήνα Cu28x1.2 σε στάσιμο αέρα θερμοκρασίας 20°C			
	θερμοκρασία νερού		
	80 °C	60 °C	40 °C
Αμόνωτος Σωλήνας	82,6	55,1	27,5
Σωλήνας με μόνωση 20mm	14,8	9,9	4,3
Σωλήνας με μόνωση 30mm	11,8	7,9	3,9

Θερμομονώνουμε σωληνώσεις και αεραγωγούς ώστε:

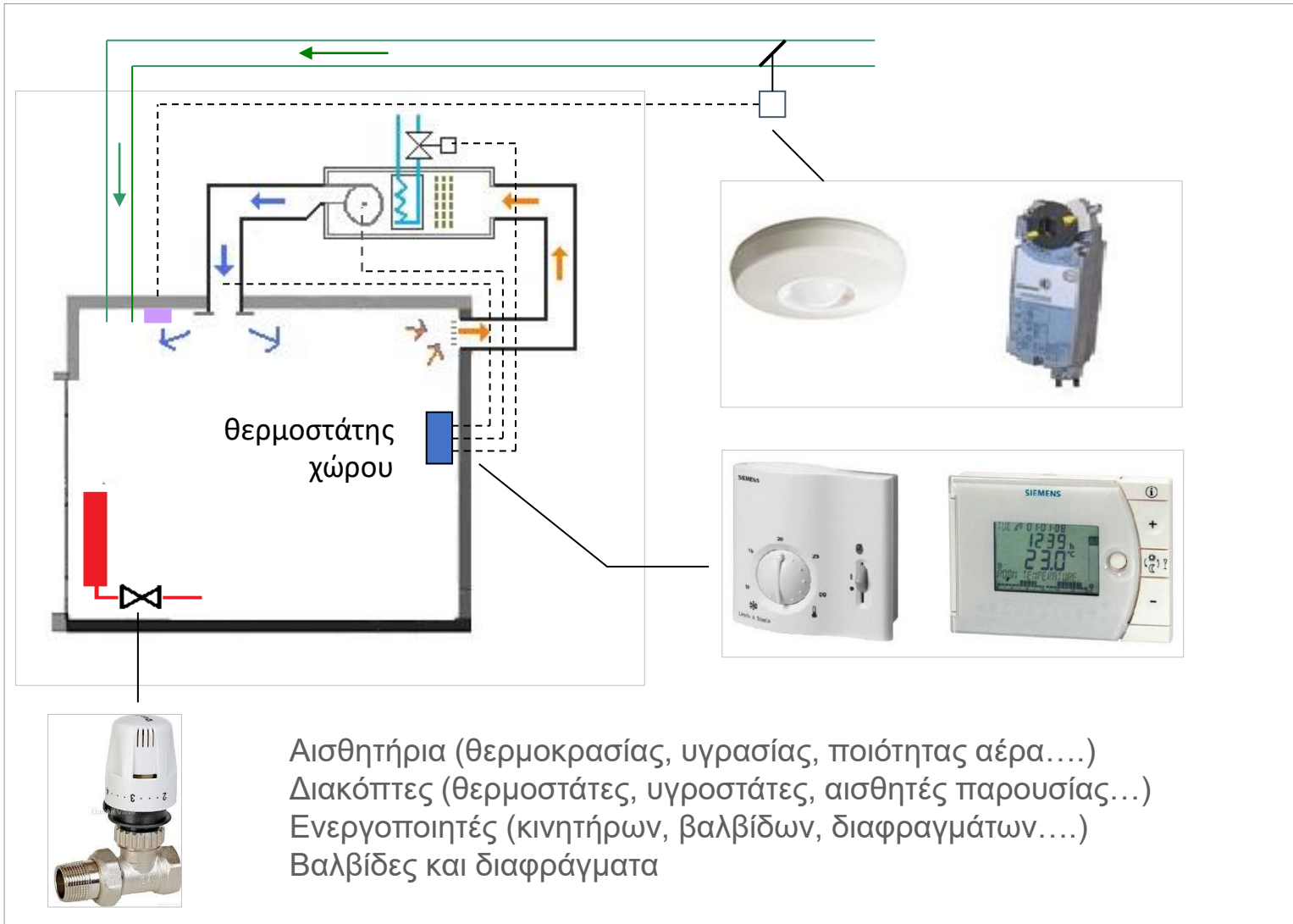
- να περιορίσουμε τις θερμικές απώλειες (θέρμανση) ή τα θερμικά κέρδη (ψύξη)
- να περιορίσουμε τον κίνδυνο από εγκαύματα στην επαφή με τα δίκτυα (θέρμανση)
- να αποφύγουμε την εφίδρωση στις εξωτερικές επιφάνειες (ψύξη)
- να περιορίσουμε τη μεταφορά θορύβων από τα ρευστά προς τους χώρους



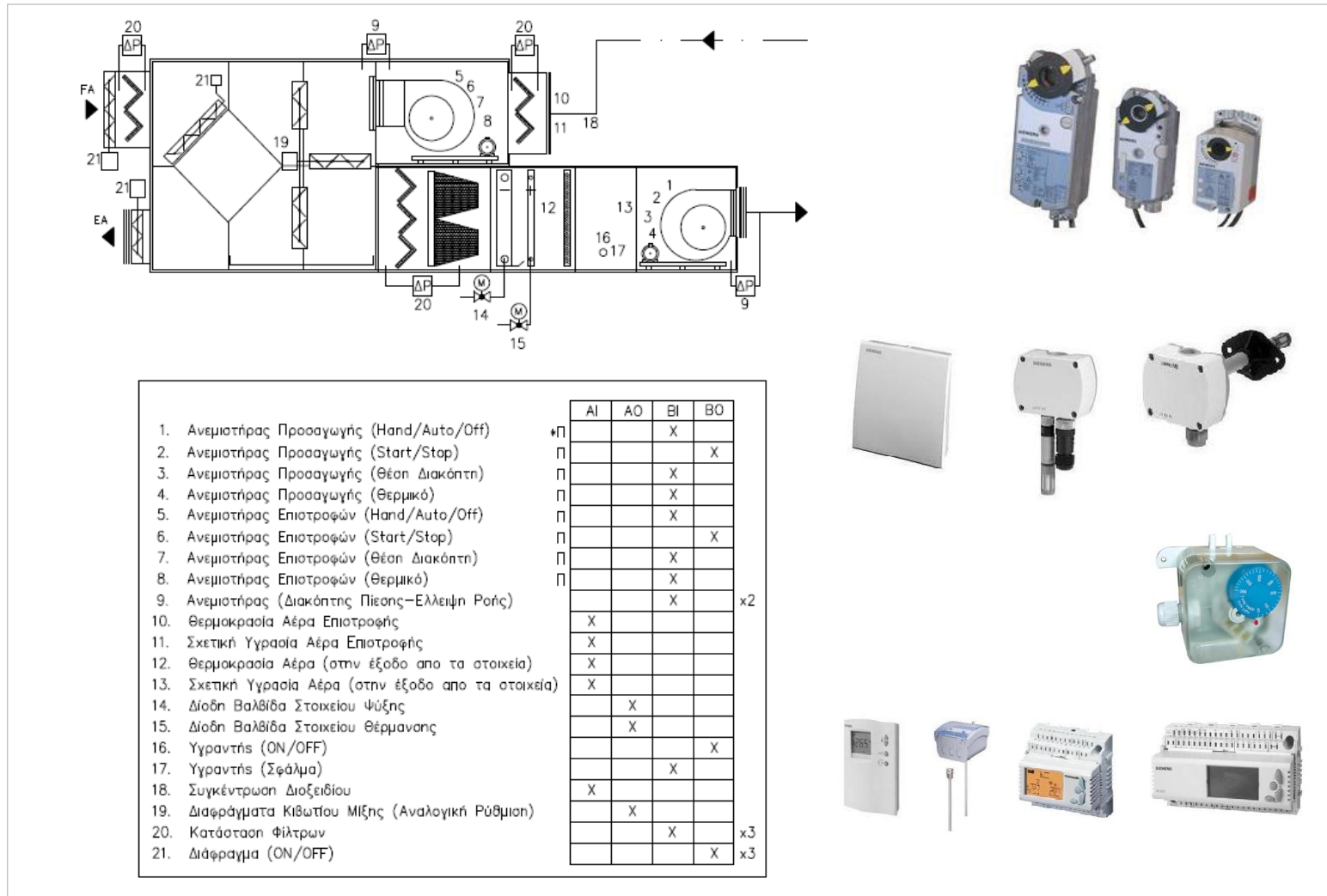
βαλβίδες ανάμιξης ελέγχου βρόγχων (δίοδες, τριοδες, τετράοδες)



ρύθμιση
θερμοκρασιών
διανομής

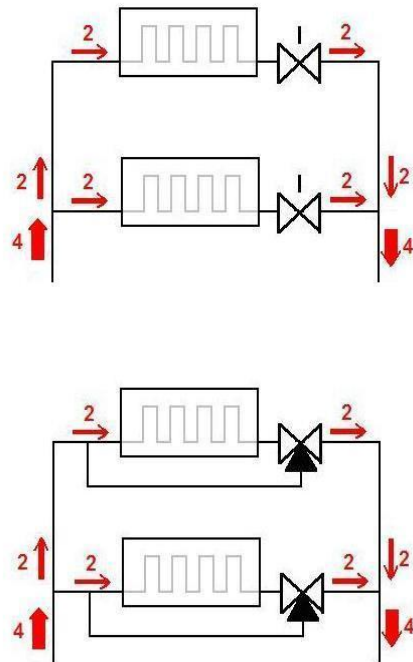


αυτοματισμοί
σε επίπεδο
ζώνης

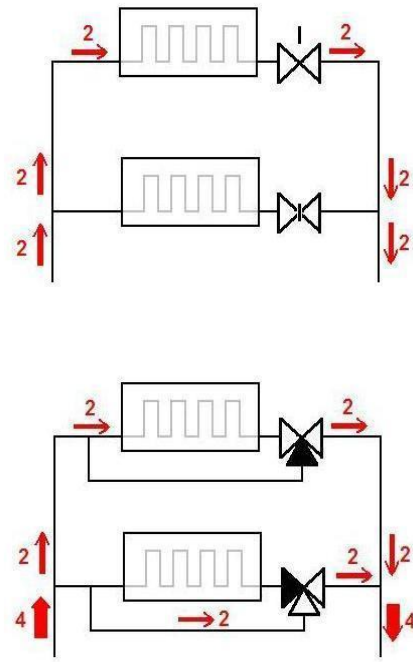


αυτοματισμοί
σε επίπεδο
ζώνης

βαλβίδες έλεγχου απόδοσης τερματικών μονάδων (δίοδες και τριόδες)



