



**ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΚΑΙ  
ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ  
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**

**ΘΕΡΜΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΙΑ**

## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

<b>1. Ο άνθρωπος και οι θερμικές συνθήκες</b> .....	3
<b>2. Ρυθμός μεταβολισμού</b> .....	4
<b>3. Παθολογία &amp; Επαγγελματική Έκθεση</b> .....	5
3.1 Παθολογία από θερμό εργασιακό περιβάλλον.....	5
3.1.1. Διαταραχές της θερμορύθμισης.....	5
3.1.2. Θερμική συγκοπή (θερμική λιποθυμία).....	6
3.1.3. Διαταραχές του υδρο-ηλεκτρολυτικού ισοζυγίου.....	7
3.1.4. Διαταραχές του δέρματος και των ιδρωτοποιών αδένων.....	7
3.2 Παθολογία από ψυχρό εργασιακό περιβάλλον .....	8
<b>4. Παράμετροι καθορισμού θερμικού περιβάλλοντος</b> .....	9
<b>5. Όργανα μέτρησης θερμικού περιβάλλοντος</b> .....	11
5.1 Θερμόμετρα ξηρής σφαίρας (dry bulb thermometers) .....	11
5.2 Θερμόμετρα υγρής σφαίρας (wet bulb thermometers).....	11
5.3 Ψηφιακό Υγρόμετρο (digital humidity meter).....	12
5.4 Συνεχόμενη καταγραφή της θερμοκρασίας και της υγρασίας .....	12
5.5 Καταθερμόμετρο (Katathermometer).....	13
5.6 Σφαιρικό θερμόμετρο (Globe thermometer).....	13
<b>6. Δείκτες θερμικής ευφορίας</b> .....	14
6.1 Γενικά .....	14
6.2 Προβλεπόμενη Μέση Ψήφος (Predicted Mean Vote – PMV).....	14
6.3 Προβλεπόμενο Ποσοστό Δυσαρέσκειας (Predicted Percentage of Dissatisfied –PPD) ...	17
6.4 Δείκτης Αισθητής Θερμοκρασίας –ET (Effective temperature index) .....	17
6.5 Δείκτης WBGT.....	19
<b>7. Μέτρα πρόληψης θερμικής καταπόνησης</b> .....	21
7.1 Επίπεδα πρόληψης.....	21
7.2 Θερμική καταπόνηση των εργαζόμενων κατά το θέρος.....	22
7.3 Οργανωτικά μέτρα.....	22
7.4 Τεχνικά μέτρα .....	23
7.5 Ομάδες υψηλού κινδύνου .....	23
<b>8. Σχέδιο αντιμετώπισης θερμικής καταπόνησης</b> .....	24
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</b> .....	26
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	28

## 1. Ο άνθρωπος και οι θερμικές συνθήκες

Οι θερμικές συνθήκες ενός εργασιακού χώρου σε συνάρτηση με τη μορφή και το είδος της εργασίας, προσδιορίζουν τις θερμικές ανταλλαγές μεταξύ ανθρώπου και περιβάλλοντος καθορίζοντας τη θερμική κατάσταση (θερμική άνεση ή θερμική καταπόνηση) του ανθρώπινου οργανισμού. Οι επιβαρημένοι θερμικά εργασιακοί χώροι έχουν επιπτώσεις στη σωματική και ψυχική υγεία, με την εξάντληση και κόπωση των φυσιολογικών μηχανισμών θερμορύθμισης του οργανισμού. Αυτό δε συμβάλλει μόνο στην εμφάνιση συγκεκριμένων επαγγελματικών νοσημάτων, αλλά περιορίζει σημαντικά και την ικανότητα του εργαζόμενου να αντιδράσει σωστά στα εξωτερικά ερεθίσματα ή να παρακολουθήσει σύνθετες εργασιακές διαδικασίες, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται εκείνες οι προϋποθέσεις που οδηγούν στα εργατικά ατυχήματα.

Ο άνθρωπος ως ομοιόθερμος οργανισμός, διατηρεί σταθερή τη θερμοκρασία του σώματος (ακόμα και όταν οι κλιματολογικές συνθήκες του εξωτερικού περιβάλλοντος δεν τον ευνοούν) και ιδιαίτερα εκείνη του λεγόμενου εσωτερικού πυρήνα, δηλαδή οργάνων όπως ο εγκέφαλος, η καρδιά και τα σπλάχνα, που δεν επιδέχονται σημαντικές θερμικές μεταβολές για τη φυσιολογική λειτουργία τους.

Σε φυσιολογικές συνθήκες η εσωτερική θερμοκρασία του σώματος ορίζεται στους 36,6°C, με διακυμάνσεις που κυμαίνονται μεταξύ των 36,1 και των 37,3°C.

Η θερμοκρασιακή ισορροπία του σώματος συντελείται μέσω της **θερμορύθμισης** και είναι το αποτέλεσμα δύο μηχανισμών, της **θερμογένεσης** και της **θερμοαποβολής**.

Για την καλή λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού απαραίτητη προϋπόθεση είναι η ύπαρξη ισορροπίας μεταξύ παραγόμενης, προσλαμβανομένης και αποβαλλόμενης θερμότητας, έτσι ώστε να διατηρείται σταθερή η εσωτερική θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος γύρω στους 37°C.

Η φυσική δραστηριότητα αυξάνει τη θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος, περίπου κατά 0,5°C για τη μέτρια εργασία και πάνω από 4°C για τη βαριά εργασία.

Ξεκινώντας από μια συγκεκριμένη θερμοκρασία που αντιστοιχεί στη ζώνη της **θερμικής ευεξίας** για τον εργαζόμενο έχουμε στην περίπτωση των θερμικών αποκλίσεων, την εμφάνιση των συμπτωμάτων του θερμικού stress. Η *ζώνη ευεξίας* δεν είναι η ίδια για όλους τους εργαζόμενους. Τα αίτια αυτών των διαφορών οφείλονται λιγότερο στο φύλο, την ηλικία ή τη φυλή και περισσότερο στο είδος και τη μορφή της εργασίας καθώς και στην ένδυση που με τη σειρά της επιδέχεται εποχιακές διαφορές.

## 2. Ρυθμός μεταβολισμού

Η απαιτούμενη ενέργεια για τη διατήρηση της ζωής και όλων των λειτουργιών, έρχεται στο σώμα από την εξώθερμη οξείδωση των καυσίμων που παράγονται από τις τροφές, δηλαδή των πρωτεϊνών, των λιπών και των υδατανθράκων. Παρόλο που η οξείδωση λαμβάνει χώρα σε ρυθμούς και θερμοκρασίες πολύ διαφορετικές από αυτές σε ισοδύναμη καύση στο εξωτερικό περιβάλλον, η θερμοδυναμική της οξείδωσης είναι ίδια και στις δύο περιπτώσεις. Η ισοδυναμία αυτή παρέχει τη βάση έμμεσου υπολογισμού των θερμίδων (indirect calorimetry) μετρώντας τη θερμότητα μεταβολισμού έμμεσα από το ρυθμό κατανάλωσης οξυγόνου. Ένα λίτρο οξυγόνου είναι περίπου ισοδύναμο με θερμότητα μεταβολισμού 5 Kcal. Ένας μέσος άνθρωπος κατά τη διάρκεια της ξεκούρασης καταναλώνει 0.3 lt οξυγόνου ανά λεπτό, το οποίο ισοδυναμεί με παραγωγή θερμότητας μεταβολισμού 1.5 Kcal/min ή περίπου 90 Kcal/hr. Η ενέργεια μεταβολισμού μπορεί είτε να μετρηθεί είτε να εκτιμηθεί από δεδομένους πίνακες όπως ο ακόλουθος:

Πίνακας Εκτίμησης Ενεργειακού Κόστους Εργασίας	
<b>I. Ανάλογα με τη θέση του σώματος</b>	<b>Kcal/min</b>
Καθιστική εργασία	0.3
Όρθια εργασία	0.6
Εργασία που απαιτεί βάδισμα	2.0-3.0
Εργασία που απαιτεί βάδισμα σε ανηφόρα	3.8
<b>II. Ανάλογα με το είδος της εργασίας</b>	<b>Μέσο Κόστος (Kcal/min)</b>
Εργασία με το ένα χέρι	
Ελαφριά	1.0
Βαριά	1.8
Εργασία με τα δύο χέρια	
Ελαφριά	1.5
Βαριά	1.5
Εργασία με όλο το σώμα	
Ελαφριά	3.5
Μέτρια	5.0
Βαριά	7.0
Πολύ βαριά	9.0

Πίνακας 1.

