



1.4.3 Τάση Ατμών.

(1)

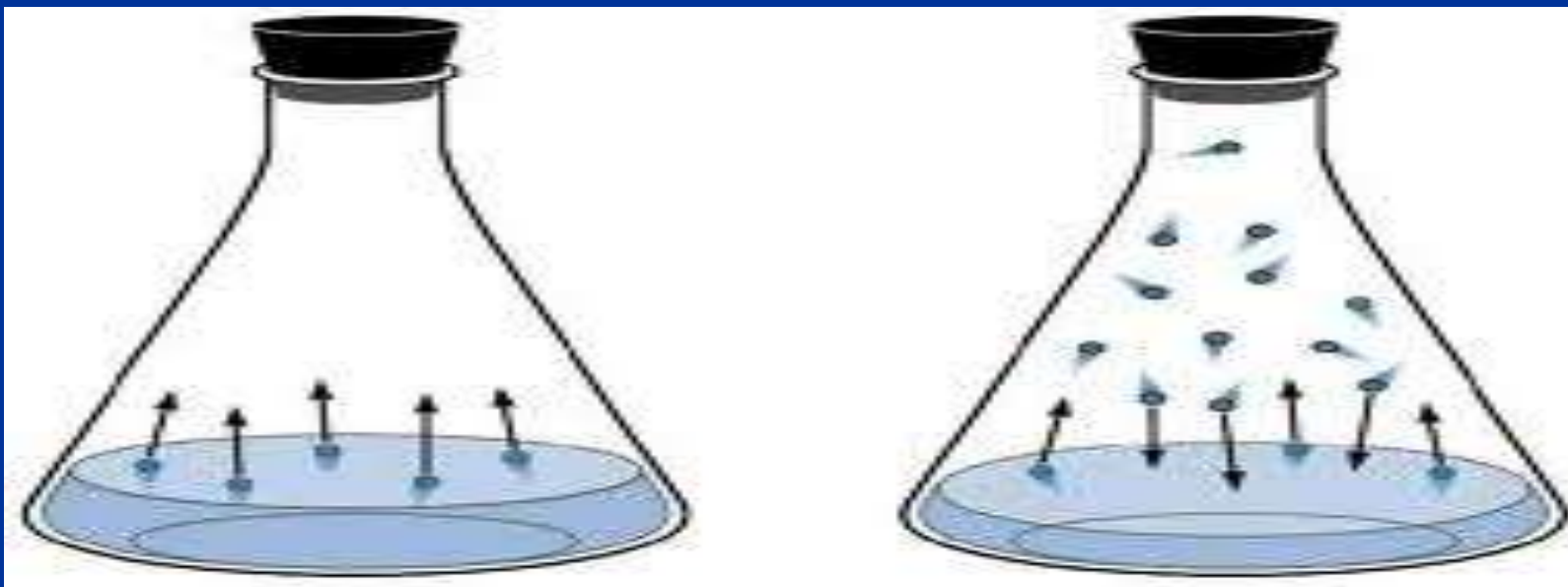
- Η μετάβαση ενός σώματος από την υγρή φάση στην αέρια λέγεται **εξαέρωση** (vaporization).
- Όταν η εξαέρωση συμβαίνει στην επιφάνεια του υγρού λέγεται **εξάτμιση**,
- Όταν η εξαέρωση συμβαίνει σε όλη τη μάζα του υγρού υπό μορφή φυσαλίδων τότε λέγεται **βρασμός**.
- Οι θερμικές μέθοδοι αφαλάτωσης στηρίζονται στην εξαέρωση του νερού και απαιτούν τη γνώση της τάσης ατμών του θαλασσινού νερού.
- Η τάση ατμών (κορεσμένων) είναι η πίεση που ασκούν οι υπερκείμενοι ατμοί ενός διαλύματος που βρίσκονται σε ισορροπία με το διάλυμα.



1.4.3 Τάση Ατμών.

(1)

- Για την καλύτερη κατανόηση της έννοιας των κορεσμένων ατμών θεωρούμε ένα αερόκενο δοχείο στο οποίο αφήνουμε να εισρεύσει μικρή ποσότητα υγρού (π.χ νερού). Το υγρό εξατμίζεται σε ένα βαθμό και το μανόμετρο θα δείξει μια πίεση (τάση ατμών) που ασκούν οι ατμοί του υγρού. Αν συνεχίσουμε να προσθέτουμε υγρό στο δοχείο η τάση ατμών θα αυξάνεται μέχρι μια μέγιστη τιμή που είναι η τάση των κορεσμένων ατμών. Αν συνεχίσουμε να προσθέτουμε υγρό η τάση ατμών δεν θα μεταβάλλεται πλέον ενώ η επιπλέον ποσότητα υγρού που ρίχνουμε θα παραμένει στον πυθμένα του δοχείου. Δηλ. η ύπαρξη κορεσμένων ατμών σημαίνει τη συνύπαρξη υγρής και αέριας φάσης.

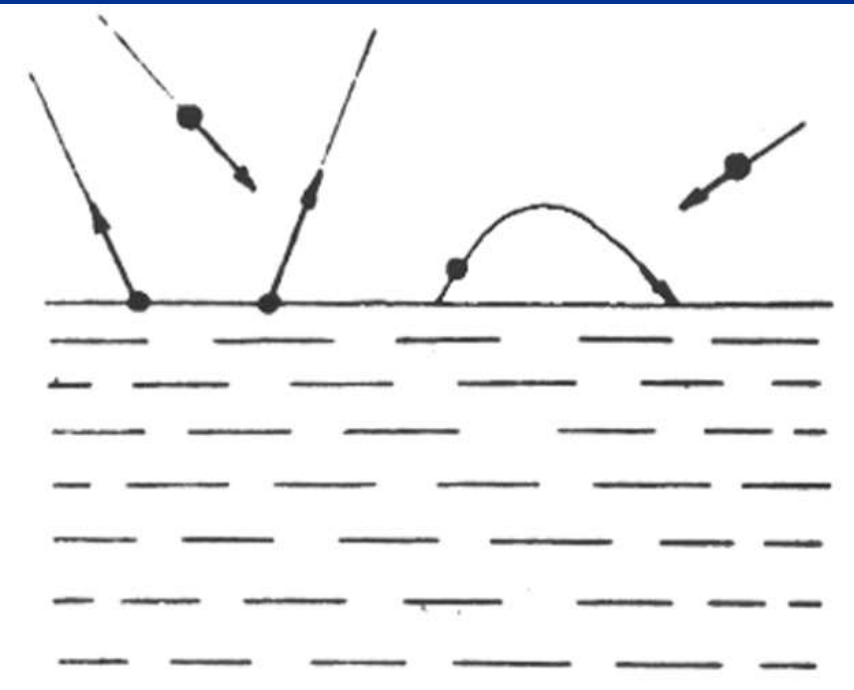




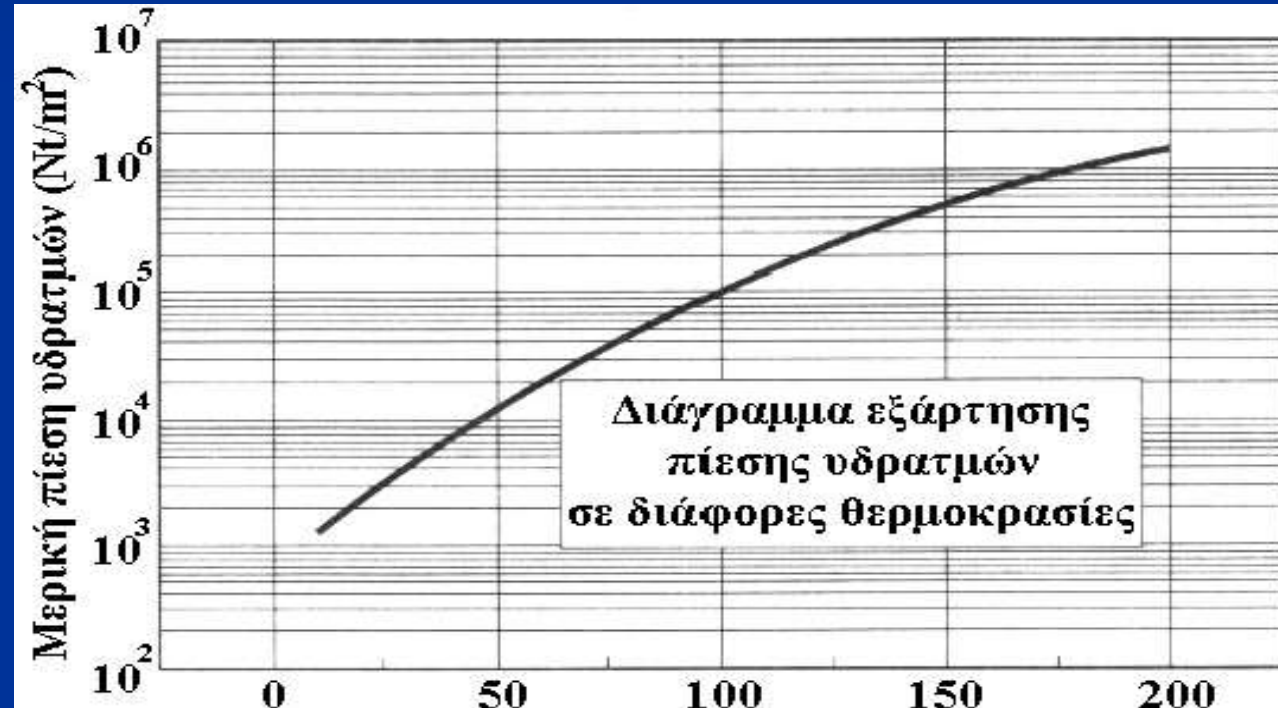
1.4.3 Τάση Ατμών.