Διανομή
μεταβαλλόμενης
παροχής

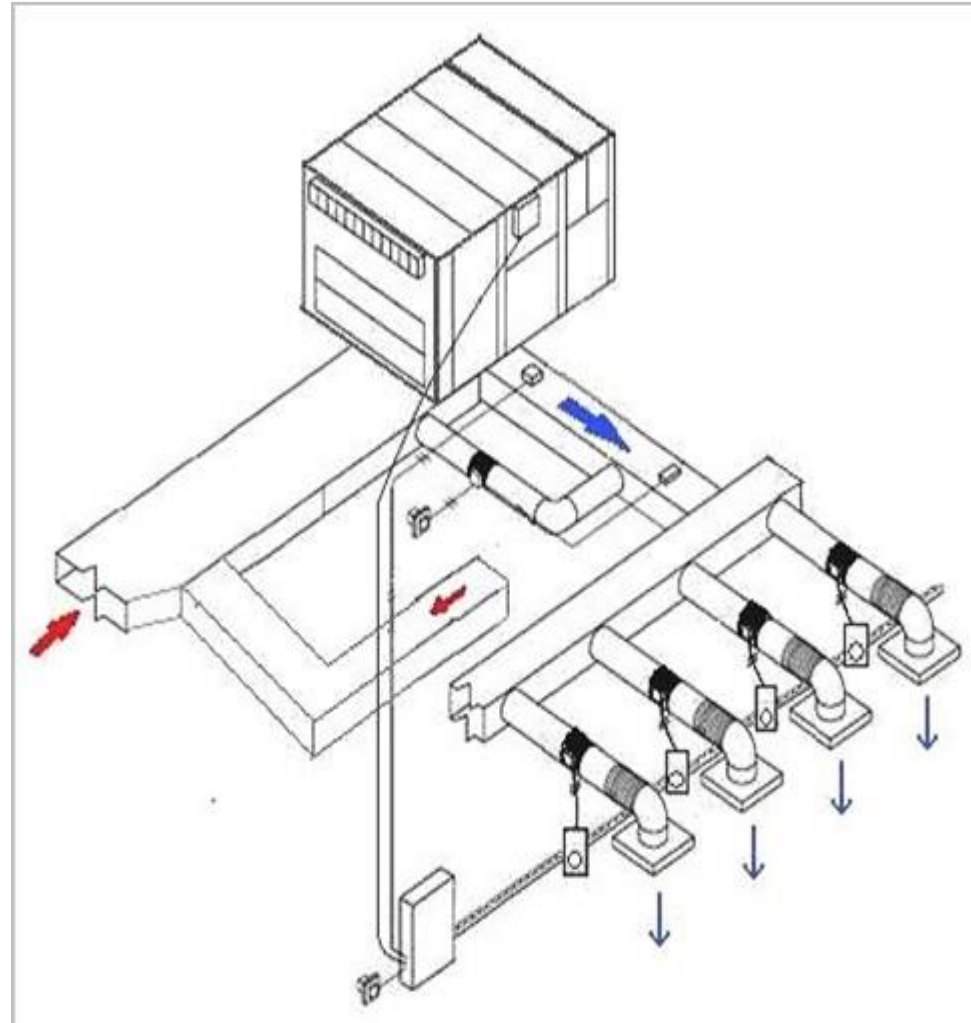


Διανομή
σταθερής
παροχής

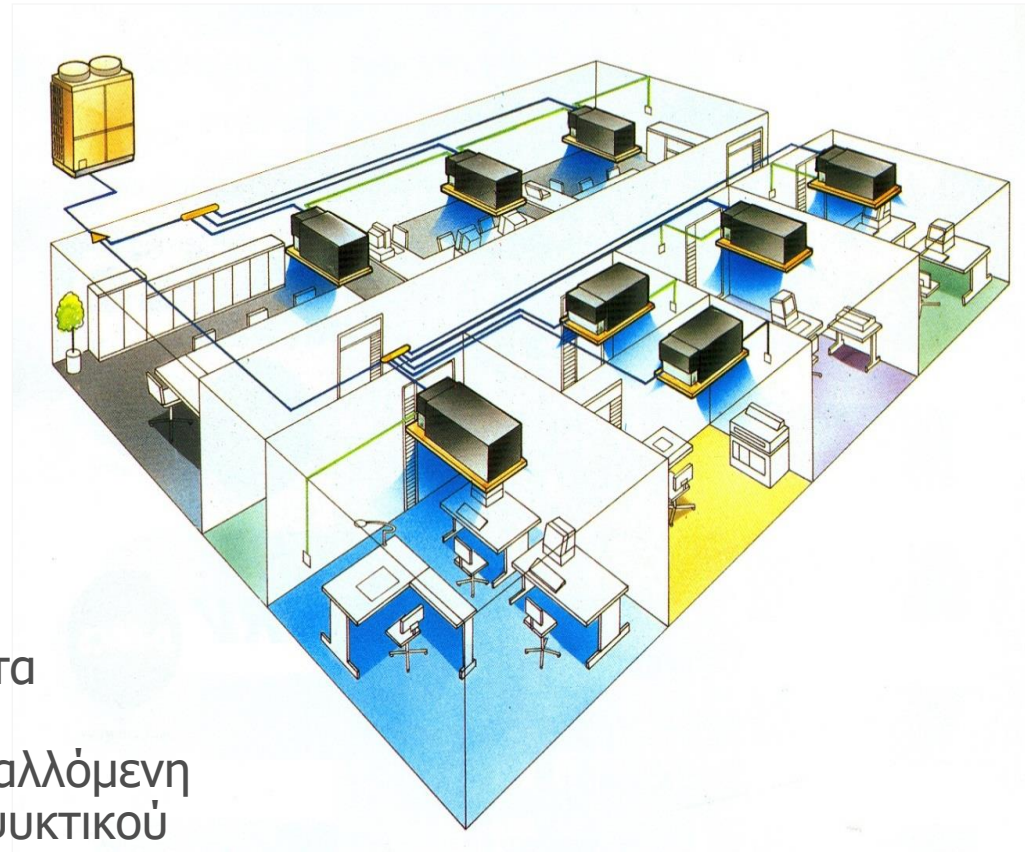


συστήματα
διανομής
με μεταβαλλόμενη
παροχή νερού

Περιορισμός της ζήτησης σε συστήματα HVAC



συστήματα
διανομής
με μεταβαλλόμενη
παροχή αέρα



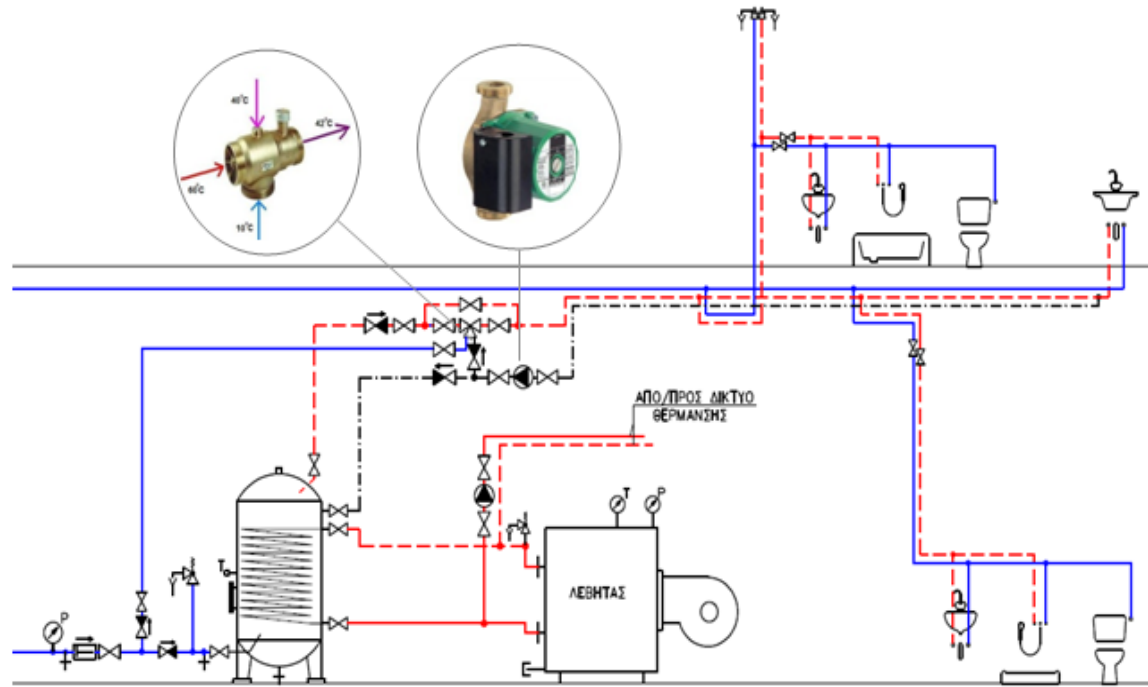
συστήματα
διανομής
με μεταβαλλόμενη
παροχή ψυκτικού
μέσου

VRF ή VRV

- απευθείας εκτόνωσης εξοπλισμός
- μικρά σε έκταση συστήματα (τα μεγάλα στήνονται με πολλαπλά μικρότερα)
- εκμεταλλεύεται πολύ καλά τους ετεροχρονισμούς
- θέρμανση / ψύξη ταυτόχρονα
- απλότητα στην εγκατάσταση (ιδιαίτερα χρήσιμο σε ανακατασκευές)
- εξαιρετικά οικονομικό στη λειτουργία
- δε χειρίζεται νωπό αέρα (?)
- «κλειστό» σύστημα ως προς εναλλακτικούς προμηθευτές

μέτρα περιορισμού των απωλειών

- εάν είναι δυνατή εφαρμογή τοπικών συστημάτων
- εγκατάσταση θερμοστατικών μπαταριών
- μείωση του μήκους των δικτύων διανομής (παροχή και ανακυκλοφορία) και καλές και σχολαστικές μονώσεις
- θερμοστατική βαλβίδα ανάμιξης στην προσαγωγή
- θερμομόνωση θερμαντήρων
- μείωση θερμοκρασίας αποθήκευσης (προσοχή στη λεγιονέλα)
- προγραμματισμός
 - παραγωγής
 - ανακυκλοφορίας

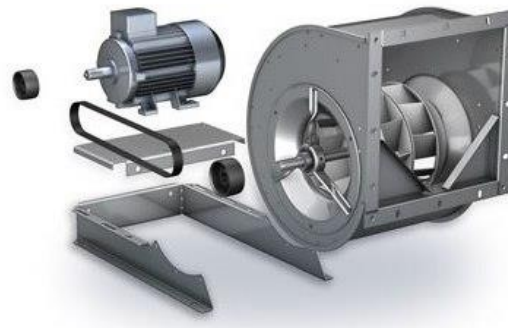


έρευνες έχουν
καταδείξει
απώλειες κεντρικών
συστημάτων έως
και το 60% της
συνολικής
κατανάλωσης
ενέργειας

κίνηση υγρών : αντλίες / κυκλοφορητές



κίνηση αέρα: ανεμιστήρες



βοηθητική
ενέργεια

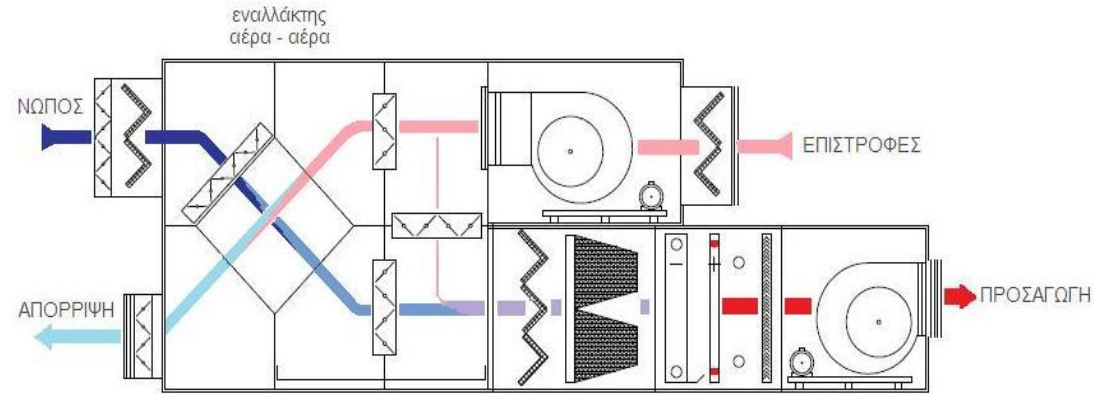
Δεν ξεχνώ ότι η ενέργεια για την κίνηση υγρών και αέρα στη διανομή είναι:

- ηλεκτρική, δηλαδή ενέργεια «υψηλής ποιότητας»
- είναι σημαντική (ιδιαίτερα στις εγκαταστάσεις κλιματισμού)