Ο ανωτέρω πίνακας αποτελεί τον πιο πρόσφατο του NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) και τονίζεται ότι οι διαφοροποιήσεις στις ενδεικνυόμενες αυτές τιμές είναι μεγάλες ανάλογα με το βάρος, την ηλικία καθώς και τη φυσική κατάσταση του εργαζόμενου.

### 3. Παθολογία & Επαγγελματική Έκθεση

Οι παθολογικές καταστάσεις που οφείλονται στην επαγγελματική έκθεση σε δυσμενές θερμικό περιβάλλον, ταξινομούνται σε δύο μεγάλες ομάδες ανάλογες των θερμικών συνθηκών που τις καθορίζουν.

- α. παθολογία από θερμό εργασιακό περιβάλλον.
- β. παθολογία από ψυχρό εργασιακό περιβάλλον.

#### 3.1 Παθολογία από θερμό εργασιακό περιβάλλον

Όταν έχουμε επαγγελματική έκθεση σε θερμό περιβάλλον το οποίο προκαλεί παρατεταμένη ή μεγάλη θερμική καταπόνηση στον οργανισμό, παρουσιάζονται διάφορες παθολογικές καταστάσεις οι οποίες οφείλονται, είτε στην εξασθένηση της θερμορύθμισης, είτε στις διαταραχές των βοηθητικών μηχανισμών αυτής, είτε ακόμη στις λειτουργικές αλλοιώσεις των οργάνων που συμμετέχουν. Αυτές οι καταστάσεις κατατάσσονται σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες φυσιοπαθολογικών εκδηλώσεων, σύμφωνα και με την ταξινόμηση που πρότεινε ο Minard το 1976.

##### 3.1.1. Διαταραχές της θερμορύθμισης

Η λειτουργική εξάντληση των μηχανισμών της θερμορύθμισης προκαλεί την άνοδο της κεντρικής θερμοκρασίας άνω των 40,5°C με ταυτόχρονη καταστολή των μηχανισμών της εφίδρωσης.

Αυτή η λειτουργική εξάντληση εκδηλώνεται κύρια με δύο παθολογικές καταστάσεις την *θερμοπληξία* και την *υπερπυρεξία*.

✓ Η **θερμοπληξία**, μπορεί να εκδηλωθεί είτε σταδιακά με πρόδρομα συμπτώματα είτε με οξύ τρόπο χωρίς καμία προειδοποίηση.

Στην πρώτη περίπτωση εκδηλώνεται με αίσθημα ανυπόφορης θερμότητας, ακολουθεί γενική εξάντληση, κεφαλαλγία και ναυτία συνοδευόμενη από εμετούς. Η συμπτωματολογία ολοκληρώνεται ή στις πρώτες δύο με τρεις ώρες από την εμφάνιση της ή το αργότερο εντός 48 ωρών.

Στην οξεία εμφάνισή του το σύνδρομο εκδηλώνεται με χαρακτηριστικά συμπτώματα όπως η άνοδος της εσωτερικής θερμοκρασίας του σώματος, η πλήρης καταστολή των μηχανισμών εφίδρωσης, η πτώση της αρτηριακής πίεσης, οι διαταραχές του ψυχισμού, οι σπασμοί και το κόμμα, εμφανίζονται επίσης ερυθρότητα, ξηρότητα και υπερθερμία του δέρματος.

Η πρόγνωση είναι πολλές φορές μοιραία, όπως αποδεικνύει ο υψηλός δείκτης θνητότητας που χαρακτηρίζει το σύνδρομο και ο οποίος προσεγγίζει το 21%.

✓ Η **υπερπυρεξία**, χαρακτηρίζεται και αυτή από την άνοδο της εσωτερικής θερμοκρασίας του σώματος που μπορεί να υπερβεί τους 40,5 °C, καθώς επίσης και από την πλήρη καταστολή των μηχανισμών της εφίδρωσης. Τα συμπτώματα αυτά συνοδεύονται από υπερκινητικότητα και κατάσταση παραληρήματος.

Η υπερπυρεξία θεωρείται από πολλούς ερευνητές πρόδρομος της θερμοπληξίας, καθώς και τα δύο σύνδρομα χαρακτηρίζονται από την τριάδα των συμπτωμάτων, διαταραχές της ψυχικής σφαίρας και του κεντρικού νευρικού συστήματος, άνοδος της θερμοκρασίας του σώματος και πλήρης καταστολή των μηχανισμών της εφίδρωσης. Η διαφορά τους όμως εστιάζεται στη βαρύτητα με την οποία εκδηλώνονται οι ψυχικές και νευρολογικές διαταραχές. Αυτή η βαρύτητα εξαρτάται όχι από τα επίπεδα της εσωτερικής θερμοκρασίας, αλλά από το χρονικό διάστημα έκθεσης του εγκεφάλου στην υψηλή θερμοκρασία. Η θερμοπληξία εκδηλώνεται με σαφώς βαρύτερα νευρολογικά συμπτώματα από την υπερπυρεξία, γεγονός που σημαίνει ότι στο θερμοπληκτικό σύνδρομο ο εγκέφαλος εκτέθηκε για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα στην υψηλή θερμοκρασία του σώματος.

Η υπερπυρεξία αντιμετωπίζεται με την μεταφορά του παθόντα σε δροσερό περιβάλλον και την άμεση ιατρική φροντίδα με την αποκατάσταση του υδρο - ηλεκτρολυτικού ισοζυγίου του. Η πλήρης αποκατάσταση της ομοιόστασης μπορεί να χρειαστεί περισσότερο από μια εβδομάδα.

### 3.1.2. Θερμική συγκοπή (θερμική λιποθυμία)

Ορίζεται ως *θερμική συγκοπή* (λιποθυμία) η παροδική και αιφνίδια απώλεια της συνείδησης, η οποία κατά κύριο λόγο οφείλεται σ' ένα ισχαιμικό εγκεφαλικό επεισόδιο λόγω μειωμένης αιματικής παροχής. Η πτώση της αιματικής παροχής στον εγκέφαλο εξαρτάται είτε από την μείωση της καρδιακής ικανότητας είτε από μια περιφερειακή αγγειοδιαστολή που προκαλεί στάση και υπόταση. Η θερμική συγκοπή εκδηλώνεται στα άτομα που εργάζονται σ' ένα πολύ θερμό εργασιακό περιβάλλον και συνοδεύεται από υπερθερμία (η κεντρική θερμοκρασία του σώματος πλησιάζει τους 39°C), ωχρότητα, ζαλάδες, γενική εξάντληση, ταχυκαρδία και λιποθυμία.

Το λιποθυμικό επεισόδιο που χαρακτηρίζει την θερμική συγκοπή, μπορεί να εμφανιστεί επίσης και σε άτομα τα οποία εργάζονται στην ορθή στάση σε μέτρια επίπεδα θερμοκρασίας, χωρίς όμως να παρατηρηθεί αύξηση της κεντρικής θερμοκρασίας του σώματος (υπερθερμία).

### 3.1.3. Διαταραχές του υδρο-ηλεκτρολυτικού ισοζυγίου

Η παθογένεση, τα κλινικά συμπτώματα καθώς και η ιατρική φροντίδα των διαταραχών του υδρο-ηλεκτρολυτικού ισοζυγίου, εξαρτώνται κύρια από τις αιτίες που προκάλεσαν αυτές τις διαταραχές.

✓ Το υδατικό έλλειμμα, οφείλεται κύρια στη μη επαναπρόσληψη του ύδατος που χάθηκε με την εφίδρωση.

Τα βασικά συμπτώματα της αφυδάτωσης μπορούν να εμφανιστούν μετά από σχετικά μικρό χρονικό διάστημα βαριάς εργασίας σε θερμό περιβάλλον και εφόσον απολεσθεί το 5% του συνολικού υδατικού όγκου (η εφίδρωση 1 λίτρου ιδρώτα, αντιστοιχεί στην απώλεια του 2,5% του συνολικού υδατικού όγκου, για έναν ενήλικα βάρους 75 Kg και ύψους 175 cm).

Η αφυδάτωση εκδηλώνεται με έντονο αίσθημα δίψας, ταχυκαρδία, καταστολή των μηχανισμών της εφίδρωσης και νοητική σύγχυση.

✓ Το ηλεκτρολυτικό έλλειμμα, οφείλεται στη μη επαναπρόσληψη του νατρίου που χάθηκε με τον ιδρώτα. Τα χαρακτηριστικά συμπτώματα που παρουσιάζει το έλλειμμα του νατρίου εκδηλώνονται κυρίως μετά από 7 με 8 ημέρες επαγγελματικής έκθεσης σ' ένα θερμό περιβάλλον και εντοπίζονται στη γενική εξάντληση, τις κράμπες (οξείες μυϊκοί πόνοι), τη βραδυκαρδία, τις ζαλάδες και τους εμετούς.