(1)

Μόρια ενός υγρού τα οποία εγκαταλείπουν την ελεύθερη επιφάνειά του, σχηματίζουν ένα νέφος ατμών το οποίο καλύπτει την επιφάνεια του υγρού. Το νέφος αυτό αυξάνεται ή ελαττώνεται ανάλογα με τη διεύθυνση της ταχύτητας του καθαρού αριθμού των μορίων που διασχίζουν τη διαχωριστική επιφάνεια. Η πίεση του νέφους αυτού καλείται **πίεση ατμών υγρού**.



Κινήσεις μορίων νέφους ατμών που καλύπτει την επιφάνεια του υγρού.



Μεταβολή πίεσης υδρατμών συναρτήσει της θερμοκρασίας του νερού.



Πίνακας 1.4 Τάση ατμών θαλασσινού νερού σε mmHg.

Αλατότητα (% κ.β.)	Θερμοκρασία σε °C							
	20	30	40	50	60	70	80	100
Νερό	17,54	31,82	55,32	92,51	149,4	233,7	355,1	760,0
2,0000	17,36	31,50	54,76	91,56	147,8	231,3	351,4	752,1
3,0000	17,27	31,33	54,46	91,04	147,0	230,0	349,4	747,8
3,4416	17,23	31,25	54,32	90,81	146,6	229,4	348,5	745,8
4,0000	17,17	31,15	54,14	90,51	146,1	228,6	347,3	743,3
5,0000	17,07	30,96	53,81	89,96	145,2	227,2	345,1	738,6
6,0000	16,96	30,77	53,47	89,38	144,3	225,7	342,8	733,7



1.4.4 Ανύψωση σημείου ζέσεως – Ταπείνωση σημείου πήξεως. (1)

- Ένα υγρό ή ένα διάλυμα βράζει όταν η τάση ατμών του γίνει ίση ή λίγο μεγαλύτερη από την εξωτερική πίεση.
- Όπως προκύπτει από τον Πίν.1.4 η αύξηση της συγκέντρωσης των διαλυμένων αλάτων οδηγεί σε μείωση της τάσης ατμών. Έτσι για να μπορέσει η τάση ατμών να φθάσει την εξωτερική πίεση και να ξεκινήσει ο βρασμός θα πρέπει το διάλυμα να θερμανθεί σε υψηλότερη θερμοκρασία από ότι ο καθαρός διαλύτης.
- Με τη συνεχή εξάτμιση του νερού η συγκέντρωση των αλάτων στο θαλασσινό νερό αυξάνει, οπότε αν θέλουμε να συνεχισθεί ο βρασμός θα πρέπει το θαλασσινό νερό να θερμαίνεται σε όλο και υψηλότερη θερμοκρασία.
- Η ανύψωση του Σ.Ζ και η ταπείνωση του Σ.Π ενός διαλύματος ως προς τον καθαρό διαλύτη υπολογίζονται από τις σχέσεις:

$$\Delta T_b = k_b \cdot \text{molality} = k_b \cdot \frac{m \cdot 1000}{m_1 \cdot MB}$$

$$\Delta T_f = k_f \cdot \text{molality} = k_f \cdot \frac{m \cdot 1000}{m_1 \cdot MB}$$



1.4.4 Ανύψωση σημείου ζέσεως – Ταπείνωση σημείου πήξεως. (1)

- Η ανύψωση του Σ.Ζ και η ταπείνωση του Σ.Π ενός διαλύματος ως προς τον καθαρό διαλύτη υπολογίζονται από τις σχέσεις:

$$\Delta T_b = k_b \cdot \text{molality} = k_b \cdot \frac{m \cdot 1000}{m_1 \cdot MB}$$

$$\Delta T_f = k_f \cdot \text{molality} = k_f \cdot \frac{m \cdot 1000}{m_1 \cdot MB}$$

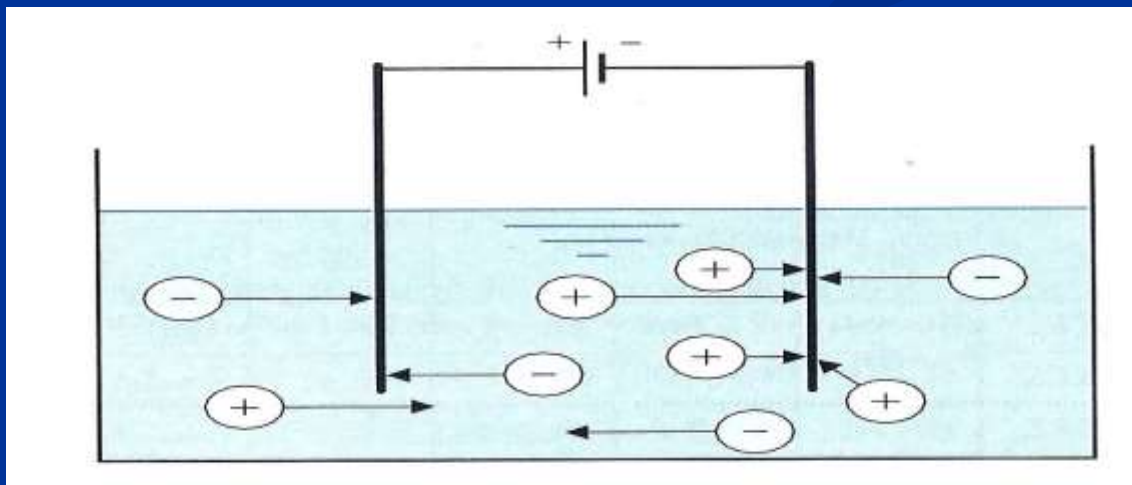
- ΔT_b - η ανύψωση του Σ.Ζ και ΔT_f - η ταπείνωση του Σ.Π ενός διαλύματος
- m – η μάζα του διαλυμένου σώματος
- m_1 – η μάζα του διαλύτη
- MB – το μοριακό βάρος του διαλυμένου σώματος.



1.4.5 Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (Conductance).

(1)

- Ως **ηλεκτρική αγωγιμότητα L** ενός διαλύματος ορίζεται η ικανότητά του να άγει ηλεκτρικό ρεύμα. Είναι το αντίστροφο μέγεθος της ηλεκτρικής αντίστασης R . Οφείλεται στην ύπαρξη ιόντων τα οποία υπό την επίδραση ηλεκτρικού πεδίου κινούνται προσανατολισμένα.
- Αν υπάρχουν άλατα σε ένα διάλυμα τότε αυτά διασπώνται σε θετικά ιόντα (κατιόντα) και σε αρνητικά (ανιόντα). Αν στο δοχείο τοποθετηθούν 2 ηλεκτρόδια συνδεδεμένα με μια μπαταρία (ηλεκτρική πηγή συνεχούς), τότε τα κατιόντα (+) θα πηγαίνουν προς τον αρνητικό πόλο (κάθοδο) ενώ τα ανιόντα (-) θα κινούνται προς το θετικό πόλο (άνοδος). Έτσι εντός του διαλύματος υπάρχει συγκεκριμένη όδευση (προσανατολισμένη κίνηση των ιόντων) δηλ. δημιουργείται δίοδος ηλεκτρικού ρεύματος εντός του διαλύματος και έτσι αυτό παρουσιάζει ηλεκτρική αγωγιμότητα.