Μειώνω τη βοηθητική ενέργεια:

- σχεδιάζοντας «άνετα» δίκτυα διανομής (σωληνώσεις και αεραγωγούς)
- επιλέγοντας συστήματα διανομής μεταβαλλόμενης παροχής
- επιλέγοντας αντλίες και ανεμιστήρες στα βέλτιστα σημεία λειτουργίας
- εγκαθιστώντας κινητήρες υψηλής απόδοσης
- χρησιμοποιώντας INVERTERS και κινητήρες EC

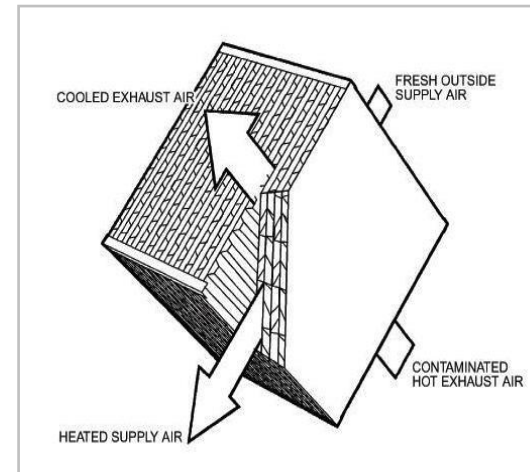
πλακοειδείς εναλλάκτες αέρα – αέρα



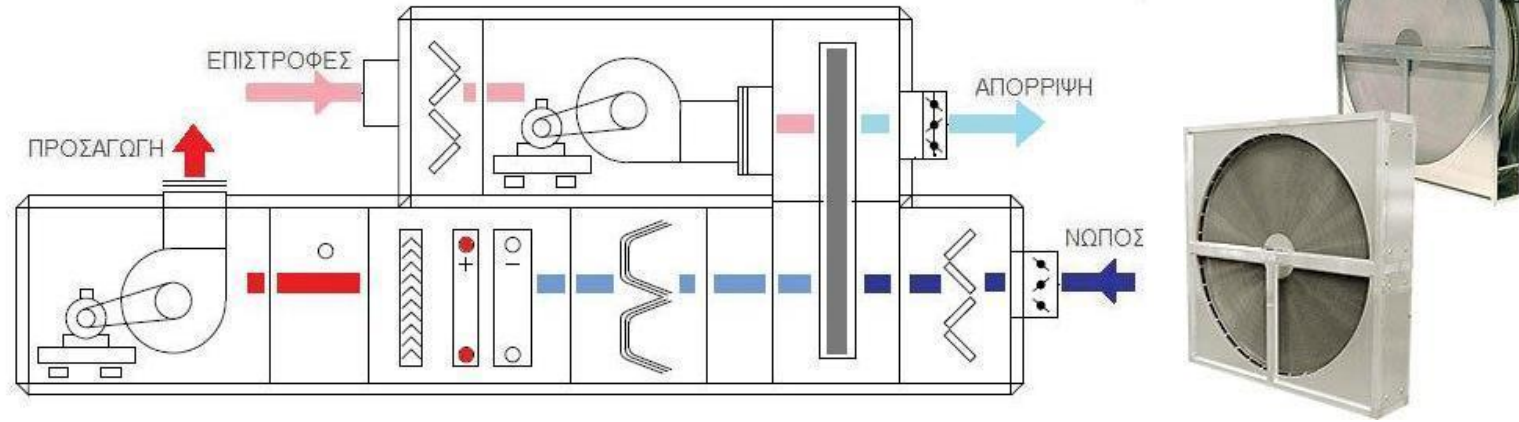
ανακτήσεις
στα κυκλώματα
αέρα

- απλός και σχετικά χαμηλού κόστους εξοπλισμός
- ανάκτηση αισθητής (και λανθάνουσας θερμότητας)
- αποδόσεις 40 – 80 %
- αύξηση ισχύος ανεμιστήρων
- πολύ μικρές διαρροές από το ένα ρεύμα στο άλλο
- ογκώδεις κατασκευές

ΠΡΟΣΟΧΗ : υπολογισμοί απόδοσης και απωλειών πίεσης / πάγωμα / διάφραγμα παράκαμψης



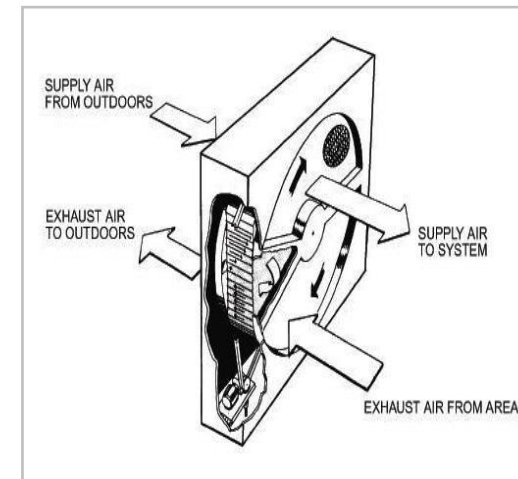
αναγεννητικοί εναλλάκτες αέρα τύπου τροχού (rotary wheel exchangers)



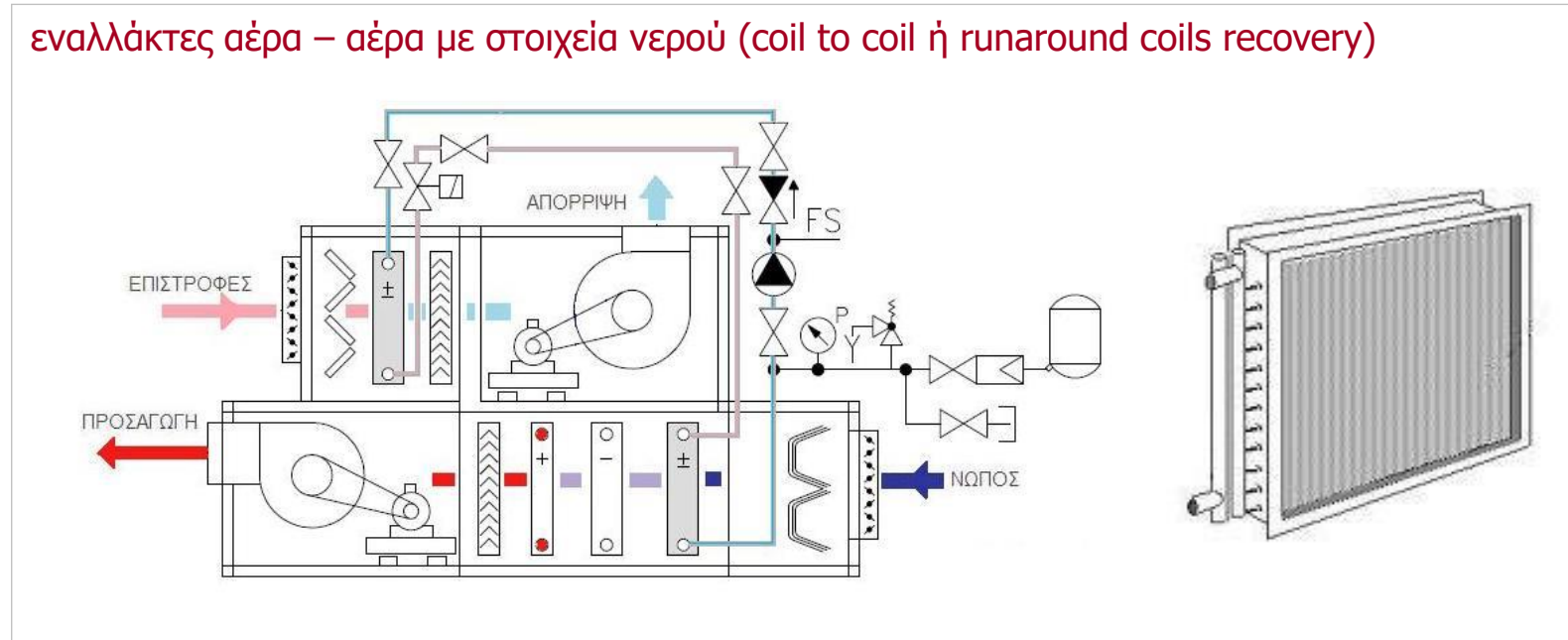
ανακτήσεις
στα κυκλώματα
αέρα

- σύνθετος εξοπλισμός σχετικά υψηλό κόστος
- ανάκτηση αισθητής και **λανθάνουσας** θερμότητας
- αποδόσεις 65 – 80 %
- αύξηση ισχύος ανεμιστήρων
- διαρροές από το ένα ρεύμα στο άλλο
- ογκώδεις κατασκευές

ΠΡΟΣΟΧΗ : υπολογισμοί απόδοσης και απωλειών πίεσης / έλεγχος στροφών



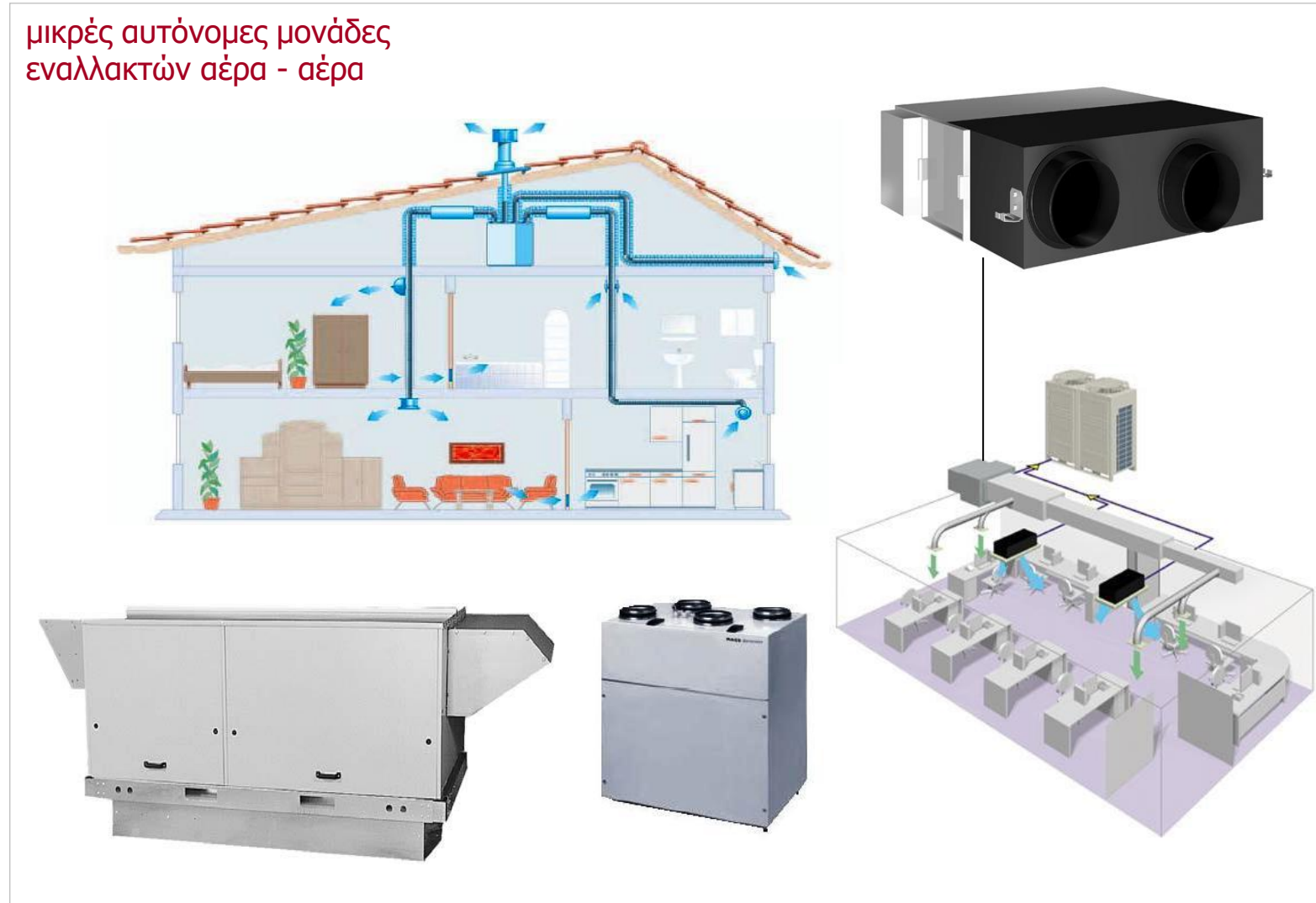
εναλλάκτες αέρα – αέρα με στοιχεία νερού (coil to coil ή runaround coils recovery)