### 3.1.4. Διαταραχές του δέρματος και των ιδρωτοποιών αδένων

Οι διαταραχές της επιδερμίδας που οφείλονται στην έκθεση σε θερμό εργασιακό περιβάλλον ταξινομούνται σε δύο ομάδες διαφορετικής παθογένεσης.

Τα εγκαύματα προκαλούνται όταν η επιδερμίδα έρθει σε επαφή με θερμά στερεά ή υγρά αντικείμενα και η θερμοκρασία της ξεπεράσει τοπικά τους 60 °C. Επίσης εγκαύματα στην επιδερμίδα μπορεί να προκαλέσει και η ακτινοβολούμενη θερμοκρασία.

Το ερύθημα, το οίδημα και η φλύκταινα που χαρακτηρίζουν τα εγκαύματα εάν καλύπτουν μεγάλη επιφάνεια του σώματος μπορούν να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα στην γενικότερη κατάσταση υγείας των παθόντων.

Το εξάνθημα από θερμότητα, εκδηλώνεται με κνησμό (φαγούρα) και οφείλεται στην μακρά και διαρκή ύγρανση της επιδερμίδας από τον ιδρώτα. Συνοδεύεται με διακοπή της έκκρισης του ιδρώτα λόγω φραγμού των απεκκριτικών καναλιών του ιδρωτοποιού αδένα από κερατίνη. Τα εξανθήματα από τη θερμότητα όταν πλήττουν μεγάλες επιφάνειες του σώματος, επιδρούν αρνητικά

στους μηχανισμούς της θερμορύθμισης αφού καταστέλλει με μηχανικό τρόπο τη θερμοαποβολή μέσω της εξάτμισης του ιδρώτα.

### 3.2 Παθολογία από ψυχρό εργασιακό περιβάλλον

Όταν ο ανθρώπινος οργανισμός εκτίθεται σ' ένα πολύ ψυχρό εργασιακό περιβάλλον, μπορούν να υπάρξουν διαταραχές στους μηχανισμούς της θερμορύθμισης, εφ' όσον το ποσόν της θερμότητας που αποδίδεται μέσω των παθητικών μηχανισμών της θερμοαποβολής στο περιβάλλον, είναι μεγαλύτερο από το ποσόν της θερμότητας που παράγει ενδογενώς ο οργανισμός. Αυτό το αρνητικό θερμικό ισοζύγιο οδηγεί σε μια μείωση της κεντρικής θερμοκρασίας του οργανισμού (υποθερμία), που προκαλεί διαταραχές στο κεντρικό νευρικό σύστημα και το μυοκάρδιο καθώς επίσης και στο κέντρο της αναπνοής που βρίσκεται στον προμήκη μυελό. Η επίμονη και συνεχής ενεργοποίηση των μηχανισμών της θερμορύθμισης, για την παραγωγή και εξοικονόμηση θερμότητας, επηρεάζει αρνητικά και τις επιφάνειες του σώματος που είναι εκτεθειμένες στο ψυχρό εργασιακό περιβάλλον, οι οποίες μπορούν να παρουσιάσουν ανατομικές και ιστολογικές αλλοιώσεις.

Τα *κρυοπαγήματα* αποτελούν ιστολογικές αλλοιώσεις που οφείλονται κατά κύριο λόγο στην ισχαιμία που προκαλεί η έντονη αγγειοσυστολή.

Πρέπει να προσθέσουμε ότι η συχνή εναλλαγή θερμοκρασιακών καταστάσεων (ζέστη-κρύο), ευθύνεται για την εκδήλωση παθολογιών του μυϊκού (ψύξεις) καθώς επίσης και για την ανάπτυξη διάφορων μικροβιακών νοσημάτων του αναπνευστικού συστήματος.



#### 4. Παράμετροι καθορισμού θερμικού περιβάλλοντος

Οι παράμετροι που υπεισέρχονται για την εκτίμηση του θερμικού περιβάλλοντος είναι οι εξής:

κλιματολογικοί παράγοντες	άλλοι παράγοντες
◇ θερμοκρασία του αέρα	
◇ υγρασία του αέρα	◇ βαρύτητα της εργασίας
◇ ταχύτητα του αέρα	◇ ένδυση
◇ θερμική ακτινοβολία	◇ διάρκεια έκθεσης

Πίνακας 2.

Για την εκτίμηση του θερμοκρασιακού περιβάλλοντος ενός εργασιακού χώρου, υπάρχουν τέσσερα φυσικά μεγέθη (παράμετροι) που πρέπει να συνεκτιμηθούν προκειμένου να προσδιοριστεί η θερμοκρασιακή πραγματικότητα του χώρου. Αυτοί οι παράμετροι είναι η θερμοκρασία, η υγρασία, η ταχύτητα του αέρα καθώς επίσης και η ακτινοβολία των θερμικά ακτινοβολούντων σωμάτων ή επιφανειών.

Πράγματι, ένα εργασιακό περιβάλλον όπου η θερμοκρασία του αέρα είναι 35°C, η σχετική υγρασία μικρή και στο οποίο υπάρχει κίνηση του αέρα ενώ δεν υπάρχουν ακτινοβολούντα σώματα, είναι ευνοϊκότερο για τον εργαζόμενο από ένα περιβάλλον στο οποίο η θερμοκρασία του αέρα είναι 32°C, αλλά η σχετική υγρασία είναι μεγάλη, ο αέρας είναι πρακτικά ακίνητος και υπάρχουν ακτινοβολούντα σώματα στον εργασιακό χώρο.

Κατά συνέπεια, για την εκτίμηση του θερμοκρασιακού περιβάλλοντος ενός εργασιακού χώρου δεν αρκεί μόνο η μέτρηση της θερμοκρασίας του αέρα, αλλά πρέπει να προσδιοριστούν και να συνεκτιμηθούν ταυτόχρονα και οι άλλοι φυσικοί παράμετροι, δηλαδή η υγρασία του αέρα, η ταχύτητα αέρα και η θερμική ακτινοβολία.

Οι μικροκλιματικές συνθήκες στον εργασιακό χώρο είναι από εκείνους τους παράγοντες που επηρεάζουν άμεσα την αποδοτικότητα των εργαζόμενων και δημιουργούν τις προϋποθέσεις για διαταραχές όπως ανία, δυσφορία, απώλεια συγκέντρωσης και μείωσης της πνευματικής διαύγειας όπως επίσης μπορεί να γίνουν και αιτία προσωπικών τριβών μεταξύ συναδέλφων ή και τεταμένων εργασιακών σχέσεων.

Στους εργασιακούς χώρους που οι μικροκλιματικές συνθήκες καθορίζονται από κλιματιστικά μηχανήματα θα πρέπει αυτά να καθαρίζονται αφενός μεν σε τακτά χρονικά διαστήματα, για να μην

επιβαρύνουν τον εργασιακό χώρο με διάφορους μολυσματικούς παράγοντες, αφετέρου δε, να ρυθμίζονται κατάλληλα έτσι ώστε να επιτυγχάνεται:

- η ταχύτητα του αέρα σε καμία περίπτωση να μην είναι μεγαλύτερη από 0,2 m/sec .
- η ενδεδειγμένη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικών και εξωτερικών χώρων θα πρέπει να συμφωνεί με τις τιμές που καθορίζει ο πίνακας που ακολουθεί:

	Χειμώνας ( °C )	καλοκαίρι ( °C )				
εξωτερική θερμοκρ.	οποιαδήποτε	20	22	24	28	30
εσωτερική θερμοκρ.	20	20	21	22	24	25

Πίνακας 3.

**κατά τους καλοκαιρινούς μήνες η διαφορά μεταξύ εξωτερικής και εσωτερικής θερμοκρασίας δεν πρέπει να υπερβαίνει τους 5 °C**

- Οι ενδεικνύομενες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας για διάφορα είδη εργασίας είναι:

είδος εργασίας	θερμοκρασία °C
* εργασίες γραφείου	18 - 22
* ελαφριά βιομηχανία	15,5 - 19,5
* βαριά βιομηχανία	13 - 18

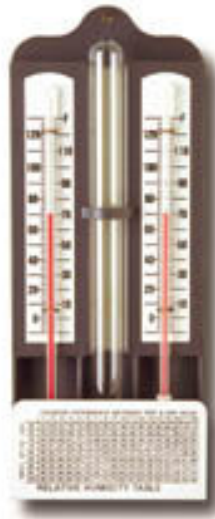
Πίνακας 4.