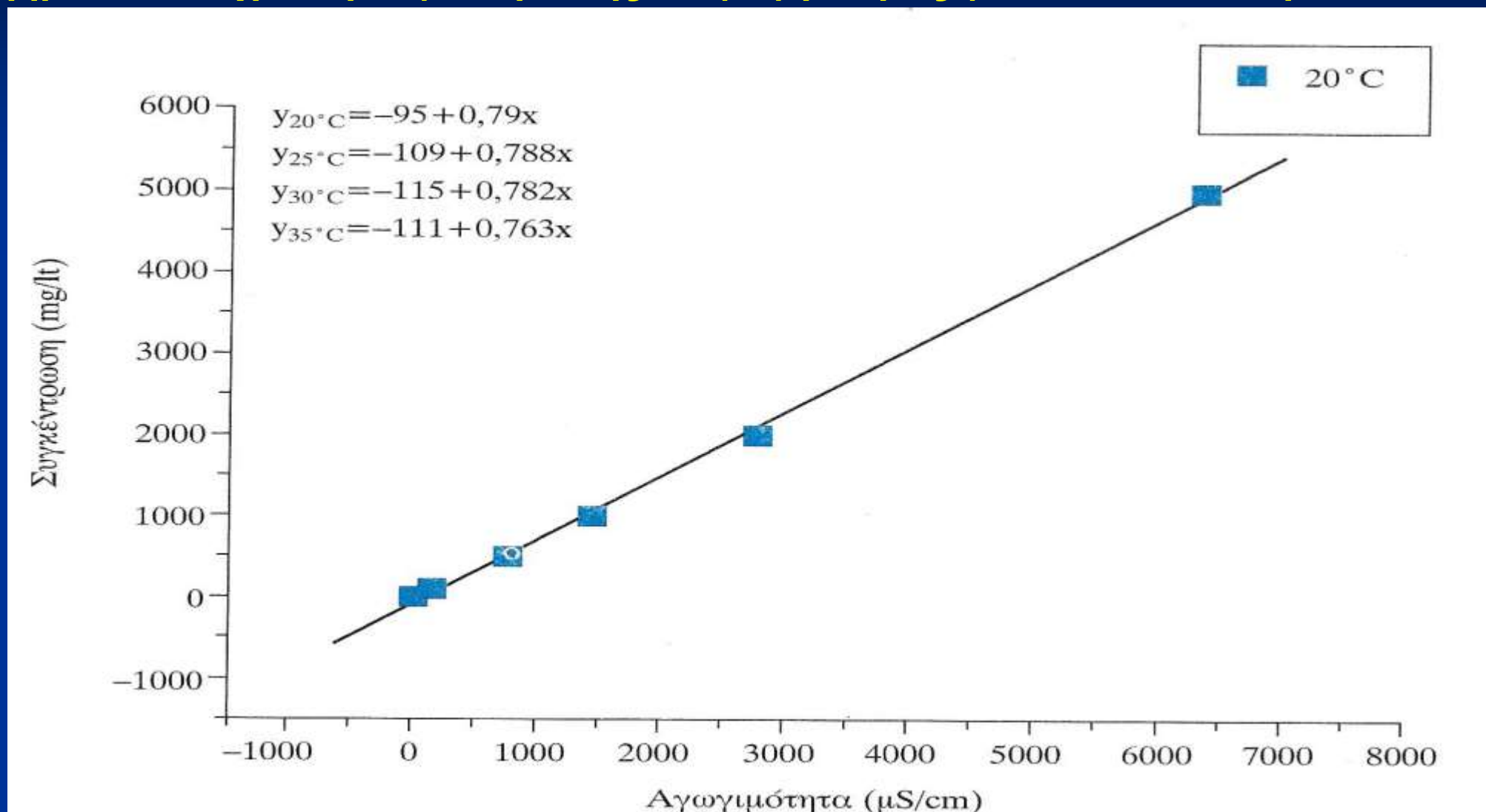




Πίνακας 1.5 Σχέση Συγκέντρωσης – Αγωγιμότητας για θαλασσινό νερό.

Συγκέν/ση (ppm)	Αγωγιμότητα ($\mu\text{S}/\text{cm}$)				Συγκέν/ση (ppm)	Συγκέν/ση (ppm)			
	20°C	25°C	30°C	35°C		20°C	25°C	30°C	35°C
0	25	27	28	29	25.000	24800	25200	25500	25500
100	175	185	186	187	50.000	41000	41700	41800	42000
500	785	808	823	834	60.000	46500	47100	47200	47600
1000	1460	1505	1539	1552	75.000	54000	54300	54500	55000
2000	2790	2830	2870	2950					
5000	6360	6390	6440	6590					

Με βάση τις μετρήσεις αγωγιμότητας – συγκέντρωσης προκύπτουν συσχετίσεις των μεγεθών γραφικά και κατασκευάζονται εμπειρικές σχέσεις.

**Σχήμα 1.9 Συσχέτιση Συγκέντρωσης – Αγωγιμότητας για θαλασσινό νερό.**

**Πίνακας 1.6 Σχέση Συγκέντρωσης – Αγωγιμότητας για διάλυμα NaCl.**

Συγκέν/ση (ppm)	Αγωγιμότητα ($\mu\text{S}/\text{cm}$)			
	20°C	25°C	30°C	35°C
0	5	5	5	6
100	191	192	193	194
500	849	872	849	906
1000	1628	1683	1718	1786
2000	3140	3220	3290	3420
5000	7320	7560	7650	7850



1.4.6 Θερμική Αγωγιμότητα

- Η **θερμική αγωγιμότητα** ενός υλικού μετριέται με το συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας k και αποτελεί μέτρο του ποσού θερμότητας που περνά διαμέσου του υλικού ανά μονάδα επιφάνειας από το διάλυμα ή το στερεό.
- Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας των υδατικών διαλυμάτων είναι συνάρτηση των διαλυμένων αλάτων ή της αλατότητας όταν πρόκειται για θαλασσινό νερό.

$$\dot{q}_x = -k \cdot A \cdot \frac{dT}{dx}$$

- Όπου
- \dot{q}_x (dot) ο ρυθμός μετάδοσης θερμότητας κατά τη διεύθυνση $-x$
- A – το εμβαδόν της επιφάνειας μέσω της οποίας διαδίδεται η θερμότητα



Πίνακας 1.7 Συντελεστές Θερμικής Αγωγιμότητας Υλικών.

(1)

Υλικό	T, K	$k, W/m \cdot K$
ΑΕΡΙΑ		
Αέρας	273	0,024
Αέρας	373	0,031
Άζωτο	273	0,024
Αιθάνιο	273	0,018
Διοξείδιο του άνθρακα	273	0,015
Οξυγόνο	273	0,024
Μεθάνιο	273	0,029
Υδρατμοί	373	0,025
ΥΓΡΑ		
Αιθανόλη 80%	293	0,24
Γλυκερίνη 60%	293	0,38
Γλυκερίνη 40%	293	0,45
Επτάνιο	303	0,14
Βενζόλιο	303	0,16
Ορυκτέλαιο	303	0,14
Υδράργυρος	301	8,36
Ύδωρ	303	0,62
Ύδωρ	333	0,66



Πίνακας 1.7 Συντελεστές Θερμικής Αγωγιμότητας Υλικών.

(2)

Υλικό	T, K	$k, W/m \cdot K$
ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ		
Αλουμίνιο	573	230
Αλουμίνιο	373	320
Χαλκός	373	377
Μπρούντζος		189
Άργυρος	373	412
Μόλυβδος	373	33
Ανοξειδωτος χάλυψ	293	16
Χυτοσίδηρος	326	48
ΜΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ		
Πλίνθοι πήλινοι	773	1,60
Πάγος	273	2,20
Ξύλο οξυάς	293	0,210
Υαλοβάμβακας		0,041
Υαλος	303	1,09
Φελλός	303	0,043



1.4.6 Θερμική Αγωγιμότητα

(2)

- Από τον Πίν.1.7 προκύπτει ότι
- οι τιμές της **θερμικής αγωγιμότητας** των μετάλλων είναι τάξεις μεγέθους μεγαλύτερες από των αερίων και υγρών ενώ
- τα κράματα παρουσιάζουν χαμηλότερες τιμές θερμικής αγωγιμότητας ως προς τα καθαρά μέταλλα.
- Συζήτηση για αγώγιμα και μονωτικά υλικά.
- Τα πορώδη μονωτικά υλικά έχουν μικρές τιμές θερμικής αγωγιμότητας λόγω του ότι αέρας εγκλωβίζεται εντός των πόρων. Η θερμική αγωγιμότητα των πορωδών μονωτικών υλικών ελαττώνεται αυξανόμενου του πορώδους.



1.4.7 Λανθάνουσα Θερμότητα Εξαέρωσης (1)

- Τα υγρά βρίσκονται σε δυναμική ισοροπία με τους ατμούς τους. Δηλ. η τάση ατμών ή διαφορετικά η πίεση που ασκούν οι ατμοί του υγρού αυξάνει μέχρι μια μέγιστη τιμή την **τάση κορεσμένων ατμών** η οποία εξαρτάται από τη θερμοκρασία.
- Αυξάνοντας τη θερμοκρασία του υγρού θα αυξάνεται και η πίεση των κορεσμένων ατμών και θα συνεχίζεται η εξαέρωση του υγρού με 2 φάσεις σε ισοροπία πάντα την υγρή και την αέρια.
- Όταν η τάση των κορεσμένων ατμών γίνει λίγο μεγαλύτερη από την εξωτερική πίεση τότε επέρχεται ο βρασμός δηλ. εξαέρωση στο εσωτερικό του υγρού και όχι μόνο από την ελεύθερη επιφάνειά του.
- Για να διατηρείται ο βρασμός θα πρέπει να προσφέρεται συνεχώς θερμότητα (ενέργεια). Την ενέργεια αυτή παραλαμβάνουν τα μόρια του υγρού και μετατρέπονται σε μόρια αερίου υψηλότερης ενεργειακής στάθμης.
- Κατά τη διάρκεια αλλαγής φάσης (υγρό → αέριο) η θερμοκρασία παραμένει σταθερή και η προσφερόμενη θερμότητα συντηρεί τη διαδικασία αλλαγής φάσης (από υγρό σε αέριο).
- Το ποσό θερμότητας που απαιτείται για τη μετατροπή 1kg υγρού σε αέριο σε Κ.Σ λέγεται **λανθάνουσα θερμότητα εξαέρωσης – L (J/kg)**.