ανακτήσεις
στα κυκλώματα
αέρα

- απλός και σχετικά χαμηλού κόστος εξοπλισμός
- ανάκτηση αισθητής θερμότητας
- αποδόσεις 40 – 60 %
- όχι διαρροές – εφαρμοσιμότητα και σε ρεύματα που βρίσκονται σε απόσταση μεταξύ τους
- αύξηση ισχύος ανεμιστήρων
- μικρότερος όγκος
- πολυπλοκότερη διάταξη (κυκλοφορητές, δοχείο διαστολής, έλεγχος, κλπ)

μικρές αυτόνομες μονάδες
εναλλακτών αέρα - αέρα



ανακτήσεις
στα κυκλώματα
αέρα

Περιορισμός της ζήτησης - ανακτήσεις

ανακτήσεις στα κυκλώματα αέρα

γενικά

διατάξεις ανάκτησης εφαρμόζονται

- ▶ όταν οι διαφορές θερμοκρασίας ή ενθαλπίας μεταξύ του απορριπτόμενου και του απαιτούμενου προς προσαγωγή ρευμάτων είναι σημαντική για μεγάλες χρονικές περιόδους κατά τη λειτουργία των συστημάτων
- ▶ οι ποσότητες αέρα είναι σημαντικές
- ▶ εάν ληφθούν μέτρα ώστε να περιοριστεί η επί πλέον καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια

το βασικό δεν είναι η απόδοση της ανάκτησης αλλά πόσο είναι αυτό που θα ανακτηθεί και εάν είναι μεγαλύτερο από το ηλεκτρικό που θα ξοδευτεί στους ανεμιστήρες

HRV - διατάξεις ανάκτησης θερμότητας

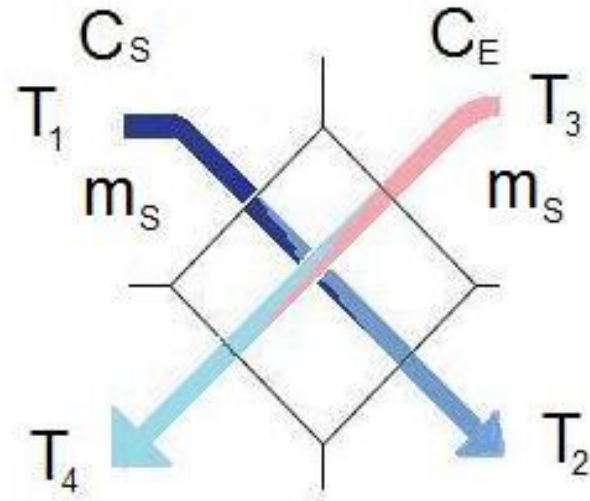
- ▶ σχετικά ξηρό εξωτερικό κλίμα όλο το χρόνο
 - σημαντικά εσωτερικά λανθάνοντα φορτία το καλοκαίρι
 - το χειμώνα δεν ενδιαφέρει η σχετική υγρασία ή υπάρχουν σημαντικά λανθάνοντα φορτία ή η ύγρανση είναι ανέξοδη ή χαμηλού κόστους
 - υπάρχει ρύπανση του ρεύματος απόρριψης
 - χώροι πισίνας

ERV - διατάξεις ανάκτησης ενθαλπίας (θερμότητας και υγρασίας)

- ▶ χώροι με απαιτήσεις ρύθμισης υγρασίας, σε ιδιαίτερα υγρό περιβάλλον

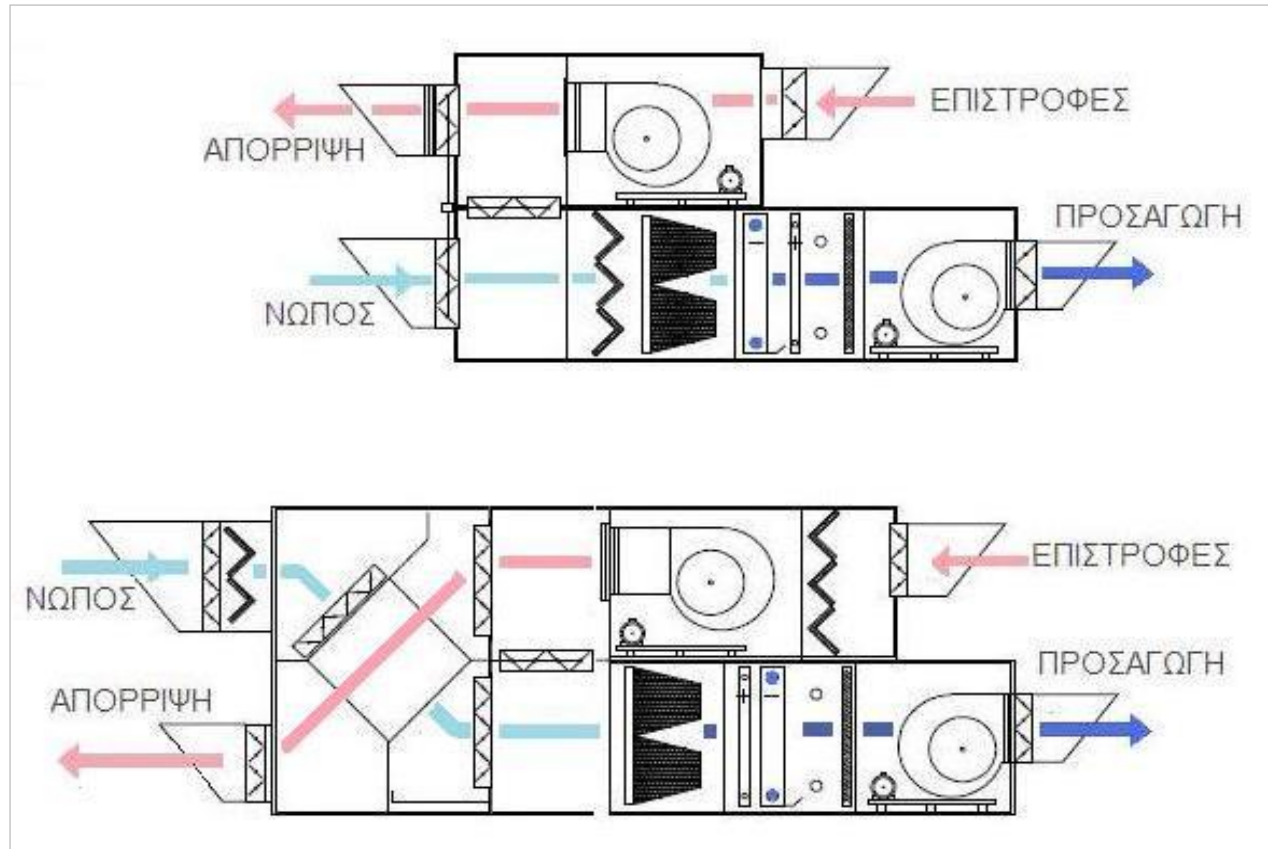
Περιορισμός της ζήτησης - ανακτήσεις

απόδοση εναλλάκτη = $\frac{\text{πραγματική θερμότητα (ή υγρασία) που ανταλλάσσεται}}{\text{μέγιστη δυνατή προς εναλλαγή}}$



$$\varepsilon = \frac{q_s}{q_{s,\max}} = \frac{m_s c_{ps} (T_2 - T_1)}{C_{\min} (T_3 - T_1)} = \frac{m_s c_{pe} (T_3 - T_4)}{C_{\min} (T_3 - T_1)}$$

ανακτήσεις
στα κυκλώματα
αέρα



economizing
και free cooling

- απλή διεργασία χωρίς επί πλέον κόστος εξοπλισμού
- εφαρμογή σε ψύξη με βάση διαφορά θερμοκρασίας ή ενθαλπίας
- προσοχή στην ολίσθηση των ανεμιστήρων
- προσοχή στην υπερπίεση στους χώρους

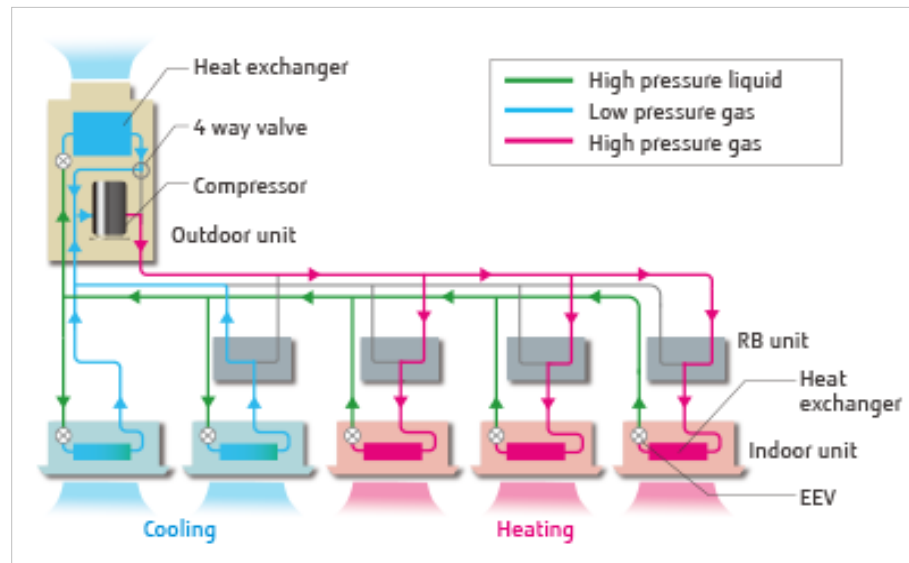
Περιορισμός της ζήτησης - ανακτήσεις

ανακτήσεις στα κυκλώματα ψυκτικού μέσου

- ψύκτες με ανάκτηση από τον υπερθερμαντήρα (desuperheater)
- αντλίες θερμότητας που όταν λειτουργούν σε ψύξη παράγουν θερμό νερό σε κύκλωμα μικρής ισχύος από ανάκτηση (μερική ανάκτηση)
- ψύκτες και αντλίες θερμότητας με ολική ανάκτηση (ταυτόχρονα παράγουν ψύξη και θέρμανση - «τετρασωλήνια μηχανήματα»)