**η σχετική υγρασία πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 40 - 60 % και η ταχύτητα του αέρα δεν πρέπει να ξεπερνά τα 0,20 m/sec.**

## 5. Όργανα μέτρησης θερμικού περιβάλλοντος

Όπως προαναφέρθηκε οι τέσσερις κύριες παράμετροι που συνθέτουν το θερμικό περιβάλλον και καθορίζουν το ρυθμό μεταφοράς της θερμότητας μεταξύ του εργαζομένου και του περιβάλλοντος χώρου είναι η θερμοκρασία του αέρα, η υγρασία, η ταχύτητα του αέρα και η ακτινοβολία. Θα παρουσιάσουμε τώρα αναλυτικά τα χρησιμοποιούμενα όργανα και τις τεχνικές μέτρησης των μεταβλητών αυτών. Όπως είναι σαφές, η τεχνολογία εξελίσσεται σταθερά σε αυτήν την κατεύθυνση, επομένως η κάλυψη του θέματος περιορίζεται στα όργανα και τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται ευρύτερα.

### 5.1 Θερμόμετρα ξηρής σφαίρας (dry bulb thermometers)



Το ευρύτερα διαδεδομένο θερμόμετρο υδραργύρου με διάφορες κλίμακες ανάλογα με το μετρούμενο περιβάλλον. Τα μικρά θερμόμετρα (μήκος στήλης 100mm) έχουν διαβαθμίσεις 0.5 ενώ το μεγαλύτερο (μήκος στήλης 175 mm) έχουν διαβαθμίσεις 0.1 °C. Υπάρχει επίσης ποικιλία από ηλεκτρικά θερμόμετρα που χρησιμοποιούν ή θερμοηλεκτρικά ζεύγη είτε αντιστάσεις πλατίνας.

### 5.2 Θερμόμετρα υγρής σφαίρας (wet bulb thermometers)

Το θερμόμετρο υγρής σφαίρας είναι όπως το θερμόμετρο ξηρής σφαίρας, με τη διαφορά ότι η σφαίρα καλύπτεται με θρυαλλίδα που έχουμε διαβρέξει με απεσταγμένο νερό. Κατά τη διάρκεια της εξάτμισης του νερού από η θρυαλλίδα, θερμότητα εκλύεται από αυτήν με αποτέλεσμα η ένδειξη του θερμομέτρου να ελαττώνεται σε σχέση με τη θερμοκρασία του ξηρού θερμομέτρου, εκτός και αν ο αέρας είναι πλήρως κορεσμένος, οπότε το νερό δεν εξατμίζεται. Η σφαίρα μπορεί να αερίζεται από τεχνητό ρεύμα αέρα, μπορεί όμως να αερίζεται και κατά φυσικό τρόπο. Στην περίπτωση αυτή αναφερόμαστε στη θερμοκρασία «φυσικού υγρού θερμομέτρου» (natural wet bulb temperature).

### 5.3 Ψηφιακό Υγρόμετρο (digital humidity meter)



Μία πρόσφατη εξέλιξη στο χώρο της μέτρησης θερμοκρασίας-υγρασίας είναι το ηλεκτρονικό όργανο που μετρά τα παραπάνω. Ένας ανεμιστήρας, που λειτουργεί με μπαταρία, κινεί αέρα πάνω από τους αισθητήρες, ο ένας εκ των οποίων καλύπτεται από θρυαλλίδα που είναι συνεχώς υγρή. Μετά από ένα λεπτό, στην οθόνη υγρού κρυστάλλου φαίνεται η ένδειξη της θερμοκρασίας ξηρού θερμομέτρου καθώς και της σχετικής υγρασίας.

### 5.4 Συνεχόμενη καταγραφή της θερμοκρασίας και της υγρασίας



Ο Θερμοϋγρογράφος (Thermohydrograph) είναι ένα όργανο συνεχούς καταγραφής των τιμών της θερμοκρασίας και της υγρασίας. Η θερμοκρασία λαμβάνεται από μια διμεταλλική λωρίδα που κινείται ανάλογα με τις μεταβολές της θερμοκρασίας. Η υγρασία λαμβάνεται από ένα στοιχείο που περιλαμβάνει τα νήματα, το μήκος των οποίων μεταβάλλεται ανάλογα με την υγρασία. Και τα δύο αυτά στοιχεία ενώνονται με μολύβια που καταγράφουν τις μεταβολές αυτές σε χαρτί που εκτυλίσσεται γύρω από ένα περιστρεφόμενο

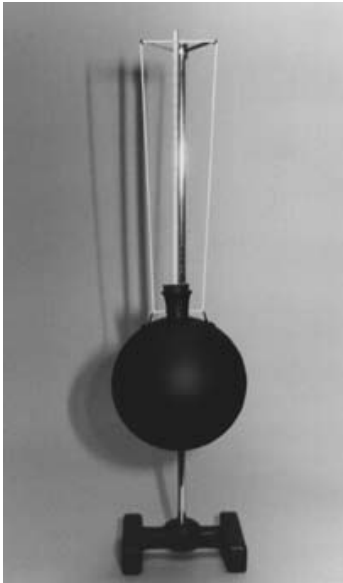
τύμπανο. Η περίοδος καταγραφής μπορεί να είναι ημερήσια, εβδομαδιαία ή μηνιαία.

### 5.5 Καταθερμόμετρο (Katathermometer)

Το καταθερμόμετρο περιέχει οινόπνευμα και φέρει μια μεγάλη ασημένια σφαίρα στη βάση του και μια μικρή σφαίρα στην κορυφή του. Η διαφορά της θερμοκρασίας από τη βάση στην κορυφή είναι  $3^{\circ}\text{C}$ . διατίθενται σε τρεις κλίμακες:  $38\text{-}35^{\circ}\text{C}$ ,  $54.5\text{-}51.5^{\circ}\text{C}$  και  $65.5\text{-}62.5^{\circ}\text{C}$ . Η συσκευή αυτή χρησιμοποιείται για να καθορίσει την ταχύτητα του αέρα. Η ταχύτητα του αέρα υπολογίζεται έμμεσα από την ενέργεια του αέρα, η οποία προσδιορίζεται από το ρυθμό πτώσης του υγρού λόγω συστολής, αφού πρώτα έχουμε θερμάνει τη σφαίρα της βάσης για να εξαπλωθεί το υγρό μέχρι την κορυφή.



### 5.6 Σφαιρικό θερμόμετρο (Globe thermometer)



Το σφαιρικό θερμόμετρο είναι θερμόμετρο αποτελούμενο από μια κοίλη χάλκινη σφαίρα βαμμένη στην εξωτερική της πλευρά με μαύρο ματ χρώμα. Η διάμετρος της σφαίρας διατίθεται σε 150 mm ή σε 44mm. Το θερμόμετρο των 150mm χρειάζεται περίπου 20 λεπτά για να δώσει την ένδειξη, ενώ το θερμόμετρο των 44 mm είναι ταχύτερο. Στην πράξη χρησιμοποιείται ευρύτερα το μεγάλο, διότι οι περισσότεροι υπολογισμοί έχουν γίνει με αυτό.

Το σφαιρικό θερμόμετρο δίνει μια αρκετά καλή ένδειξη της θερμότητας λόγω ακτινοβολίας, παρόλο που ενδέχεται να επηρεασθεί η ένδειξή του από την ταχύτητα του αέρα.

## 6. Δείκτες θερμικής ευφορίας

### 6.1 Γενικά

Ένα από τα κύρια ζητήματα που σχετίζονται με τη θερμοκρασία στους χώρους εργασίας είναι ο καθορισμός της ιδανικής θερμοκρασίας. Είναι προφανές από το προηγούμενο κεφάλαιο ότι ο καθορισμός αυτός προϋποθέτει τη γνώση όλων των υπολοίπων παραμέτρων που συνθέτουν το θερμικό περιβάλλον (υγρασία, ταχύτητα αέρα, θερμική ακτινοβολία) σε συνδυασμό με την παραγωγή θερμότητας λόγω της εργασίας (ανάλογα με τη φύση της εργασίας) καθώς και την ένδυση. Για παράδειγμα ένας εργαζόμενος που εκτελεί καθιστική εργασία παράγει περίπου 100 Kcal/h, ένας που εκτελεί ελαφριά εργασία όρθιος παράγει περίπου 200 Kcal/h, ενώ ένας τρίτος εργαζόμενος που η εργασία του απαιτεί το ανέβασμα σκάλας παράγει 350 Kcal/h.