1.7 Σκληρότητα – Αλκαλικότητα.

(1)

- Η σκληρότητα του θαλασσινού νερού οφείλεται στα ιόντα Ca, Mg που ενυπάρχουν σε άλατα που ανιχνεύονται στο νερό.
- Η σκληρότητα διαχωρίζεται σε παροδική και μόνιμη.
- Η παροδική σκληρότητα οφείλεται σε όξινα ανθρακικά άλατα Ca, Mg τα οποία με θέρμανση καταπέφτουν (ιζήματα) σε αδιάλυτα ανθρακικά άλατα τα οποία με τη σειρά τους αποχωρίζονται από το διάλυμα και σχηματίζουν το λεγόμενο λεβιτόλιθο.



- Η μόνιμη σκληρότητα είναι χλωριούχα, νιτρικά, θειικά άλατα Ca, Mg τα οποία δεν καταβυθίζονται με το βρασμό. Όταν η συγκέντρωση αυτών των αλάτων υπερβεί κάποιο όριο αυτά καταβυθίζονται ως στερεά.



1.7 Σκληρότητα – Αλκαλικότητα.

(2)

- Η σκληρότητα του θαλασσινού νερού και η πιθανότητα σχηματισμού ιζημάτων είναι σημαντική παράμετρος που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την κατεργασία του νερού για το σχεδιασμό και τη λειτουργία της μεθόδου αφαλάτωσης.
- Η σκληρότητα του νερού γενικότερα μετράται σε ppm CaCO_3 ή σε Γερμανικούς ή Γαλλικούς βαθμούς. Ειδικότερα:
 - Ένας Γερμανικός βαθμός ισοδυναμεί με 17,80 ppm CaCO_3
 - Ένας Γαλλικός βαθμός ισοδυναμεί με 10,00 ppm CaCO_3
- Η αλακαλικότητα του θαλασσινού νερού σχετίζεται με την ικανότητα που έχει να εξουδετερώνει ποσότητα οξέος.
- Η αλκαλικότητα οφείλεται στην ύπαρξη ιόντων (ανιόντων) ανθρακικών (CO_3^{-2}), όξινων ανθρακικών ιόντων (HCO_3^-) και ιόντων υδροξυλίου OH^- .
- Θα μπορούσε να ειπωθεί ότι και η οξύτητα του θαλασσινού νερού αναφέρεται στην ικανότητα που διαθέτει να εξουδετερώνει ποσότητα βάσης. Η οξύτητα οφείλεται στο διαλυμένο CO_2 .

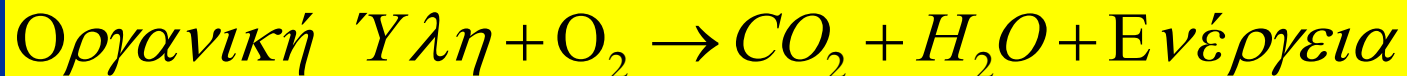


1.8 Οργανικά Υλικά.

(1)

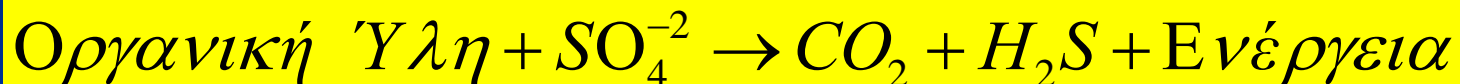
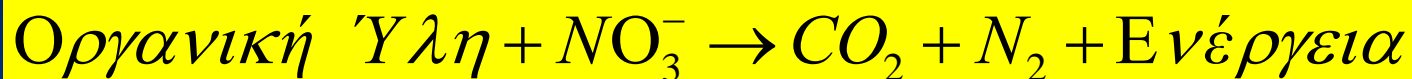
- Το νερό κάθε προέλευσης (επιφανειακό, υπόγειο, θαλασσινό) μπορεί να περιέχει οργανικές χημικές ενώσεις που συνήθως προέρχονται από τη διάθεση αποβλήτων αλλά και ζωντανούς οργανισμούς (βακτήρια, μικρόβια, ιούς, πρωτόζωα αλλά και τα ψάρια).
- Ειδικότερα η δράση των βακτηρίων μπορεί να είναι αερόβια (παρουσία οξυγόνου) ή αναερόβια (χρησιμοποιώντας άλλες ουσίες ως μέσο οξείδωσης).
- Στις 2 αυτές περιπτώσεις η οργανική ύλη που περιέχεται στο νερό οξειδώνεται προς CO_2 .

1.8.1 Αερόβιες Αντιδράσεις.





1.8.2 Αναερόβιες Αντιδράσεις.



- Ο έλεγχος της ποσότητας οργανικής ύλης (ζωντανών οργανισμών) που περιέχεται στο νερό γίνεται με 2 εμπειρικές αναλύσεις - μετρήσεις,
- Με τη μέτρηση του βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου (biochemical oxygen demand – BOD) και
- Με τη μέτρηση του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου (chemical oxygen demand – COD).
- Με τη μέτρηση του BOD μετράται το απαιτούμενο οξυγόνο που καταναλώνουν αερόβια βακτήρια για την οξείδωση όλων των ουσιών που περιέχονται σε ένα δείγμα προς εξέταση στους 20°C. Η εξέταση αυτή γίνεται σε ειδικές συνθήκες και διαρκεί συνήθως για 5 ημέρες, το αποτέλεσμα δίνεται σε mg/l και αναφέρεται σε BOD₅.





1.8.2 Αναερόβιες Αντιδράσεις.



- Πρόκειται για αντίδραση 2 σταδίων σε καθένα από τα οποία καταναλώνεται οξυγόνο. Το καταναλισκόμενο αυτό οξυγόνο σχετίζεται άμεσα με την ποσότητα οργανικής ύλης που περιέχεται στο δείγμα. Η μέτρηση σχετίζεται κυρίως με υδατικά απόβλητα και γίνεται με τη βοήθεια ειδικού εξοπλισμού (ειδικές φιάλες). Ο υπολογισμός γίνεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$BOD_5 = \frac{DO_1 - DO_2}{P}$$

- DO_1 – είναι το διαλυμένο οξυγόνο στο δείγμα μετά 15min από το σχηματισμό του,
- DO_2 – είναι το διαλυμένο οξυγόνο στο δείγμα μετά 5 ημέρες επώασης,
- P – είναι το ποσοστό των αποβλήτων στο δείγμα που χρησιμοποιήθηκε.



1.8.2 Αναερόβιες Αντιδράσεις.



$$BOD_5 = \frac{DO_1 - DO_2}{P}$$

- Η ποσότητα BOD5 υπολογίζεται κάθε χρονική στιγμή από τη σχέση

$$(BOD_5)_t = (BOD_5)_f \times (1 - 10^{-kt})$$

- (BOD5)t – είναι η τιμή του βιολογικά απαιτούμενου οξυγόνου σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή,
- (BOD5)f – είναι η τελική τιμή του βιολογικά απαιτούμενου οξυγόνου,
- k – η σταθερά ταχύτητας και ο χρόνος – t.



1.9 Διάχυση (Diffusion).

- Με τον όρο **Διάχυση** περιγράφεται η μεταφορά μάζας ενός συστατικού A, που βρίσκεται μέσα σε ένα μέσο B (υγρό, στερεό, αέριο) και το συστατικό μετακινείται – μεταφέρεται μεταξύ 2 σημείων λόγω της διαφοράς συγκέντρωσης που υπάρχει στα 2 σημεία.
- Η κίνηση του συστατικού A γίνεται από σημεία (περιοχές) υψηλής συγκέντρωσης προς σημεία χαμηλότερης συγκέντρωσης.
- Η διάχυση ως μηχανισμός μεταφοράς μάζας θα εξακολουθεί να συμβαίνει για όσο χρόνο διατηρείται βαθμίδα συγκέντρωσης του συστατικού A . Η διάχυση θα τερματιστεί όταν αποκατασταθεί ισορροπία (δηλ. ίσες συγκεντρώσεις του συστατικού A και στα 2 σημεία μελέτης).
- Θεωρώντας μίγμα 2 συστατικών A,B με το A να διαχέεται μέσα στο B και η διάχυση συμβαίνει κατά τη διεύθυνση $-y$. Ο ρυθμός διάχυσης θα είναι ανάλογος της βαθμίδας συγκέντρωσης του συστατικού $-A$ και του εμβαδού της επιφάνειας μέσω της οποίας συμβαίνει η διάχυση, σύμφωνα με το v.Fick .

$$\dot{n}_A = -S \cdot D_{AB} \cdot \frac{dC_A}{dy}, \quad \dot{n}_A = \frac{dn}{dt} = \text{ρυθμός ροής mol}$$



1.9 Διάχυση (Diffusion).