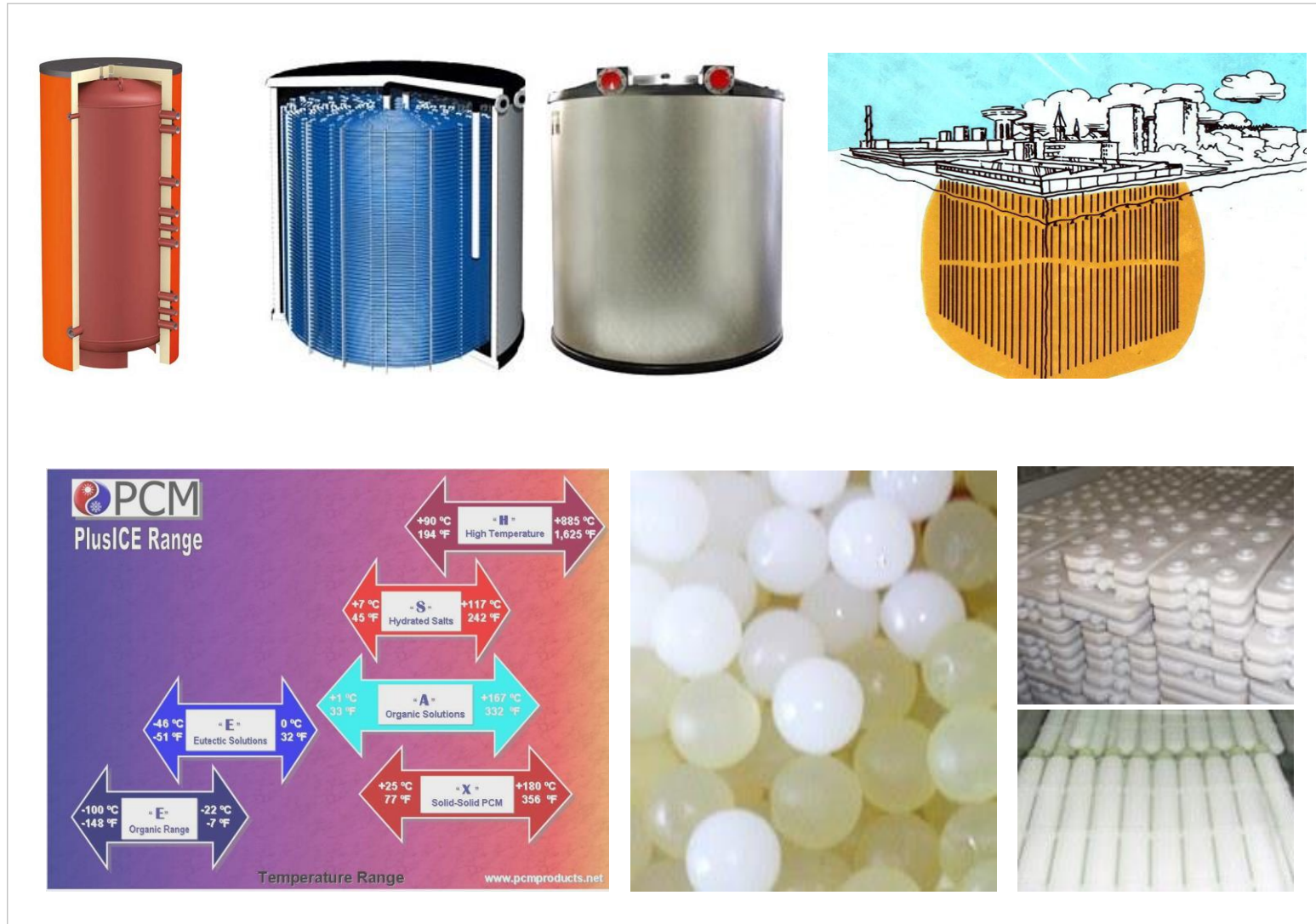
σε συστήματα VRF – VRV

- ταυτόχρονα θέρμανση και ψύξη στο ίδιο σύστημα
- παραγωγή θερμού νερού χρήσης όταν το σύστημα λειτουργεί σε ψύξη

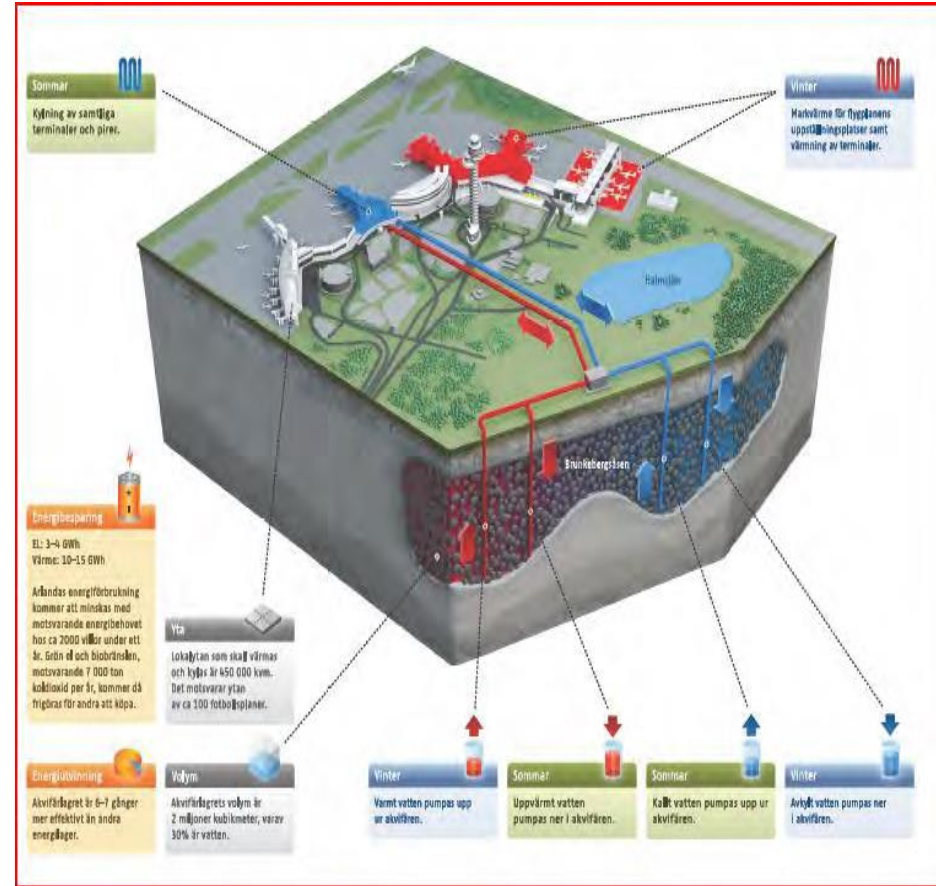


Εικόνα από
fujitsu-general.com

Αποθήκευση θερμότητας



σε ειδικό εξοπλισμό



στο υπέδαφος με κατακόρυφες γεωτρήσεις ή σε υπόγειες κοιλότητες

Πηγή : Göran Hellström – UTES Experiences from Sweden
Lund Univ. of Technology / NeoEnergy Sweden Ltd

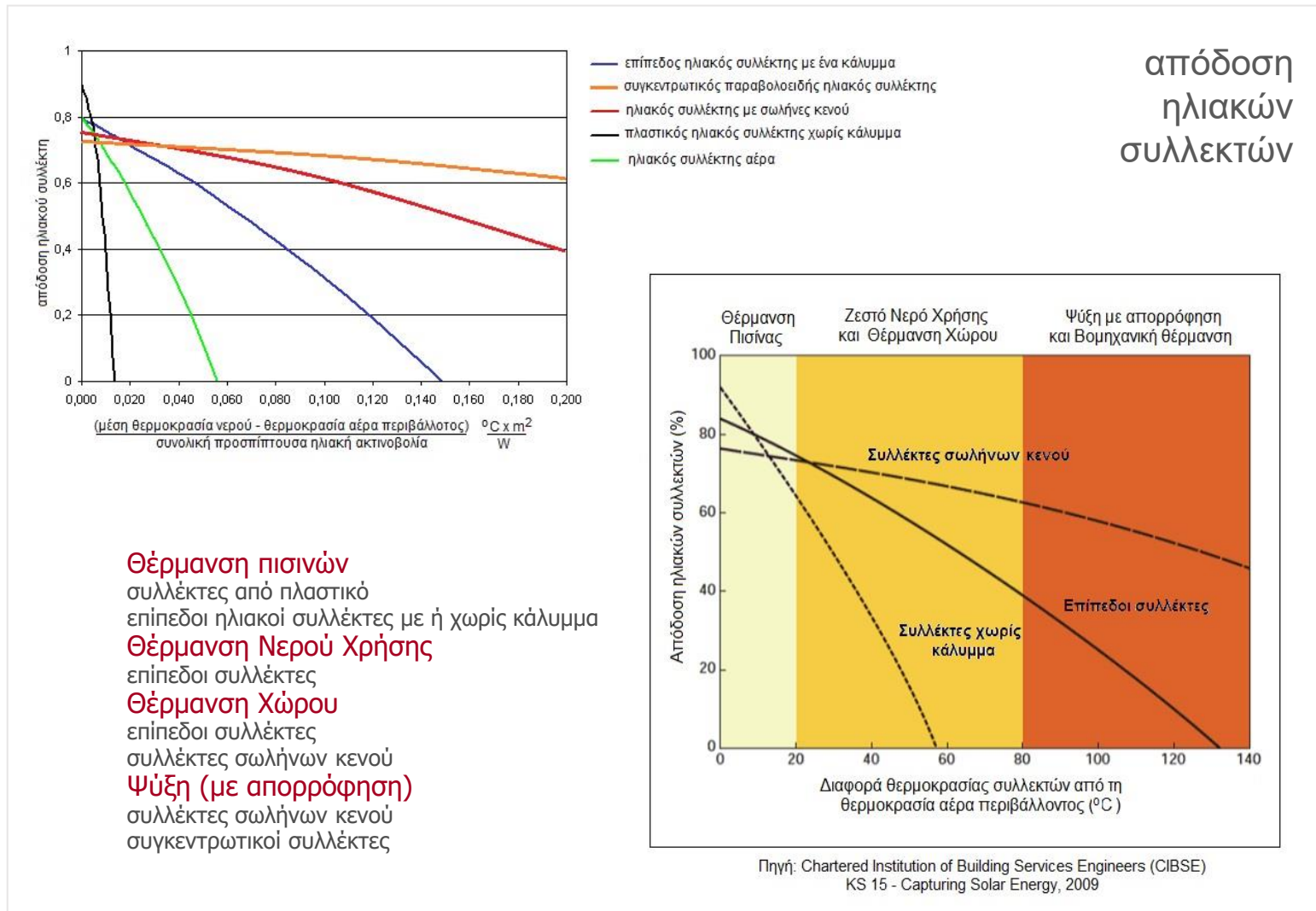
Καύσιμο	Παράγεται	Μορφή
Πετρέλαιο θέρμανσης (EL)	πετροχημική βιομηχανία	ΥΓΡΟ
Υγραέριο (LPG)	πετροχημική βιομηχανία	ΥΓΡΟ / ΑΕΡΙΟ
Φυσικό αέριο (NG)		ΥΓΡΟ
Βιοντίζελ	από φυτικά έλαια (βαμβάκι, ηλιάνθος, ελαιόκαμβρη, σόγια) και ζωικά λίπη	ΥΓΡΟ
Βιοαιθανόλη	από ζαχαρούχα, κυτταρινούχα και αμυλούχα φυτά (σιτηρά, αραβόσιτος, ζαχαρότευτλα κλπ)	ΥΓΡΟ
Βιοαέριο	από οργανικά, αγροτοβιομηχανικά, απόβλητα, υπολείμματα και από ενεργειακά φυτά	ΑΕΡΙΟ (κυρίως CH ₄)
Πέλλετες και Μπρικέτες	από υπολείμματα γεωργικών καλλιεργειών και επεξεργασίας ξύλου	ΣΤΕΡΕΟ
Βιοκαύσιμα Νέας Γενιάς	όλες οι μορφές που παράγονται από απόβλητη και υπολειματική βιομάζα ή από πρώτες ύλες που δε χρησιμοποιούνται για τροφές	Κατά περίπτωση