Σε χαμηλή ταχύτητα αέρα και μέτρια υγρασία ο πρώτος αισθάνεται άνετα σε θερμοκρασία γύρω στους 30°C, ενώ στην ίδια θερμοκρασία οι υπόλοιποι δύο θα είχαν ιδρώσει. Ο δεύτερος εργαζόμενος αισθάνεται άνεση σε μία θερμοκρασία γύρω στους 25°C, ενώ ο τρίτος στους 20°C.

Διάφοροι ερευνητές έχουν κάνει προσπάθειες να καθορίσουν τα όρια εκείνα μέσα στα οποία ο εργαζόμενος αισθάνεται «θερμική ευφορία» και που η υπέρβαση αυτών ενδέχεται να έχει επιπτώσεις τόσο στην υγεία των εργαζομένων (μακροπρόθεσμα ή βραχυπρόθεσμα) όσο και στην παραγωγικότητα της εργασίας. Είναι σαφές ότι για τον καθορισμό τω ορίων αυτών πρέπει να υπολογισθεί μια συνισταμένη των παραμέτρων που συνθέτουν το θερμικό περιβάλλον ανάλογα με το σχετικό συντελεστή βαρύτητας της καθεμιάς. Όπως θα αναπτυχθεί παρακάτω, αυτό μπορεί να γίνει και με μετρήσεις που δεν έχουν σχέση με τις παραμέτρους αυτές, αλλά σχετίζονται με τις φυσιολογικές ανθρώπινες λειτουργίες όπως εφίδρωση, καρδιακός ρυθμός, εσωτερική θερμοκρασία.

Για τον καθορισμό της θερμικής ευφορίας προτάθηκαν κατά καιρούς διάφοροι δείκτες, ορισμένοι από τους οποίους επισημαίνονται στις παρακάτω παραγράφους

### 6.2 Προβλεπόμενη Μέση Ψήφος (Predicted Mean Vote – PMV)

Ο δείκτης PMV είναι ένα μέγεθος που προβλέπει την μέση τιμή των ψήφων ενός μεγάλου συνόλου ανθρώπων στην επτάβαθμη κλίμακα θερμικής αίσθησης που παρουσιάζεται στον Πίνακα 5. Ο δείκτης PMV μπορεί να προσδιορισθεί όταν η ενέργεια (ρυθμός μεταβολισμού) και η ένδυση(θερμική αντίσταση) έχουν εκτιμηθεί και οι παρακάτω περιβαλλοντικοί παράμετροι έχουν μετρηθεί:

- ✓ Θερμοκρασία του αέρα
- ✓ Μέση τιμή δείκτη ακτινοβολίας
- ✓ Σχετική ταχύτητα του αέρα

✓ Η πίεση εξάτμισης του νερού

+3	Εξαιρετικά θερμά
+2	Θερμά
+1	Ελαφρώς θερμά
0	Ουδέτερα
-1	Ελαφρώς ψυχρά
-2	Ψυχρά
-3	Εξαιρετικά ψυχρά

Πίνακας 5.

Ο PMV βασίζεται στο θερμικό ισοζύγιο του ανθρώπινου σώματος. Ο άνθρωπος βρίσκεται σε θερμική ισορροπία όταν η εσωτερική παραγωγή θερμότητας στο σώμα του ισούται με την αποβολή θερμότητας στο περιβάλλον.

Σε ένα μέτριο περιβάλλον το θερμορυθμιστικό του σύστημα θα προσπαθήσει αυτόματα να προσαρμόσει την επιδερμική θερμοκρασία και την εφίδρωση έτσι ώστε να διατηρήσει τη θερμική ισορροπία του σώματος. Στον προσδιορισμό του δείκτη PMV η φυσιολογική αντίδραση του θερμορυθμιστικού συστήματος προσδιορίστηκε στατιστικά από το τι δήλωσαν σχετικά με την θερμική αίσθηση πάνω από 1300 ερωτηθέντες.

Ο δείκτης PMV δίδεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$PMV = \left( 0.303 \cdot e^{-0.036M} + 0.028 \right) \times \left\{ \begin{aligned} & \left[ (M - W) - 3.05 \times 10^{-3} \times [5733 - 6.99(M - W) - p_a] - 0.42 \right. \\ & \times \left[ (M - W) - 58.15 \right] - 1.7 \times 10^{-5} M (5867 - p_a) - 0.001 \cdot 4M \cdot (34 - t_a) - 3.96 \times 10^{-8} f_{cl} \\ & \left. \times \left[ (t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4 \right] - f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \right] \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

όπου

$$t_{cl} = 35.7 - 0.028(M - W) - I_{cl} \left\{ 3.96 \times 10^{-8} f_{cl} \times \left[ (t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4 \right] + f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \right\}$$

$$h_c = \begin{cases} 2.38(t_{cl} - t_a)^{0.25} & \text{για } 2.38(t_{cl} - t_a)^{0.25} > 12,1\sqrt{v_{ar}} \\ 12,1\sqrt{v_{ar}} & \text{για } 2,38(t_{cl} - t_a)^{0,25} < 12,1\sqrt{v_{ar}} \end{cases}$$

$$f_{cl} = \begin{cases} 1.00 + 1.290 I_{cl} & \text{για } I_{cl} = 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{C/W} \\ 1.05 + 0.645 I_{cl} & \text{για } I_{cl} > 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{C/W} \end{cases}$$

όπου PMV είναι η προβλεπόμενη μέση ψήφος

$M$  είναι ο ρυθμός μεταβολισμού σε  $\text{Watts/m}^2$  σωματικής επιφανειακής περιοχής<sup>1</sup>

$W$  είναι το εξωτερικό έργο σε  $\text{Watts/m}^2$ , ίσο με το μηδέν στις περισσότερες εργασίες<sup>2</sup>

$I_{cl}$  είναι η θερμική αντίσταση της ένδυσης σε  $\text{m}^2 \cdot \text{C/Watt}$

$f_{cl}$  είναι ο λόγος τις καλυπτόμενης επιφάνειας όταν ο άνθρωπος είναι ντυμένος προς τον λόγο την επιφάνειας όταν ο άνθρωπος είναι γυμνός

$t_a$  είναι η θερμοκρασία του αέρα σε βαθμούς Κελσίου

$\bar{t}_r$  είναι η μέση τιμή της θερμοκρασίας ακτινοβολίας σε βαθμούς Κελσίου

$v_{ar}$  είναι η σχετική ταχύτητα του αέρα (σχετική ως προς το ανθρώπινο σώμα) σε  $\text{m/s}$

$p_a$  είναι η μερική πίεση εξατμιζόμενου νερού σε pascals

$h_c$  είναι ο συντελεστής συσχέτισης της θερμότητας που μεταφέρεται μέσω αγωγιμότητας σε  $\text{Watt /m}^2 \cdot \text{C}$

$t_{cl}$  είναι η επιφανειακή θερμοκρασία της ένδυσης σε βαθμούς Κελσίου

Από την εξίσωση (1) μπορεί να υπολογιστεί ο δείκτης PMV για διαφορετικούς συνδυασμούς ρυθμού μεταβολισμού, ένδυσης, θερμοκρασίας αέρα, μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας, ταχύτητας αέρα και υγρασίας αέρα. Οι εξισώσεις για  $t_{cl}$  και  $h_c$  μπορούν να λυθούν καθ' επανάληψη.

Ο δείκτης PMV υπολογίζεται για σταθερές συνθήκες αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί με καλή προσέγγιση κατά τη διάρκεια μικρών μεταβολών μιας ή περισσότερων μεταβλητών, με την προϋπόθεση ότι χρησιμοποιούνται οι χρονικά σταθμισμένοι ωριαίοι μέσοι όροι των μεταβλητών.