- Θεωρώντας μίγμα 2 συστατικών A,B με το A να διαχέεται μέσα στο B και η διάχυση συμβαίνει κατά τη διεύθυνση $-y$. Ο ρυθμός διάχυσης θα είναι ανάλογος της βαθμίδας συγκέντρωσης του συστατικού $-A$ και του εμβαδού της επιφάνειας μέσω της οποίας συμβαίνει η διάχυση, σύμφωνα με το v.Fick .

$$\dot{n}_A = -S \cdot D_{AB} \cdot \frac{dC_A}{dy}, \quad \dot{n}_A = \frac{dn}{dt} = \text{ρυθμός ροής mol}$$

- S – το εμβαδόν της κάθετης επιφάνειας διαμέσου της οποίας γίνεται η διάχυση,
- C_A – η συγκέντρωση της ουσίας A mole/m³
- D_{AB} – ο συντελεστής διάχυσης του συστατικού A στο συστατικό B (m²/s)
- y – η διεύθυνση της ροής

$$J_A = -D_{AB} \cdot \frac{dC_A}{dy}, \quad J_B = -D_{BA} \cdot \frac{dC_B}{dy}$$

- J – ο γραμμομοριακός ρυθμός διάχυσης ανά μονάδα επιφάνειας



1.10 Γινόμενο Διαλυτότητας.

- Οι ουσίες που βρίσκονται στο νερό μπορούν να χωρισθούν σε ευδιάλυτες και σε δυσδιάλυτες.
- Όσο δυσδιάλυτη και να είναι μια ουσία σε κάποιο μικρό έστω ποσοστό μπορεί να διαλυθεί στο νερό.
- Το θαλασσινό νερό περιέχει ουσίες (ιοντικές ενώσεις). Περιέχει όμως και ουσίες που μπορούν να αιωρούνται χωρίς να διαλύονται στο νερό.
- Θεωρείται μια δυσδιάλυτη ουσία γενικού τύπου $AxBy$, η οποία τοποθετείται στον πυθμένα δοχείου. Μικρό μέρος αυτής θα διαλυθεί στο νερό. Η μελέτη αναφέρεται σε ιοντικές ενώσεις που είναι ισχυροί ηλεκτρολύτες, οπότε θα υπάρξει διάσπαση κατά την αντίδραση:



1.10 Γινόμενο Διαλυτότητας.

(2)

- Μετά από σύντομο χρονικό διάστημα θα αποκατασταθεί ισορροπία μεταξύ της ουσίας και του διαλύματος. Με την έννοια ισορροπία (χημική ισορροπία) νοείται αμφίδρομη αντίδραση δηλ.
- Όση ποσότητα του άλατος διαλύεται τόση ποσότητα από το διάλυμα θα μεταβαίνει προς στερεή αδιάλυτη μορφή.
- Μαθηματικές εκφράσεις



1.11 Πόσιμο Νερό.

(1)

- Στην Ελλάδα ο χαρακτηρισμός της ποιότητας του πόσιμου νερού χαρακτηρίζεται με Διυπουργική Απόφαση Α5/288/23-1/86 (ΦΕΚ 53/Β/20-2-1986) σε συμμόρφωση με την Οδηγία του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης 80/778/15-7-80...
- Καθορίζονται οι παράμετροι ελέγχου και δίνονται οι μέθοδοι ανάλυσης που θα πρέπει να χρησιμοποιούνται σε κάθε ανάλυση αλλά και η συχνότητα των αναλύσεων.
- Με τους κανονισμούς καθορίζονται οι προϋποθέσεις ώστε το νερό να χαρακτηρίζεται ως κατάλληλο για πόση. Για το χαρακτηρισμό του νερού γίνονται έλεγχοι που διακρίνονται σε
 - Δοκιμαστικούς (check monitoring)
 - Ελεγκτικούς (audit monitoring)
- Οι τιμές των χαρακτηριστικών ιδιοτήτων του νερού πρέπει να είναι τέτοιες ώστε το νερό να πληρεί τις ελάχιστες απαιτήσεις.
- Η δοκιμαστική παρακολούθηση περιλαμβάνει τον έλεγχο παραμέτρων (Πίνακας 1.10) και θα πρέπει να γίνεται σε τακτική βάση για τον έλεγχο της ποιότητας του νερού σύμφωνα με τα όρια που έχουν τεθεί.



1.11 Πόσιμο Νερό. (Πίνακας 1.10)

(2)

Παράμετρος	Μονάδες	Ανώτερο αποδεκτό επίπεδο
Αργύριο	μg/l	200
Αμμώνιο	mg/l	0,50
Χρώμα	–	Άχρωμο
Αγωγιμότητα	μS/cm, 20° C	2500
Clostridium perfringens	Αριθμός/100ml	0
Escherichia Coli	Αριθμός/100ml	0
Κατιόντα υδρογόνου	Μονάδα pH	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$
Σίδηρος	μg/l	200
Νιτρώδη	mg/l	0,50
Οσμή	–	Άνευ οσμής
Pseudomonas aeruginosa	Αριθμός/100ml	0
Γεύση	–	Ευχάριστη
Αριθμός αποικιών 22° C, 37° C	Αριθμός/100ml	0
Θολότητα	NTU	< 0,1
Κολλοβακτηριοειδή	Αριθμός/100ml	0
Υπολειμματικό χλώριο	mg/l	<0,2

27



1.11 Πόσιμο Νερό. (Πίνακας 1.11)

(3)

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή	Μονάδα
Ακρουλαμίδιο	0,10	μg/l
Αντιμόνιο	5,0	μg/l
Αρσενικό	10	μg/l
Βενζόλιο	1,0	μg/l
Βένζο-α-πυρένιο	0,01	μg/l
Βόριο	1,0	mg/l
Βρωμικά	10	μg/l
Κάδμιο	5,0	μg/l
Χρώμιο	50	μg/l
Χαλκός	2,0	mg/l
Κυανιούχα	50	μg/l
1,2 Δίχλωρο αιθάνιο	3,0	μg/l
Επιχλωρυδρίνη	0,10	μg/l
Φθοριούχα	1,5	mg/l
Μόλυβδος	10	μg/l
Υδράργυρος	1,0	μg/l
Νικέλιο	20	μg/l
Νιτρικά	50	mg/l
Νιτρώδη	0,5	mg/l
Παρασιτοκτόνα	0,10	μg/l
Σύνολο παρασιτοκτόνων	0,50	μg/l
Πολυκυκλικοί Αρωματικού Υδρο/κες	0,10	μg/l
Σελήνιο	10	μg/l
Τετρα και τρι χλωροαιθυλένιο	10	μg/l
Ολικά τριαλογονομεθάνια	100	μg/l
Βυνιλοχλωρίδιο	0,50	μg/l



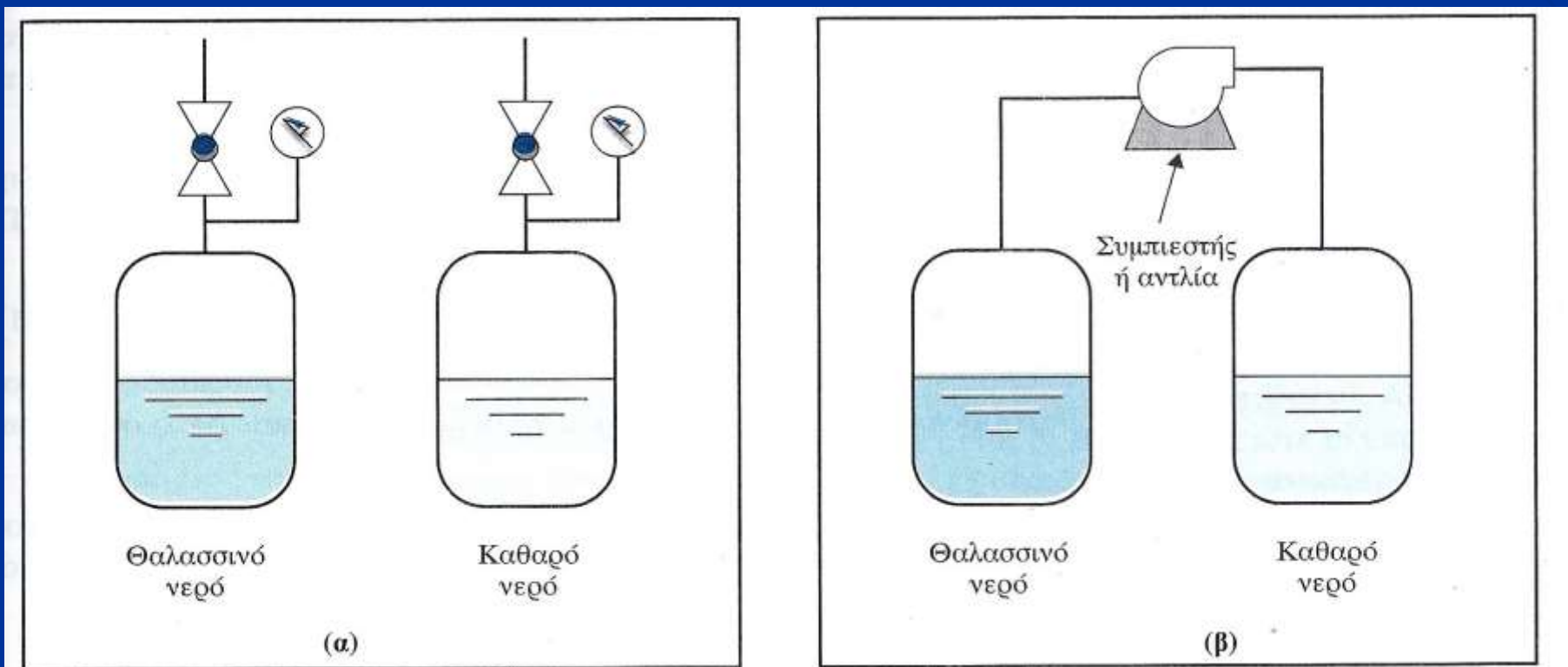
1.12 Θερμοδυναμική Θεώρηση διεργασίας Αφαλάτωσης. (1)