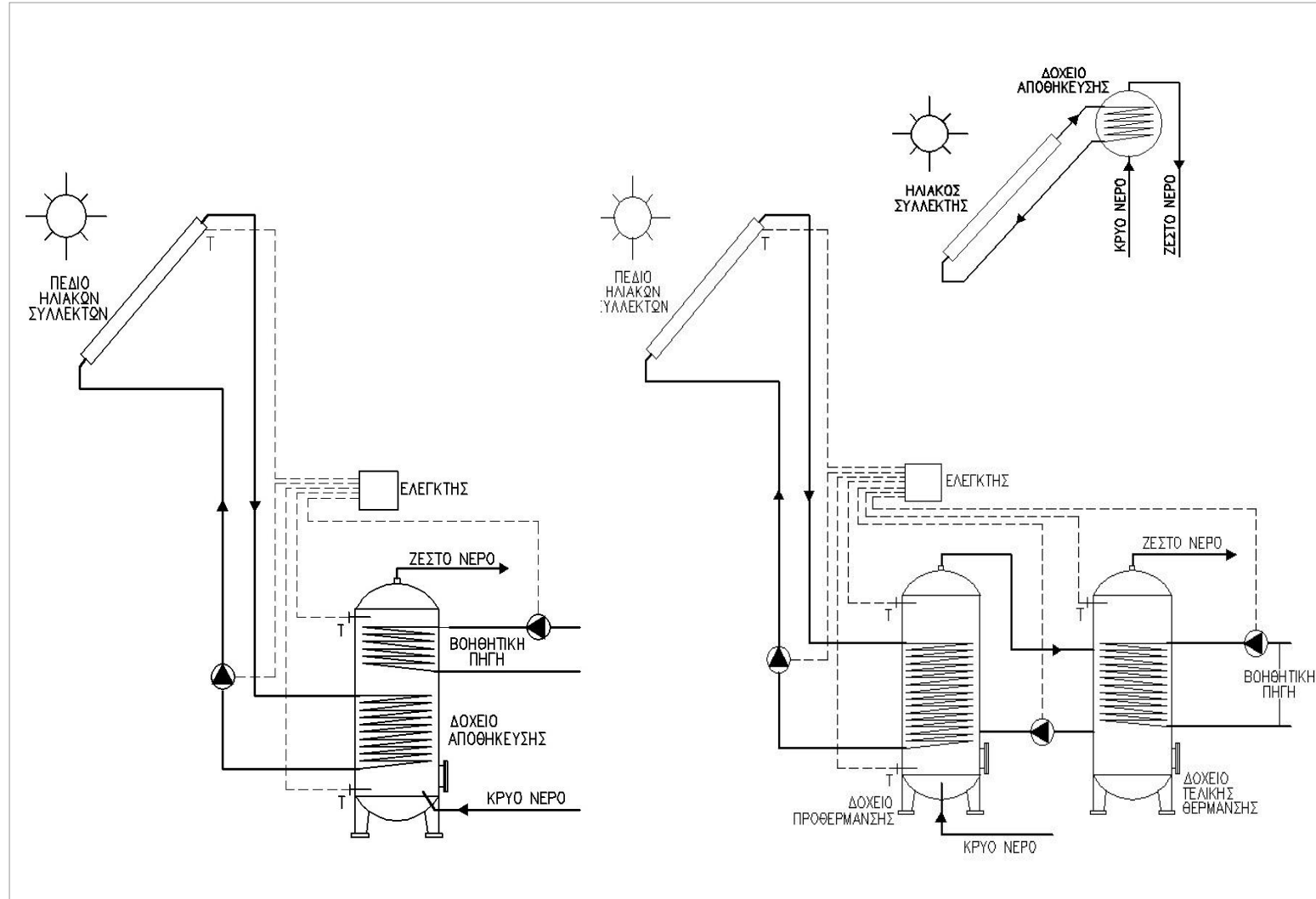
συμβατικά καύσιμα
και
βιοκαύσιμα

Προσοχή:
τα βιοκαύσιμα μηδενίζουν
τις εκπομπές CO₂,
όχι την πρωτογενή ενέργεια

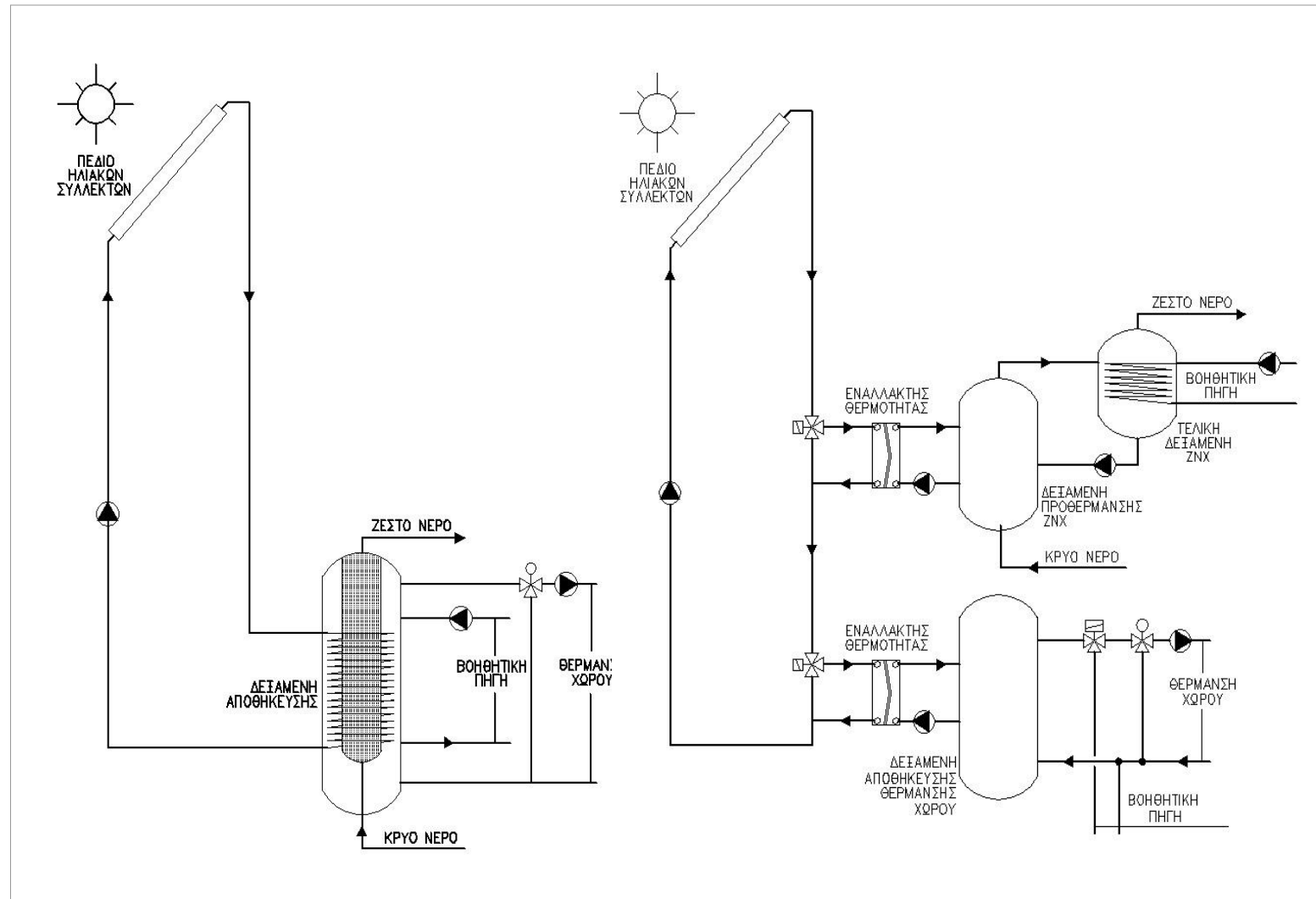


Θερμικά ηλιακά συστήματα

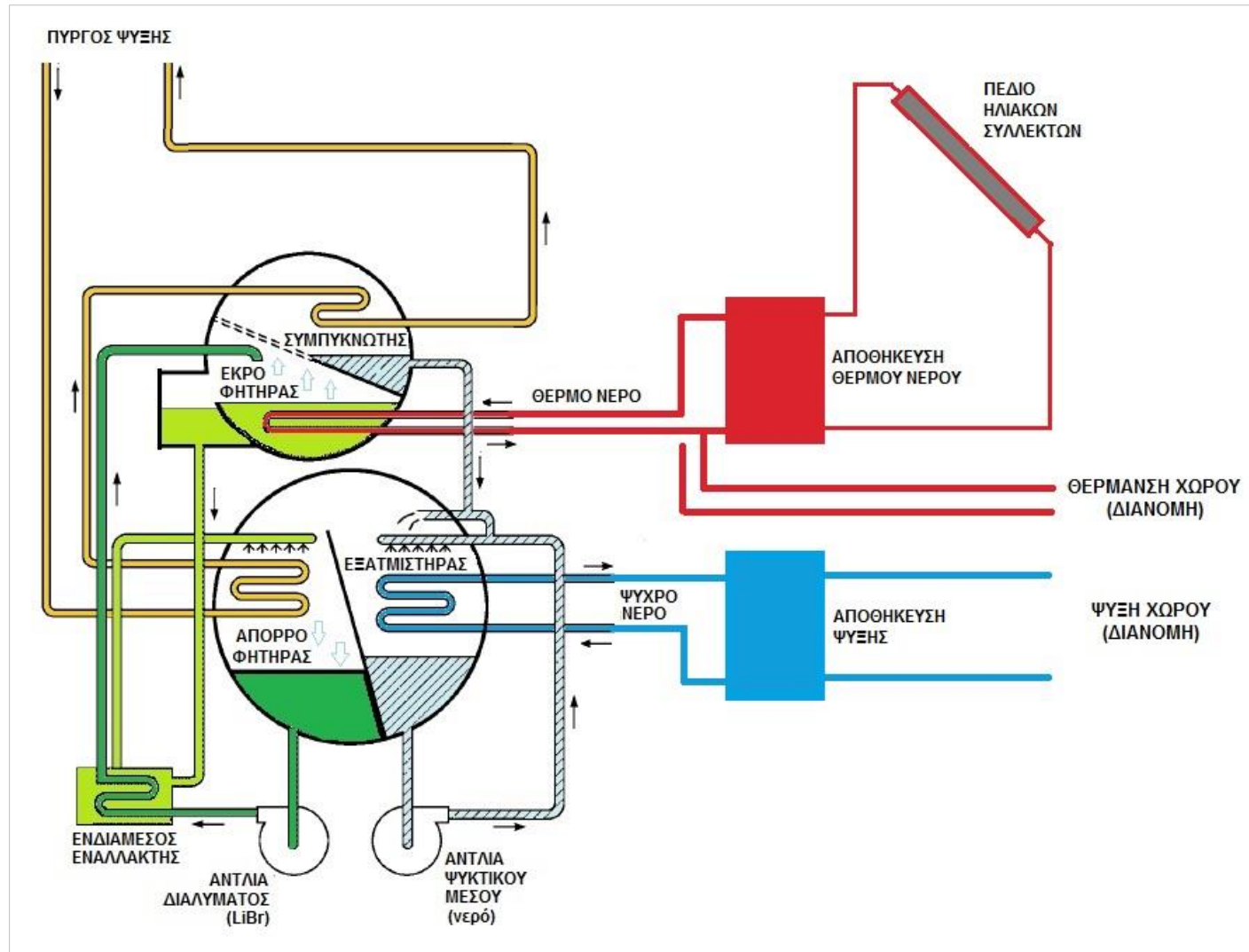




Θέρμανση
Ζεστού Νερού Χρήσης

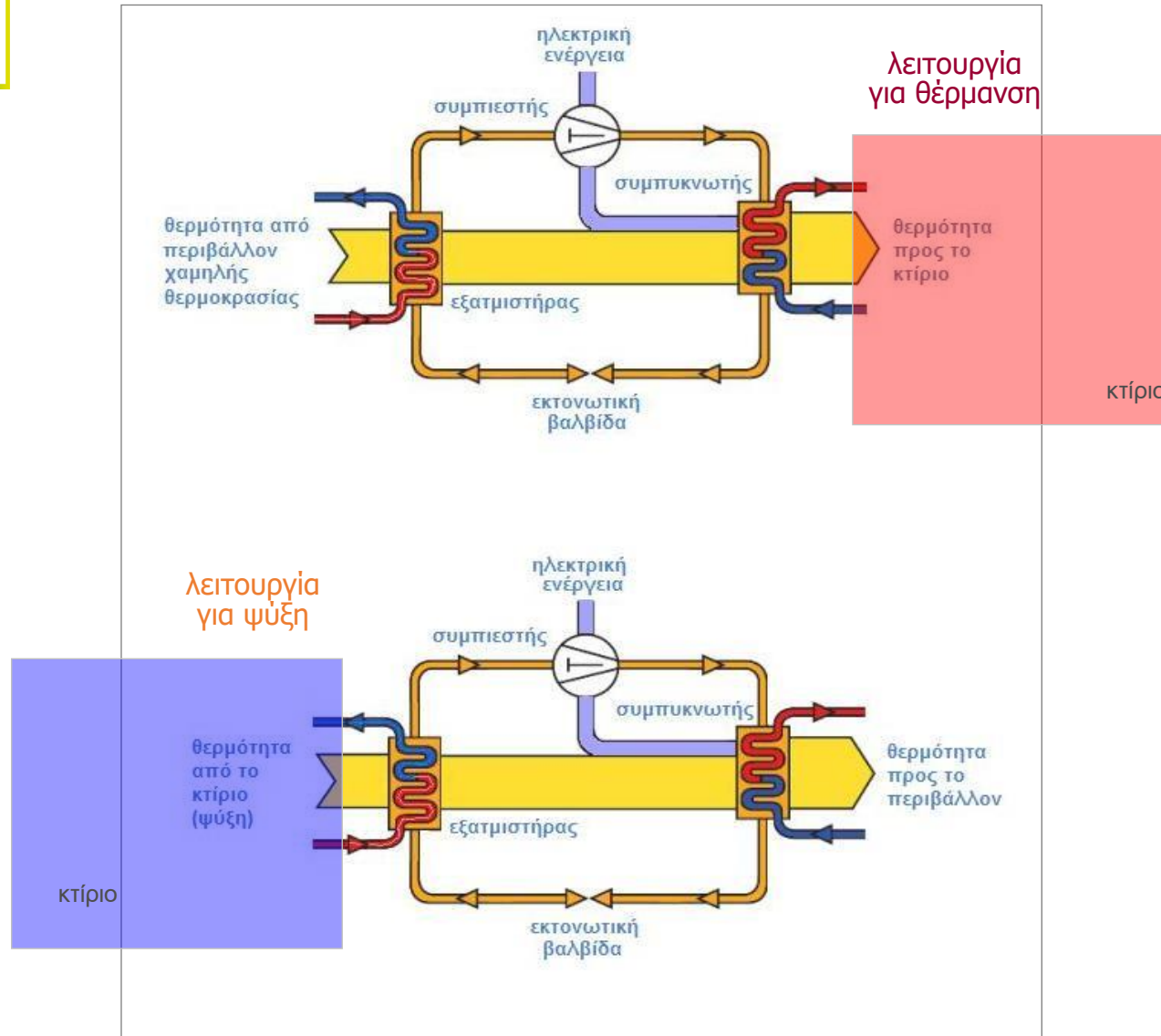


Θέρμανση Χώρου και
Ζεστού Νερού Χρήσης



Ηλιακή Ψύξη

Συστήματα αντλιών θερμότητας



Εφαρμογή σε μικρά και μεγάλα κτίρια

Συνδυάζεται και με ψύξη

Εξοπλισμός:

αντλίες θερμότητας αέρα – νερού
Packaged ή Split
Αερόψυκτα VRF-VRV

Διανομή

ενδοδαπέδια κυκλώματα και άλλα
κυκλώματα μεγάλων επιφανειών
Fan Coils

Παράλληλη παραγωγή ZNX

Μεγάλη διάδοση

Κυρίως σε Γαλλία και Ιταλία

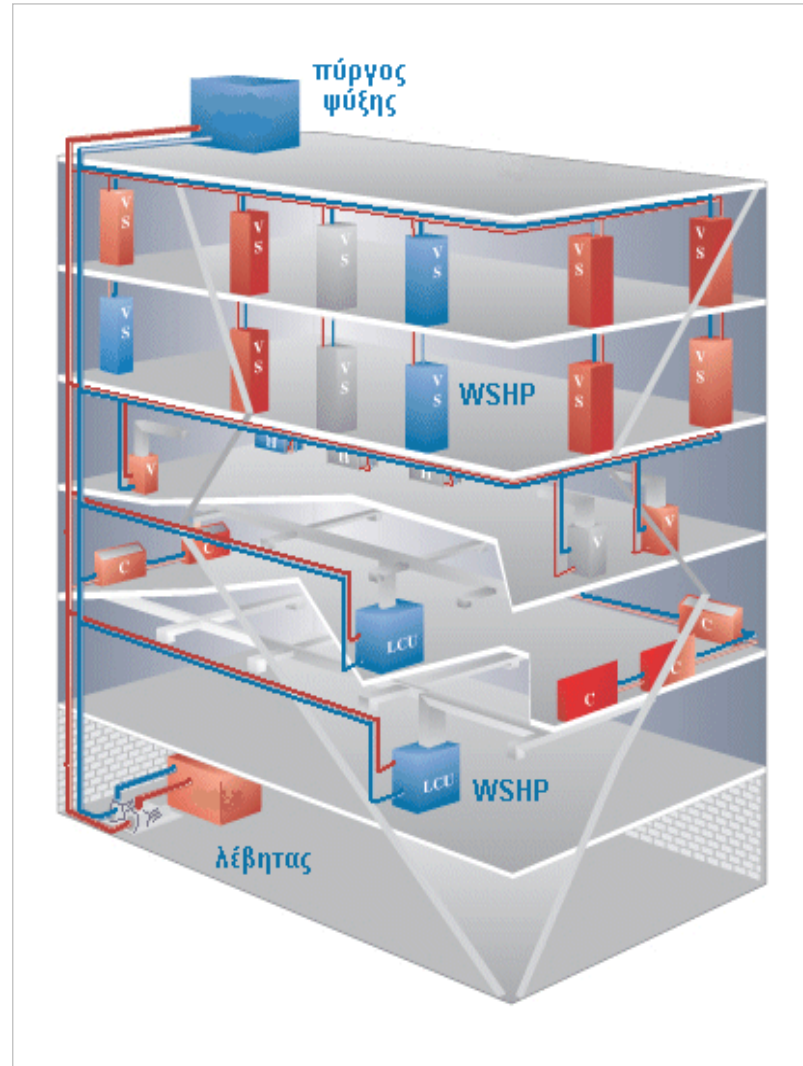