Προτείνεται να χρησιμοποιείται ο δείκτης PMV μόνο για τιμές μεταξύ  $-2$  και  $+2$ . Επιπρόσθετα, προτείνεται να χρησιμοποιείται ο παραπάνω δείκτης όταν οι έξι βασικές παράμετροι είναι ανάμεσα στα παρακάτω όρια:

$$M = 46 \text{ W/m}^2 \text{ έως } 232 \text{ W/m}^2 \text{ (0,8 met έως 0.4 met)}$$

$$I_{cl} = 0 \text{ m}^2 \cdot \text{C/W} \text{ έως } 0,310 \text{ m}^2 \cdot \text{C/W} \text{ (0 clo έως 2 clo)}$$

$$t_a = 10 \text{ }^\circ\text{C} \text{ έως } 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_r = 10^\circ\text{C} \text{ έως } 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$v_{ar} = 0 \text{ m/s} \text{ έως } 1 \text{ m/s}$$

**Για την ορθότερη χρήση του δείκτη πρέπει να λάβει υπόψιν του κανείς επιπλέον παραμέτρους οι οποίες και αναπτύσσονται στο ΕΛΟΤ EN ISO 7730.**

<sup>1</sup> 1 metabolic unit= 1 met= 58.2 W/m<sup>2</sup>

<sup>2</sup> 1 clothing unit= 1 clo= 0.155 m<sup>2</sup>·°C/Watt

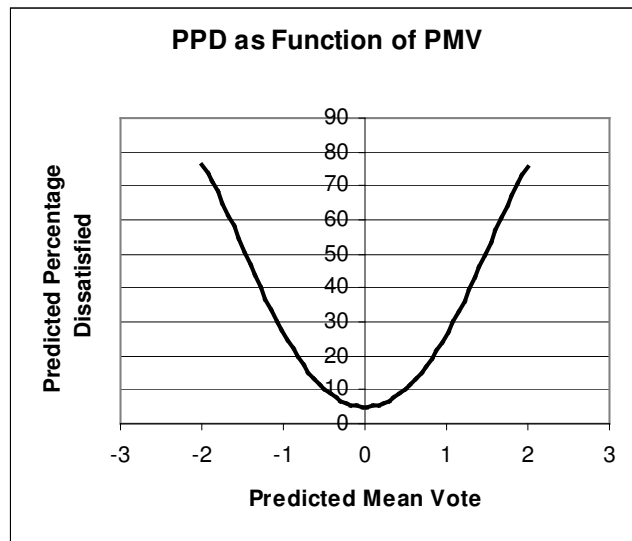


### 6.3 Προβλεπόμενο Ποσοστό Δυσαρέσκειας (Predicted Percentage of Dissatisfied –PPD)

Ο προαναφερόμενος δείκτης προβλέπει τη μέση τιμή από ένα μεγάλο σύνολο ανθρώπων οι οποίοι εκτίθενται στο ίδιο περιβάλλον. Αλλά μεμονωμένες ψήφοι διασπείρονται γύρω από αυτή τη μέση τιμή οπότε και είναι σκόπιμο να προβλεφθεί ο αριθμός των ανθρώπων που νιώθουν δυσάρεστα θερμά ή ψυχρά.

Ο δείκτης PPD εισάγει μια ποσοτική εκτίμηση του αριθμού των ανθρώπων που είναι θερμικά δυσανεσθημένοι. Ο PPD προβλέπει το ποσοστό ενός μεγάλου συνόλου ανθρώπων οι οποίοι νιώθουν εν δυνάμει εξαιρετικά θερμά ή ψυχρά π.χ. ψηφίζοντας +3 για το εξαιρετικά θερμά, +2 για το θερμά, -2 για το ψυχρά και -3 για το εξαιρετικά ψυχρά στην επτάβαθμη κλίμακα θερμικής αίσθησης. Όταν υπολογισθεί ο δείκτης PMV τότε ο δείκτης PPD μπορεί να βρεθεί από το σχήμα 1 ή από την εξίσωση:

$$PPD = 100 - 95 \times e^{-\left(\frac{0.03353}{PMV^4} + \frac{0.2179}{PMV^2}\right)}$$



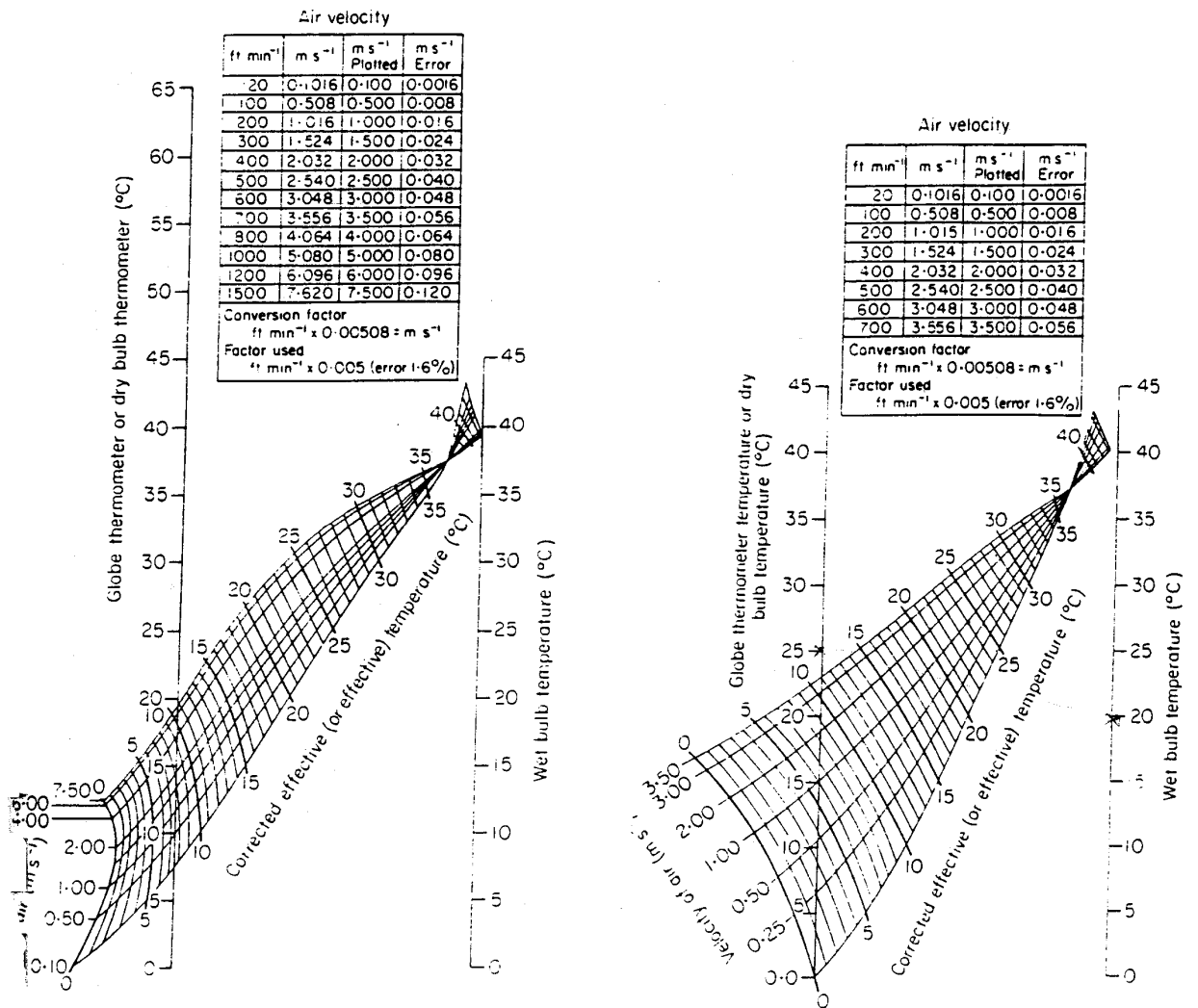
### 6.4 Δείκτης Αισθητής Θερμοκρασίας –ET (Effective temperature index)

Ο δείκτης αισθητής θερμοκρασίας (ET) συνδυάζει σε μία και μόνο τιμή το θερμικό αίσθημα που προξενείται από τη θερμοκρασία του αέρα, την υγρασία και την ταχύτητα του αέρα. Ο δείκτης προέκυψε από τα πειράματα του YAGLOY και βασίζεται στο υποκειμενικό αίσθημα που προκαλεί ο συνδυασμός των παραπάνω παραγόντων στον άνθρωπο.

Αν είναι γνωστή η θερμοκρασία του θερμομέτρου ξηρής σφαίρας, η σχετική υγρασία και η ταχύτητα του αέρα σε m/s, ο δείκτης ET προκύπτει από τα ακόλουθα διαγράμματα. Σημειωτέον ότι διακρίνουμε το διάγραμμα «Basic Effective Temperature» (βασική αισθητή θερμοκρασία) που

αναφέρεται σε εργαζόμενο γυμνό από τη μέση και πάνω και το διάγραμμα «Normal Effective Temperature» (φυσική αισθητή θερμοκρασία) που αναφέρεται σε εργαζόμενο φυσιολογικά ενδεδυμένο σε εσωτερικό χώρο.

Ο δείκτης δεν λαμβάνει υπ' όψιν τη θερμική ακτινοβολία. Προκειμένου να αντιμετωπισθεί η αδυναμία αυτή, προτάθηκε ο δείκτης «διορθωμένης αισθητής θερμοκρασίας» (CET) (Corrected Effective Temperature) που στη θέση της θερμοκρασίας θερμομέτρου ξηρής σφαίρας θέτουμε τη θερμοκρασία σφαιρικού θερμομέτρου



Διάγραμμα 2.