- Οι διεργασίες της αφαλάτωσης δεν είναι αυθόρμητες διαδικασίες επομένως για να πραγματοποιηθούν απαιτείται προσφορά ενέργειας.
- Η απαιτούμενη ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιείται με διάφορες μορφές, όπως π.χ θερμότητα, ηλεκτρική ενέργεια.
- Επομένως για μια διαδικασία αφαλάτωσης ζητούμενο είναι το ελάχιστο απαιτούμενο ποσό θερμότητας – ενέργειας χωρίς να λαμβάνεται υπόψη το είδος της ενέργειας που χρησιμοποιείται, θεωρώντας τις μεταβολές αντιστρεπτές οπότε και δεν λαμβάνονται υπόψη απώλειες ενέργειας. (Είναι η πραγματικότητα αυτή όμως?)
- Οι μετατροπές ενέργειας συνοδεύονται από απώλειες, υπό μορφή θερμότητας. Κατά αυτή την έννοια η πραγματικά απαιτούμενη ενέργεια για την αφαλάτωση του νερού είναι συνήθως πολλαπλάσια της θεωρητικά υπολογισμένης .



1.12 Θερμοδυναμική Θεώρηση διεργασίας Αφαλάτωσης. (2)

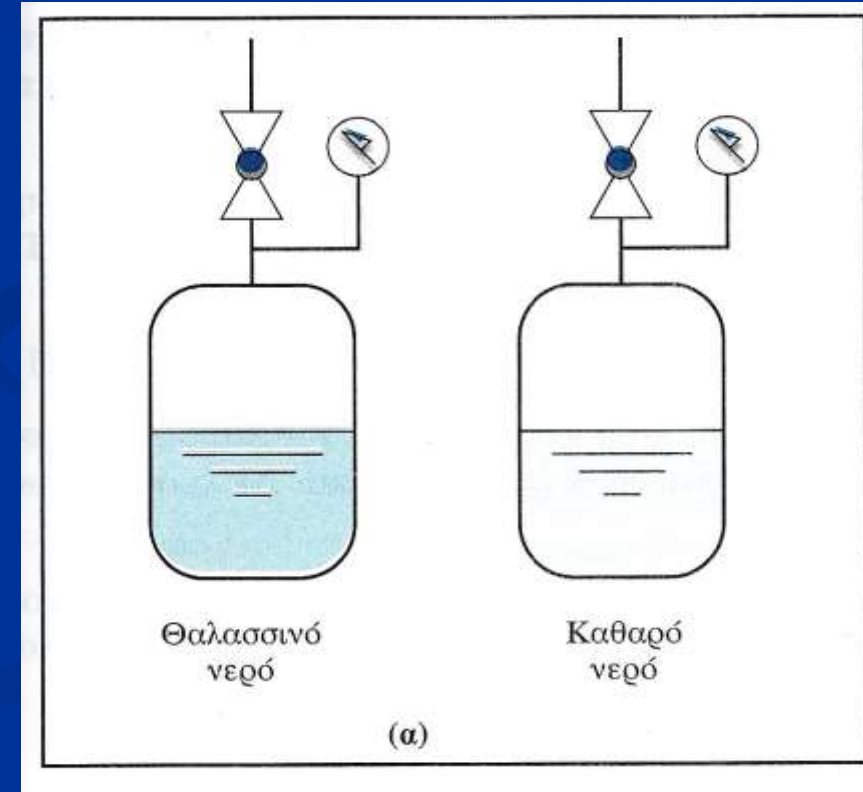
- Στην πραγματικότητα αυτό που ενδιαφέρει είναι το θεωρητικά απαιτούμενο ελάχιστο έργο για την αφαλάτωση ορισμένης ποσότητας νερού.
- Με τον όρο έργο θεωρείται η ενέργεια που μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα για την παραγωγή μηχανικού έργου.





1.12 Θερμοδυναμική Θεώρηση διεργασίας Αφαλάτωσης. (3)

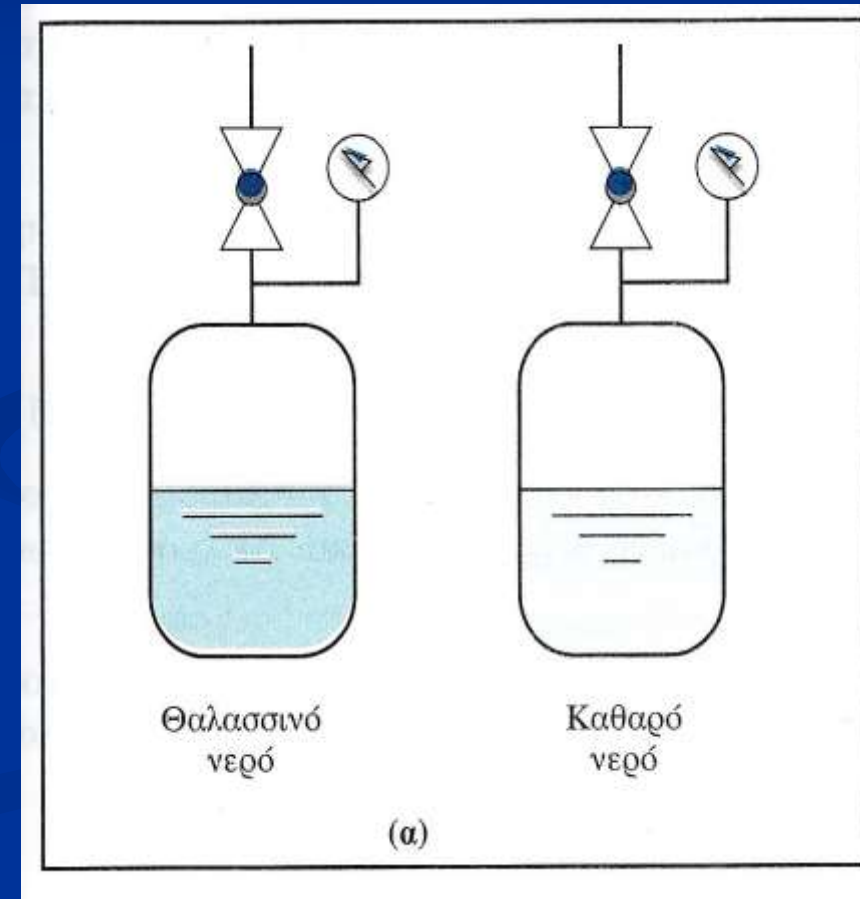
- Στο σχήμα δίνεται μια υποθετική διεργασία αφαλάτωσης.
- Στο (α) τα δοχεία περιέχουν θαλασσινό νερό και καθαρό νερό. Τα Δοχεία βρίσκονται σε κλειστό χώρο σταθερής θερμοκρασίας. Αμέσως πριν την έναρξη της διαδικασίας αφαλάτωσης ο περιεχόμενος αέρας στα δοχεία αφαιρείται.
- Με την αφαίρεση του αέρα μέρος του νερού που βρίσκεται στα 2 δοχεία θα εξατμιστεί και οι παραγόμενοι υδρατμοί θα καταλάβουν τον κενό χώρο που δημιουργήθηκε ασκώντας πίεση ίση με την τάση ατμών του θαλασσινού νερού και του καθαρού νερού αντίστοιχα για μια συγκεκριμένη θερμοκρασία.