Αποδόσεις

SCOP και SEER

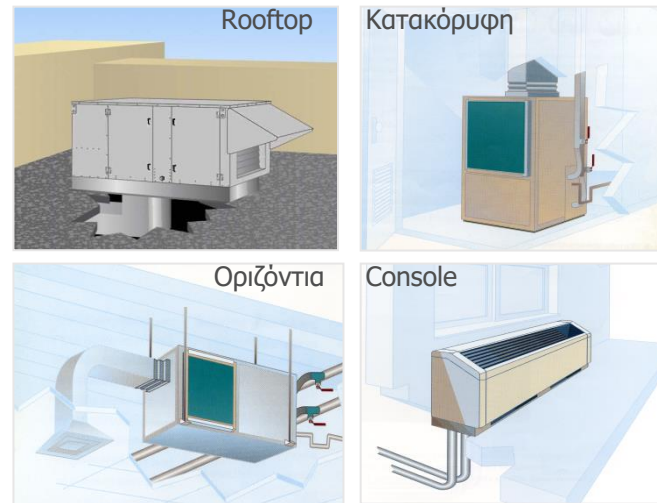


αντλίες θερμότητας με
πηγή τον αέρα



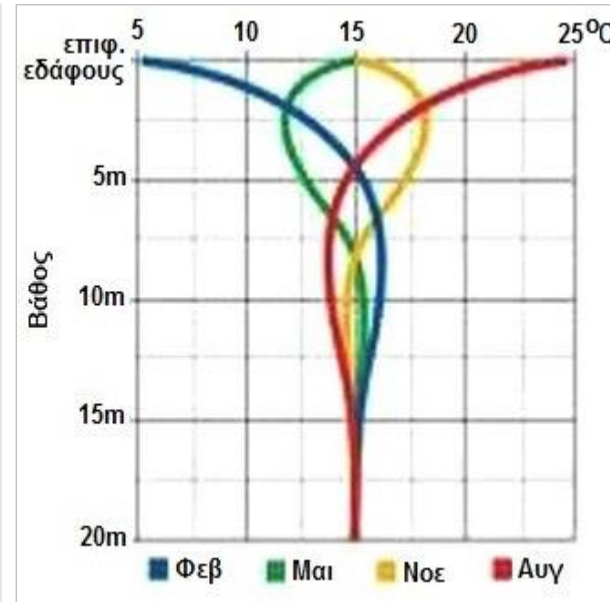
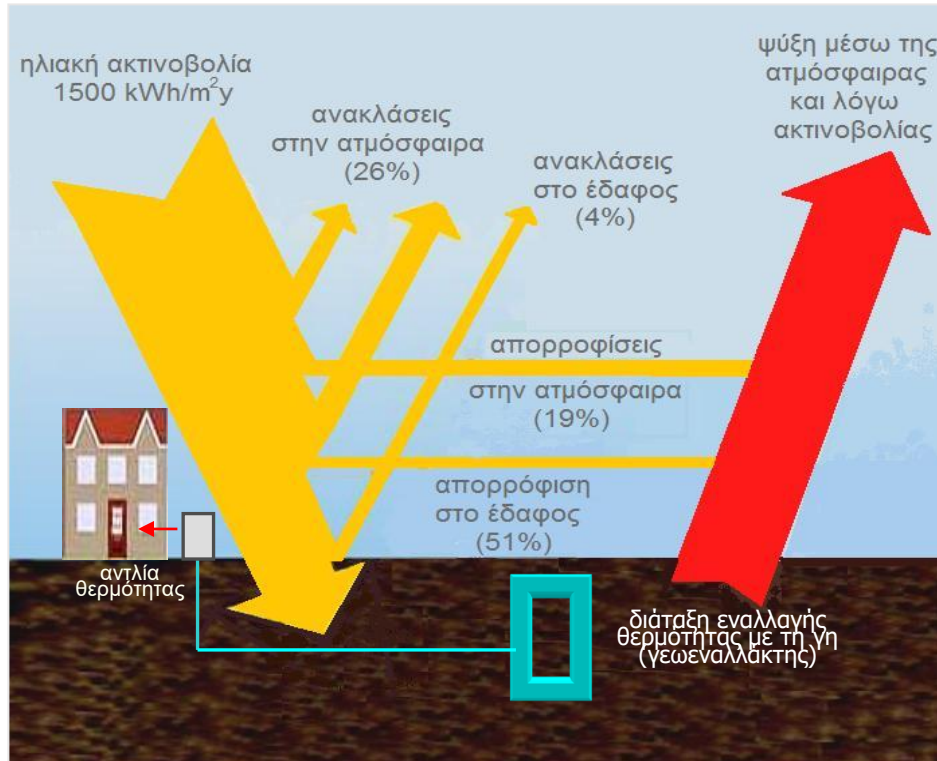


- παραγωγή ψύξης - θέρμανσης τοπικά και κεντρικά
- εφαρμόζεται σε κτίρια με πολλές ζώνες και διαφορετική θερμική συμπεριφορά
- εκμεταλλεύεται πολύ καλά τους ετεροχρονισμούς
- σχετικά καλός χειρισμός νωπού αέρα
- τοπική διανομή κάθε τύπου
- ψύξη / θέρμανση παράλληλα
- σύστημα ανοιχτό σε ανάκτηση κάθε τύπου και σε εναλλακτικές πηγές ενέργειας (ηλιακά, γεωθερμία κλπ)



αντλίες θερμότητας
συζευγμένες σε
κλειστά κυκλώματα
νερού

Γεωθερμικά συστήματα αντλιών θερμότητας



γεωθερμικά
συστήματα
αντλιών
θερμότητας

«κινητήριοι μηχανισμός» η ηλιακή ακτινοβολία !