Η χρήση των παραπάνω διαγραμμάτων είναι απλή. Ενώνουμε με μια ευθεία τις τιμές που έχουμε πάρει από τις ενδείξεις του θερμομέτρου ξηρού σφαίρας (ή του σφαιρικού εάν πρόκειται να μετρήσουμε το CET) και του θερμομέτρου υγρής σφαίρας και βρίσκουμε το σημείο που η ευθεία τέμνει την καμπύλη της ταχύτητας αέρα.

Παρ' όλη τη σχετική ευκολία ο δείκτης ET παρουσιάζει αδυναμίες δεδομένου ότι βασίζεται στην υποκειμενική κρίση. Επιπροσθέτως στους υπολογισμούς δεν υπεισέρχεται ο πολύ σημαντικός παράγοντας του επιπέδου της εργασιακής δραστηριότητας. Επίσης ο δείκτης αυτός υπερεκτιμά τον παράγοντα υψηλή σχετική εργασία σε άνετες συνθήκες και υποεκτιμά τις βλαβερές επιπτώσεις της χαμηλής ταχύτητας του αέρα σε περιβάλλοντα υψηλής υγρασίας.

## 6.5 Δείκτης WBGT

Ο δείκτης WBGT (θερμοκρασία θερμομέτρου υγρού και σφαιρικού) είναι ένας από τους εμπειρικούς δείκτες που χρησιμοποιείται ευρύτατα. Ο προσδιορισμός του δείκτη WBGT συνεπάγεται τη μέτρηση δύο παράγωγων παραμέτρων:

-της θερμοκρασίας φυσικού υγρού θερμομέτρου ( $t_{nw}$ )

-της θερμοκρασίας σφαιρικού θερμομέτρου ( $t_g$ )

Σε ορισμένες περιπτώσεις απαιτείται η μέτρηση μιας βασικής παραμέτρου, της θερμοκρασίας του αέρα ( $t_a$ ) (θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου). Οι παραπάνω παράμετροι παρουσιάζουν την εξής σχέση ανάμεσά τους:

-σε εσωτερικούς εργασιακούς χώρους καθώς και σε εξωτερικούς χωρίς ηλιοφάνεια ισχύει:

$$WBGT = 0.7 \cdot t_{nw} + 0.3 \cdot t_g$$

-σε εξωτερικούς εργασιακούς χώρους με ηλιοφάνεια ισχύει:

$$WBGT = 0.7 \cdot t_{nw} + 0.2 \cdot t_g + 0.1 \cdot t_a$$

Με τη βοήθεια του δείκτη WBGT είναι φυσικό να εκτιμηθεί η θερμική καταπόνηση, αφού γίνει σύγκριση των δεδομένων που προκύπτουν από τις μετρήσεις με τις τιμές αναφοράς, οι οποίες παρουσιάζονται αναλυτικά στον ακόλουθο πίνακα, ο οποίος αντιστοιχεί στις προδιαγραφές του διεθνούς προτύπου ISO 7243-1982.

Κατηγορία ρυθμού μεταβολισμού	Ρυθμός μεταβολισμού M		Τιμή αναφοράς του WBGT			
	Ανά μονάδα επιφάνειας δέρματος W/m <sup>2</sup>	Ολικός (για μέση επιφ. Δέρματος 1.8 m <sup>2</sup> )	Άτομο εγκλιματισμένο		Άτομο μη εγκλιματισμένο	
0	M ≤ 65	M ≤ 117	33		32	
1	65 < M ≤ 130	117 < M ≤ 234	30		29	
2	130 < M ≤ 200	234 < M ≤ 360	28		26	
3	200 < M ≤ 260	360 < M ≤ 463	Μη αισθητή κίνηση αέρα	Αισθητή κίνηση αέρα	Μη αισθητή κίνηση αέρα	Αισθητή κίνηση αέρα
4	M > 260	M > 469	25	26	22	23
			23	25	18	20

Πίνακας 6.

Για την ορθή εκτίμηση, τα δεδομένα που προκύπτουν από την εφαρμογή της θερμικής εξίσωσης του δείκτη WBGT, συγκρίνονται με τις Οριακές Τιμές Επιτρεπτής Θερμικής Έκθεσης, που προτείνει η Αμερικανική Εταιρία Κυβερνητικών Υγιεινολόγων Βιομηχανίας (ACGIH) και φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ				
Εργασία	Διακοπή	Κατηγορίες Εργασίας		
		Ελαφριά	Μέτρια	Βαριά
Συνεχής	-	30	26,7	25
75%	25%	30,6	28	25,9
50%	50%	31,4	29,4	27,9
25%	75%	32,2	31,1	30

Οι τιμές δίνονται σε βαθμούς Κελσίου (°C)

Τα % ποσοστά εργασία-διακοπή αντιστοιχούν σε εργάσιμη ώρα

Πίνακας 7.

Οι τιμές του πίνακα αφορούν εγκλιματισμένους εργαζόμενους που είναι ντυμένοι με ελαφρά καλοκαιρινά ρούχα και με επαρκή πρόσληψη νερού αλατιού. Για μη εγκλιματισμένους εργαζόμενους οι οριακές τιμές (TLV) μειώνονται κατά 2,5°C

Η ποιότητα των ρούχων επηρεάζει τις οριακές τιμές TLV.

Πιο συγκεκριμένα η αξία μόνωσης ρουχισμού μετράται μέσω του δείκτη «clo». Ο παρακάτω πίνακας καθορίζει τις μεταβολές των TLV ανάλογα με τους τύπους των υφασμάτων.

TLVs Διορθωτικών Συντελεστών σε °C για ρουχισμό		
Είδος ρουχισμού	Τιμή (Clo)	Διόρθωση WBGT (°C)
Φόρμα θερινής εργασίας	0,60	0
Βαμβακερά πανωφόρια	1,00	-2
Φόρμα Χειμερινής εργασίας	1,40	-4
Αδιαπέραστο αδιάβροχο	1,20	-6

Πίνακας 8.

Ο ρουχισμός του εργαζομένου συντελεί σε σημαντικό βαθμό στη θερμική ισορροπία του σώματος. Το ποσόν της εναλλασσόμενης θερμότητας μεταξύ του ανθρώπου και του περιβάλλοντος της εργασίας εξαρτάται από την θερμική αντίσταση της ένδυσης. Στον πίνακα που ακολουθεί αναφέρονται τιμές θερμικής αντίστασης για διάφορες ενδυμασίες:

Τιμές Θερμικής Αντίστασης ένδυσης	clo
γυμνός άνθρωπος	0,0
άνθρωπος με εσώρουχα	0,1
κοντό παντελόνι, ανοικτό πουκάμισο	0,3
ελαφρά καλοκαιρινά ρούχα	0,5
ελαφρά ρούχα εργασίας	0,8
χειμερινή στολή εργασίας	1,0
βαριά χειμερινή καθημερινή ένδυση	1,5
ενδυμασία για πολύ κρύο περιβάλλον	3,0

Πίνακας 9.

## 7. Μέτρα πρόληψης θερμικής καταπόνησης

### 7.1 Επίπεδα πρόληψης

Για την αντιμετώπιση και εκτίμηση του θερμικού περιβάλλοντος στους εργασιακούς χώρους της βιομηχανίας, καθώς και στους χώρους των γραφείων, μπορούμε να εφαρμόσουμε εκτός από τα *ISO/DIS 7726*, *ISO/DIS 7730* και *ISO/DIS 7243* και την υπ' αριθμόν *130329/3.5.95 εγκύκλιο του Υπουργείου Εργασίας και Κοινωνικών Ασφαλίσεων*, τις συστάσεις της ACGIH (Αμερικάνικη Εταιρία Κυβερνητικών Υγειονολόγων Βιομηχανίας), καθώς και το Π.Δ 398/94 που αναφέρεται στις «Ελάχιστες προδιαγραφές ασφάλειας και υγείας κατά την εργασία με οθόνες οπτικής απεικόνισης σε συμμόρφωση με την οδηγία του Συμβουλίου 90/270/ΕΟΚ» Φ.Ε.Κ 221/Α της 19.12.94.

Η πρόληψη της υγείας των εργαζόμενων που εκτίθενται σ' ένα επιβαρημένο θερμικό περιβάλλον για να μπορεί να είναι αποτελεσματική, πρέπει να θεωρείται αναπόσπαστο κομμάτι των γενικότερων διαδικασιών εκτίμησης του επαγγελματικού κινδύνου και να μην αποτελεί μία περιστασιακή διαδικασία.