1.12 Θερμοδυναμική Θεώρηση διεργασίας Αφαλάτωσης. (4)

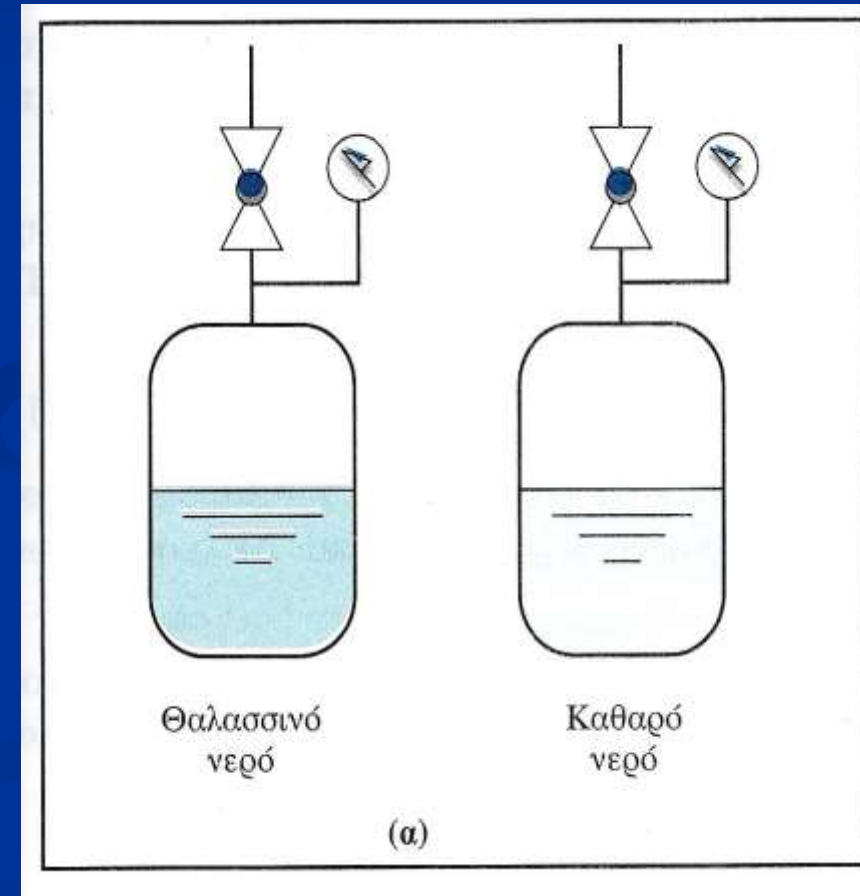
- Για οποιαδήποτε θερμοκρασία η τάση ατμών στο δοχείο του καθαρού νερού θα είναι μεγαλύτερη από εκείνη του δοχείου του θαλασσινού νερού. Θα υπάρχει έτσι μια διαφορά πίεσης στα δοχεία όσο μικρή αλλά υπαρκτή.
- Λόγω της διαφοράς πίεσης των δύο δοχείων αν ενώναμε απλά τα 2 δοχεία οι ατμοί του νερού από το δοχείο του καθαρού νερού θα μεταφέρονται στο δοχείο του θαλασσινού νερού αυθόρμητα χωρίς να δαπανηθεί κάποιο ποσό ενέργειας.
- Το αποτέλεσμα θα ήταν το αντίστροφο του επιδιωκόμενου δηλ. της αφαλάτωσης. Δηλ. για την υλοποίηση της διεργασίας της αφαλάτωσης απαιτείται η χρήση αντλίας (ή συμπιεστή) που με δαπάνη ενέργειας θα μεταφέρει τους ατμούς του νερού από το δοχείο του θαλασσινού νερού στο δοχείο του καθαρού νερού.





1.12 Θερμοδυναμική Θεώρηση διεργασίας Αφαλάτωσης. (5)

- Η αντλία (ή ο συμπιεστής) θα ανεβάζουν την πίεση κατά τόσο ώστε αυτή να είναι κατά ένα ελάχιστο μεγαλύτερη από τη διαφορά πίεσης μεταξύ της πίεσης στο δοχείο του καθαρού νερού και στο δοχείο του θαλασσινού νερού.
- Έτσι οι ατμοί από το δοχείο του θαλασσινού νερού θα μεταφέρονται στο δοχείο του καθαρού νερού, οπότε υγροποιούμενοι θα μετατρέπονται σε καθαρό νερό.
- Ιδανικά θεωρείται ότι ο χώρος που βρίσκονται τα 2 δοχεία είναι απείρου μάζας έτσι ώστε το ποσό θερμότητας που παράγεται από την αντλία ή το συμπιεστή να μην μεταβάλει τη θερμοκρασία κατά την οποία συμβαίνει η διεργασία.



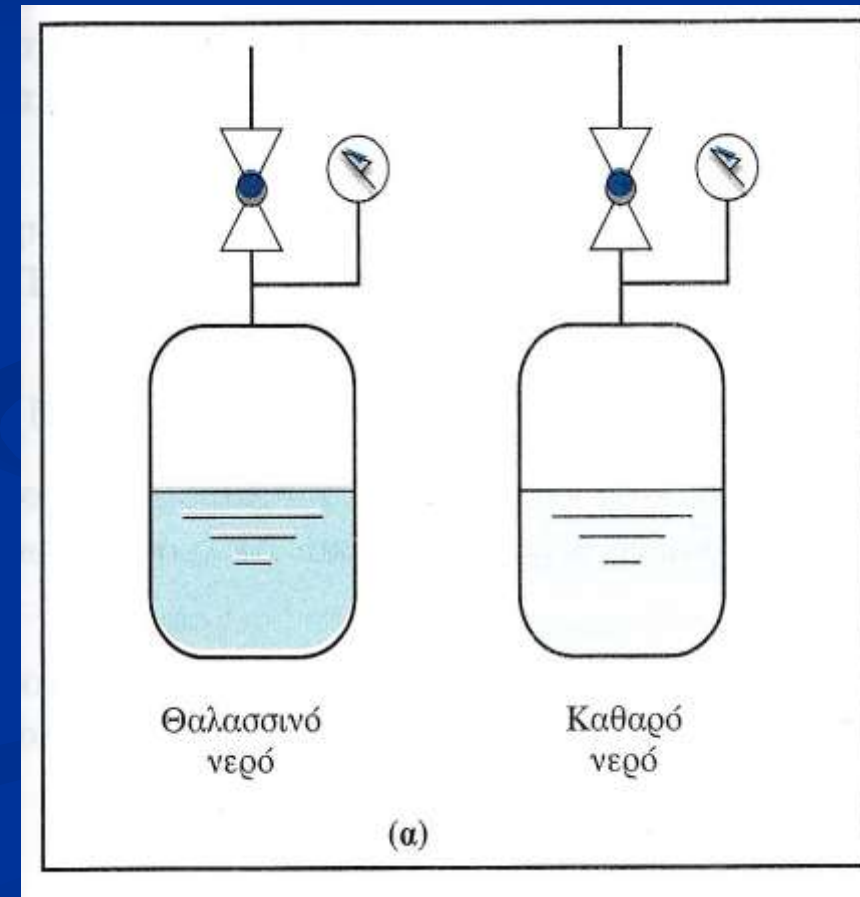


1.12 Θερμοδυναμική Θεώρηση διεργασίας Αφαλάτωσης. (6)

- Το ελάχιστο έργο που θα απαιτείται για τη διεργασία της αφαλάτωσης είναι αυτό του χρησιμοποιούμενου συμπιεστή δηλ. το έργο συμπίεσης.

$$W = p \cdot \Delta V$$

- Το απαιτούμενο έργο δηλ. είναι το γινόμενο της διαφοράς πίεσης που προκύπτει από τις τάσεις ατμών των 2 δοχείων (καθαρού νερού – θαλασσινού νερού) σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία και του όγκου των μεταφερόμενων ατμών.





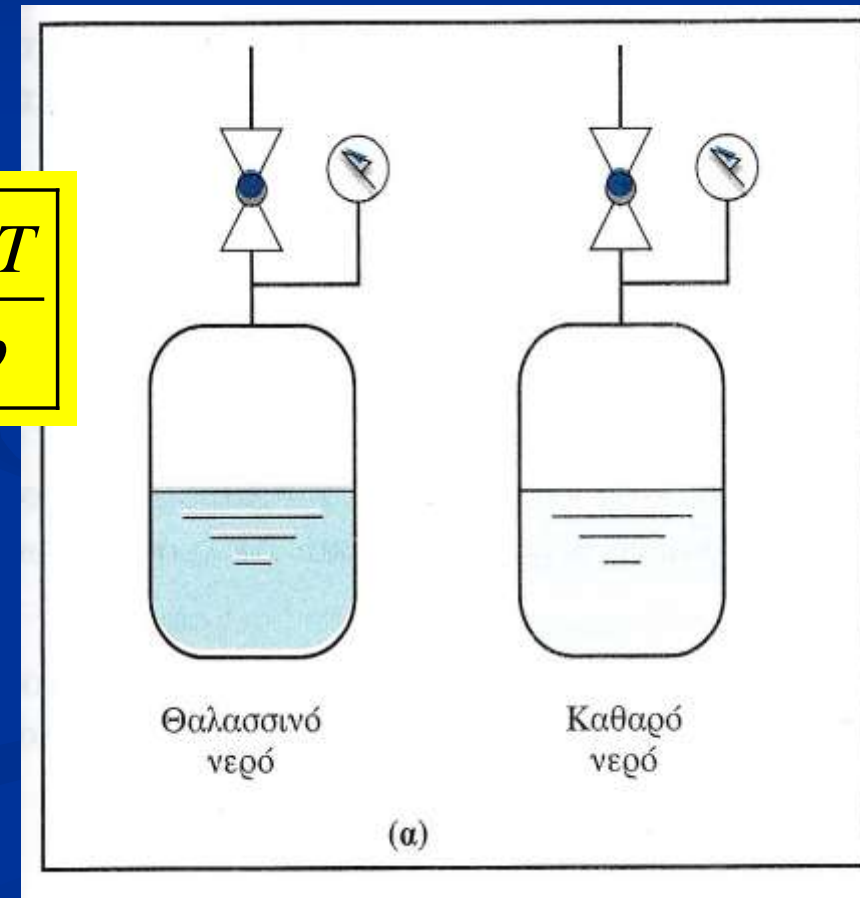
1.12 Θερμοδυναμική Θεώρηση διεργασίας Αφαλάτωσης. (7)