Η θερμοκρασία της γης σε βάθος μεγαλύτερο των 15 m παραμένει σταθερή και ίση περίπου με τη μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα

Ηλιακή ακτινοβολία: $1500 \text{ kWh/m}^2\text{y}$

Θερμορροή από το εσωτερικό της γης : $0.6 \text{ kWh/m}^2\text{y}$

Ενεργειακές απαιτήσεις κτιρίου για θέρμανση: $100-150 \text{ kWh/m}^2\text{y}$

Γεωθερμικά συστήματα αντλιών θερμότητας



κλειστός οριζόντιος γεωεναλλάκτης

- οριζόντια δίκτυα σωλήνων σε χάνδακες ή σκάμματα βάθους 1,2 έως 2,0 m.
- δίκτυα σωλήνων PE με αντιψυκτικό υγρό σε διάφορες διατάξεις (απλές οδεύσεις, coils, συλλέκτες)
- ή δίκτυα σωλήνων χαλκού με ψυκτικό υγρό απευθείας συνδεδεμένα στην αντλία θερμότητας (συστήματα απευθείας εκτόνωσης - DX)
- εφαρμόζεται κυρίως σε μικρές εγκαταστάσεις όπου υπάρχει διαθέσιμη έκταση κυρίως για θέρμανση

Γεωθερμικά συστήματα αντλιών θερμότητας



- κατακόρυφοι βρόχοι σωλήνων (πολλαπλά U Tubes) σε βάθη έως 100 m (200 m).
- Φάσεις κατασκευής :
 - γεωτρήσεις
 - βύθιση των σωλήνων
 - πλήρωση της γεώτρησης (grouting) / έλεγχοι πίεσης
 - δικτύωση / πλήρωση με αντιψυκτικό υγρό (συνήθως) / σύνδεση με την αντλία θερμότητας
- εφαρμόζεται σε συστήματα μικρά και μεγάλα, για θέρμανση και ψύξη

κλειστοί
κατακόρυφοι
βρόχοι σωλήνων

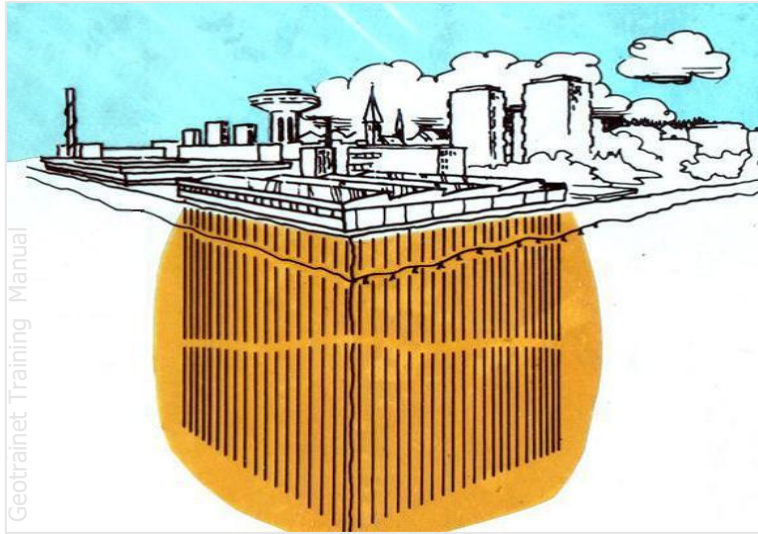


ανοιχτά συστήματα

- άντληση νερού από πηγάδι ή γεώτρηση και επανέγχυσή του στο υδροφόρο στρώμα με τη βοήθεια δευτέρου πηγαδιού ή γεώτρησης
- η αντλία θερμότητας τροφοδοτείται απευθείας με το αντλούμενο νερό ή μέσω εναλλάκτη θερμότητας
- εφαρμόζεται σε συστήματα όλων των μεγεθών, για θέρμανση και ψύξη

Γεωθερμικά συστήματα αντλιών θερμότητας

γεωθερμικά συστήματα αντλιών θερμότητας δεδομένα, περιορισμοί και κανόνες



για μια περιοχή του υπεδάφους
«ενεργοποιείται θερμικά» για :

- την απορρόφηση ή την απόρριψη θερμότητας
θέρμανση μόνον ή ψύξη μόνον
μεγάλη διαφορά θέρμανσης / ψύξης
υπόγεια νερά σε κίνηση
- την αποθήκευση θερμότητας
θέρμανση και ψύξη
στάσιμα ή καθόλου υπόγεια νερά

πρέπει να :

- μειώσω κατά το δυνατό τις απαιτήσεις
- να επιλέξω το καταλληλότερο σύστημα
- να σχεδιάσω τον γεωεναλλάκτη με τις μικρότερες διαστάσεις...
- ενώ ταυτόχρονα θα είναι ενεργειακά αποτελεσματικός
- να κατασκευάσω το γεωεναλλάκτη για μεγάλη ζωή (θα ζήσει περισσότερο από το σύστημα)

δεν πρέπει να :

- καταστρέψω υποδομές και δίκτυα
- να ρυπάνω με οποιονδήποτε τρόπο υπόγεια νερά
- να ρυπάνω το γείτονα

Αντλίες Θερμότητας

Αέρα – Νερού και VRF - VRV

Καύσιμο

Φυσικό Αέριο

LPG

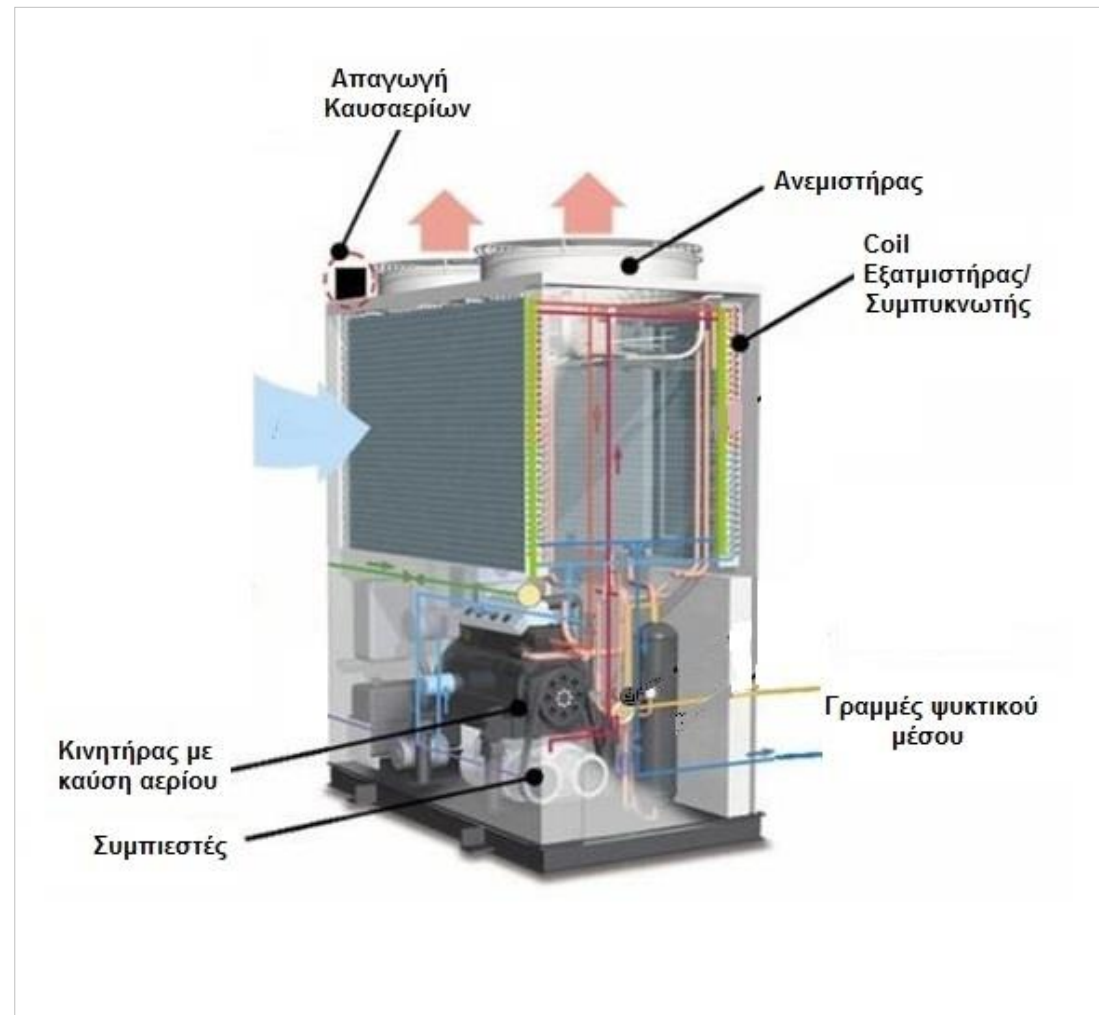
Βιοκαύσιμα ?

Κατανάλωση Ηλεκτρισμού

Εξαιρετικά χαμηλή

και ανάκτηση

από το κύκλωμα
ψύξης του κινητήρα



Εταίροι του έργου



POWER SYSTEMS LABORATORY
ARISTOTLE UNIVERSITY OF
THESSALONIKI



Teesside
University



ŠTAJERSKA
GOSPODARSKA
ZBORNICA



UNIVERSITATEA
TEHNICĂ
DIN CLUJ-NAPOCA



OEB



Energy is money! We save both.



energiada



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



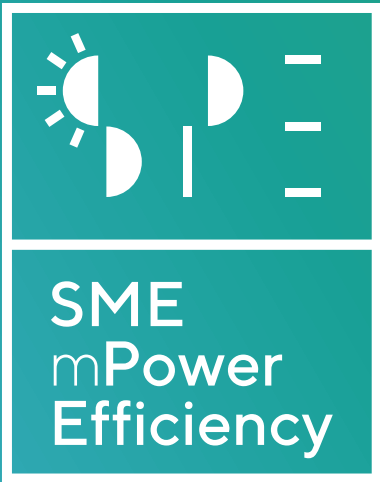
iie Instituto
Ingeniería
Energética



adelphi



UNIVERSITY OF
WESTERN MACEDONIA



Ευχαριστούμε!

Δημήτρης Μπόζης
Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός Α.Π.Θ.

dimitris.bozis@skemma.gr



ΑΚΟΛΟΥΘΗΣΤΕ ΜΑΣ

- SMePower H2020
- @SmeH2020
- SMePOWER Energy Efficiency



ΚΕΝΤΡΟ
ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗΣ
& ΔΙΑ ΒΙΟΥ
ΜΑΘΗΣΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗΣ

Ενεργειακή αποδοτικότητα και βιωσιμότητα σε μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις (ΜμΕ) για ενεργειακούς διαχειριστές και ειδικούς στην ενέργεια

www.smempower.com



Το έργο αυτό χρηματοδοτείται από το πρόγραμμα έρευνας και καινοτομίας Horizon 2020 της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο πλαίσιο της συμφωνίας χρηματοδότησης υπ' αριθ. 847132