- Σε θερμοκρασία 25°C
- Η πίεση του καθαρού νερού είναι 3170 N/m²
- Η πίεση του θαλασσινού νερού 3111 N/m²
- Ο όγκος των ατμών 1g νερού υπολογίζεται από την καταστατική εξίσωση ως:

$$W = p \cdot \Delta V$$

$$p \cdot V = n \cdot R_u \cdot T = \left(\frac{m}{M_r} \right) \cdot R_u T \Rightarrow V = \left(\frac{m}{M_r} \right) \cdot \frac{R_u T}{p}$$

$$V = \left(\frac{1}{18} \right) \cdot \frac{8.314 \cdot 298}{3170} = 0.043 m^3$$





1.12 Θερμοδυναμική Θεώρηση διεργασίας Αφαλάτωσης. (8)

- Σε θερμοκρασία 25°C
- Η πίεση του καθαρού νερού είναι 3170 N/m²
- Η πίεση του θαλασσινού νερού 3111 N/m²
- Ο όγκος των ατμών 1g νερού υπολογίζεται από την καταστατική εξίσωση ως:

$$W = p \cdot \Delta V$$

$$p \cdot V = n \cdot R_u \cdot T = \left(\frac{m}{M_r} \right) \cdot R_u T \Rightarrow V = \left(\frac{m}{M_r} \right) \cdot \frac{R_u T}{p} \quad V = \left(\frac{1}{18} \right) \cdot \frac{8.314 \cdot 298}{3170} = 0.043 m^3$$

- Θεωρώντας 1m³ νερού η μάζα του 1000kg και ο όγκος των υδρατμών 43,000m³.
- Το απαιτούμενο έργο για την αφαλάτωση 1m³ νερού σε 25°C θα είναι:

$$W = p \cdot \Delta V = (3170 - 3111) \frac{N}{m^2} \cdot 43,000 m^3 = 2,537,000 J$$



1.12 Θερμοδυναμική Θεώρηση διεργασίας Αφαλάτωσης. (9)

- Θεωρώντας 1m^3 νερού η μάζα του 1000kg και ο όγκος των υδρατμών $43,000\text{m}^3$.
- Το απαιτούμενο έργο για την αφαλάτωση 1m^3 νερού σε 25°C θα είναι:

$$W = p \cdot \Delta V = (3170 - 3111) \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 43,000\text{m}^3 = 2,537,000\text{J}$$

$$W = 2537 \text{ kJ} = 2537 \text{ kW} \cdot \text{s} = 2537 \text{ kW} \cdot \left(\frac{1}{3600} \text{ h} \right) = 0.704 \cdot \text{kWh}$$



1.12 Θερμοδυναμική Θεώρηση διεργασίας Αφαλάτωσης. (10)

- Επιστημονικές.
- 1. Το έργο – απαίτηση ενέργειας που υπολογίστηκε είναι το ελάχιστο δυνατό.
- 2. Οι επιμέρους μεταβολές θεωρήθηκαν αντιστρεπτές επομένως δεν θεωρήθηκαν απώλειες θερμότητας.
- 3. Με τη μέθοδο που περιγράφηκε η ταχύτητα αφαλάτωσης προκύπτει μικρή.
- 4. Για να αυξηθεί η ταχύτητα της διεργασίας θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί συμπιεστής υψηλότερων επιδόσεων που θα οδηγήσει σε μη αντιστρεπτές διεργασίες με αποτέλεσμα μεγαλύτερο κόστος λόγω και του μεγαλύτερου απαιτούμενου έργου.
- Για μια πιο πραγματική εικόνα της διαδικασίας, η απαιτούμενη ενέργεια για την αφαλάτωση νερού αλατότητας 3,43% αυτή είναι 5-10 φορές μεγαλύτερη από τη θεωρητικά υπολογιζόμενη.



1.13 Κόστος Αφαλάτωσης.

(1)

- ...Πολλές φορές η λειτουργία μιας μονάδας αφαλάτωσης και το επενδυτικό σχέδιο δεν βασίζονται σε οικονομικά στοιχεία αλλά σε πολιτικές και κοινωνικές επιλογές που σχετίζονται με συγκεκριμένους εθνικούς στόχους.
- Το κόστος παραγωγής και επένδυσης αναφέρεται σε εγκαταστάσεις συλλογής καθαρισμού, απολύμανσης του νερού και μεταφοράς στο δίκτυο κατανάλωσης.
- Σήμερα η τεχνολογία αφαλάτωσης είναι ανταγωνιστική οικονομικά με συμβατικές μεθόδους παροχής πόσιμου νερού από επιφανειακά και υπόγεια αποθέματα.
- Οι μέθοδοι αφαλάτωσης δεν απαιτούν καθαρισμό του παραγόμενου νερού. Η επένδυση σημαντικών ποσών γίνεται για την κατασκευή εγκατάστασης λειτουργίας.
- Οι μέθοδοι αφαλάτωσης εφαρμόζονται όπου υπάρχει έλλειψη φυσικών πηγών πόσιμου νερού με πιθανά αυξημένο κόστος παραγωγής προς τους καταναλωτές.



1.13 Κόστος Αφαλάτωσης.

(1)

- Το κόστος αφαλάτωσης δίνεται ανά μονάδα παραγόμενου m³.
- Παράγοντες που καθορίζουν το κόστος του παραγόμενου νερού είναι:
 - 1. Το είδος της μεθόδου αφαλάτωσης
 - 2. Το κόστος του θαλασσινού ή υφάλμυρου νερού
 - 3. Το κόστος ενέργειας
 - 4. Το κόστος λειτουργίας
 - 5. Η δυναμικότητα παραγωγής
 - 6. Το είδος του νερού προς αφαλάτωση.



1.13 Κόστος Αφαλάτωσης.

(2)

- Κάθε μέθοδος διαφέρει στο κόστος παραγωγής νερού και εξαρτάται και από τους υπόλοιπους παράγοντες όπως και από τον τόπο και τη δυναμικότητα της μονάδας.
- Μπορεί σε μια περιοχή να είναι διαθέσιμη μεγάλη ποσότητα θερμότητας «δωρεάν» από εναλλάκτη θερμότητας εργοστασίου (π.χ από μονάδα ηλεκτροπαραγωγής) και έτσι να είναι προτιμότερη η μέθοδος της απόσταξης.
- Η μέθοδος απόσταξη με ηλιακή ακτινοβολία σε τόπο με μικρή ηλιοφάνεια δεν είναι προφανώς καλή επιλογή λόγω της μικρής απόδοσης.



1.13 Κόστος Αφαλάτωσης.

(3)

- Για κάθε μέθοδο θα πρέπει να αξιολογούνται παράμετροι όπως:
 - 1. Το κόστος επένδυσης και η οικονομική διάρκεια ζωής της μονάδας.
 - 2. Η δυναμικότητα της μονάδας. Αυξανομένης της δυναμικότητας μειώνεται το κόστος παραγωγής m³ παραγόμενου νερού.
 - 3. Το κόστος λειτουργίας .
 - 4. Η ύπαρξη ανταλλακτικών και κατάλληλου εργατικού δυναμικού (τροφοδοσία, εφοδιαστική αλυσίδα).
 - 5. Συχνότητα και κόστος συντήρησης.
 - 6. Διάρκεια ζωής – αξιοπιστία λειτουργίας.



1.13 Κόστος Αφαλάτωσης.

(4)

- Στο **κόστος λειτουργίας** περιλαμβάνεται κάθε λειτουργική δαπάνη, ανθρώπινο δυναμικό, χημικά που απαιτούνται. Τα συστήματα αυτόματου ελέγχου (αυτοματοποίηση διαδικασιών) και η εισαγωγή νέων τεχνολογιών μπορούν να μειώσουν το κόστος λειτουργίας της όλης εγκατάστασης.
- Η **δυναμικότητα** παραγωγής αναφέρεται στον όγκο παραγόμενου νερού. Αυξανόμενης της δυναμικότητας η ανά μονάδα παραγωγής δαπάνη μειώνεται αφού επιμέρους δαπάνες μπορεί να είναι σταθερές και ανεξάρτητες της δυναμικότητας.
- Το **είδος του νερού** προς αφαλάτωση είναι η σημαντικότερη παράμετρος για τον καθορισμό του τελικού κόστους του παραγόμενου νερού.
- **Υψηλή συγκέντρωση αλάτων** (όπως στο θαλασσινό νερό) απαιτεί πολύ μεγαλύτερη πίεση λειτουργίας σε μια μονάδα αντίστροφης ώσμωσης από ότι στην περίπτωση υφάλμυρου νερού.



1.13 Κόστος Αφαλάτωσης.

(5)

- Κακής ποιότητας θαλασσινό νερό απαιτεί προκατεργασία και επιβαρύνεται έτσι ο προϋπολογισμός του έργου.
- Σε μια **μελέτη σκοπιμότητας** θα πρέπει να προσδιορίζεται το κόστος επένδυσης και το κόστος λειτουργίας για να διαπιστώνεται η βιωσιμότητα της επένδυσης



1.13 Κόστος Αφαλάτωσης.

(6)