Ο ορθός προσδιορισμών όλων των φυσικών και φυσιολογικών παραμέτρων που συντελούν στους μηχανισμούς της θερμορύθμισης, θα καθορίσει τη μορφή και το είδος των αναγκαίων επεμβάσεων για τη διαμόρφωση ενός ανεκτού θερμικά εργασιακού περιβάλλοντος.

Μια τέτοια διαδικασία πρόληψης είναι ικανή να ανατρέψει κάθε κατάσταση κινδύνου και αναπτύσσεται σε δύο επίπεδα που στοχεύουν στη διαφύλαξη της υγείας των εργαζόμενων:

- **Την τεχνική πρόληψη**
- **Την ιατρική και οργανωτική πρόληψη**

**α.** Η *τεχνική πρόληψη*, βασίζεται κύρια στην απομάκρυνση των γενεσιουργών αιτίων κινδύνου με τη λήψη μέτρων τεχνικής φύσης καθώς και στη χρήση του ατομικού προστατευτικού εξοπλισμού.

**β.** Η *ιατρική και οργανωτική πρόληψη*, βασίζεται αφενός μεν σε οργανωτικές επεμβάσεις που στοχεύουν στη μείωση του χρόνου έκθεσης των εργαζόμενων στο βλαπτικό παράγοντα καθώς επίσης και στον περιορισμό του επιπέδου δραστηριότητας, αφετέρου δε στην *ιατρική παρακολούθηση της υγείας των εργαζόμενων* που εκτίθενται ή πρόκειται να εκτεθούν σ' ένα

δυσμενές θερμικά περιβάλλον, αφενός μεν για την έγκαιρη διάγνωση πρόωρων νοσηρών καταστάσεων, αφετέρου δε για τον εντοπισμό των ατόμων υψηλού κινδύνου.

Στη διάρκεια της ιατρικής εξέτασης ο γιατρός εργασίας πρέπει να εστιάσει την προσοχή του στον έλεγχο της καρδιοαγγειακής, νεφρικής και αναπνευστικής λειτουργίας καθώς επίσης και σε τυχόν διαταραχές των ενδοκρινικών αδένων.

## 7.2 Θερμική καταπόνηση των εργαζόμενων κατά το θέρος

Κατά τη διάρκεια του θέρους και ιδιαίτερα κατά την περίοδο που δημιουργούνται ειδικές συνθήκες με αύξηση της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας (συνθήκες καύσωνα), η θερμική καταπόνηση μπορεί να προκαλέσει σοβαρές βλάβες στην υγεία των εργαζομένων και προβλήματα στην παραγωγική διαδικασία.

Για την αντιμετώπιση της θερμικής καταπόνησης των εργαζομένων σε κλειστούς ή υπαίθριους χώρους, βάσει του Νόμου 1568/1985 και των Εγκυκλίων 140120/24-7-89 & 130427/26-6-90 του Υπουργείου Εργασίας, απαιτείται, *σύνταξη σχεδίου αντιμετώπισης της θερμικής καταπόνησης των εργαζομένων σε επίπεδο επιχείρησης.*

- Το σχέδιο συντάσσεται με τη συνεργασία του εργοδότη, του Τεχνικού Ασφάλειας, του Ειδικού Γιατρού Εργασίας και της Επιτροπής Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας.
- Στο σχέδιο αυτό εξειδικεύονται τα *οργανωτικά* και *τεχνικά* μέτρα που παίρνει η επιχείρηση με στόχο τη μείωση της θερμικής καταπόνησης των εργαζομένων.
- Επισημαίνεται ότι κατά τη σύνταξή του πρέπει να λαμβάνεται ιδιαίτερη μέριμνα για τις *ομάδες εργαζόμενων με ιδιαίτερα προβλήματα υγείας (ομάδες υψηλού κινδύνου).*

## 7.3 Οργανωτικά μέτρα

- ✓ Δημιουργία διαλειμμάτων κατάλληλης διάρκειας, για τη μείωση της θερμικής καταπόνησης των εργαζομένων.
- ✓ Διαμόρφωση κατάλληλων κλιματισμένων χώρων, κυλικείων ή άλλων, για την ανάπαυση των εργαζομένων.
- ✓ Διάθεση στους εργαζόμενους πόσιμου δροσερού νερού (10° – 15° C).
- ✓ Προγραμματισμός των εργασιών που καταπονούν θερμικά, εκτός θερμοκρασιακών αιχμών.

#### 7.4 Τεχνικά μέτρα

- ✓ Επαρκής γενικός αερισμός με εγκατάσταση ανεμιστήρων στα ψηλά σημεία των αιθουσών και αερισμό ζωνών εργασίας με φυγοκεντρικούς ανεμιστήρες.
- ✓ Επαρκής ανανέωση του αέρα των εργασιακών χώρων με προσαγωγή νωπού αέρα, μη κλιματισμένου και σύγχρονη επαγωγή του αέρα του χώρου εργασίας.
- ✓ Επιθυμητή είναι η ύπαρξη και λειτουργία κλιματιστικών στους χώρους εργασίας, όταν αυτό είναι δυνατόν.
- ✓ Θερμομόνωση, βάψιμο με λευκό, βρέξιμο της πλάκας ή στέγης.
- ✓ Κατασκευή σκιάστρων.
- ✓ Μόνωση των πηγών θερμότητας.

#### 7.5 Ομάδες υψηλού κινδύνου

**Κατά τους θερινούς μήνες οι εργαζόμενοι, που με τη γνωμάτευση Γιατρού Εργασίας ανήκουν σε μία από τις παρακάτω ομάδες υψηλού κινδύνου, χρειάζονται ιδιαίτερη φροντίδα και συνίσταται η αποχή τους από την εργασία για το χρονικό διάστημα της επικράτησης «συνθηκών καύσωνα»:**

- Καρδιοπαθείς: με στεφανιαία νόσο, βαλβιδοπάθειες, μυοκαρδιοπάθειες.
- Πνευμονοπαθείς: με αναπνευστική ανεπάρκεια, πνευμονικό εμφύσημα, άσθμα.
- Εργαζόμενοι με σακχαρώδη διαβήτη, χρόνια νεφρική ανεπάρκεια, διαταραχές της ηπατικής λειτουργίας, του θυρεοειδούς και της αρτηριακής πίεσης, αναιμία, ψυχικά νοσήματα, δερματοπάθειες, παχυσαρκία.
- Εργαζόμενοι που παίρνουν φάρμακα: διουρητικά, αναστολείς ιόντων ασβεστίου, αντιχολινεργικά, ψυχοφάρμακα, αντιεπιληπτικά, αντιδιαβητικά, ορμόνες.
- Εγκυμονούσες.

Με την εξαγγελία επικράτησης συνθηκών καύσωνα, πρέπει επίσης να παρθούν τα ακόλουθα μέτρα:

- ✓ Μείωση της απασχόλησης σε υπαίθριες εργασίες από τις 12:00 έως τις 15:00.
- ✓ Μείωση της απασχόλησης σε ιδιαίτερα επιβαρημένους θερμικά χώρους, όπως μηχανοστάσια, χυτήρια, υαλουργίες, κεραμοποιίες, ναυπηγικές εργασίες κλπ, από τις 12:00 έως τις 15:00.
- ✓ Μείωση των ιδιαίτερα βαρέων εργασιών.

## 8. Σχέδιο αντιμετώπισης θερμικής καταπόνησης

Κατά τη διάρκεια του θέρους και ιδιαίτερα κατά την περίοδο που δημιουργούνται ειδικές συνθήκες με αύξηση της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας, η θερμική καταπόνηση μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα στην υγεία των εργαζομένων.

Για την αντιμετώπιση της θερμικής καταπόνησης των εργαζομένων σε κλειστούς και ανοικτούς χώρους εργασίας βάσει του Ν.1568/1985 και των Εγκυκλίων 140120/89 και 130427/90 απαιτείται η σύνταξη σχεδίου αντιμετώπισης της θερμικής καταπόνησης των εργαζομένων σε επίπεδο επιχείρησης

Στο σχέδιο αυτό εξειδικεύονται τα οργανωτικά και τεχνικά μέτρα που παίρνει η επιχείρηση με στόχο τη μείωση της θερμικής καταπόνησης των εργαζομένων της. Επισημαίνονται επίσης οι ομάδες εργαζομένων υψηλού κινδύνου για τις οποίες πρέπει να λαμβάνεται ιδιαίτερη μέριμνα.

Ένα Σχέδιο αντιμετώπισης θερμικής καταπόνησης μπορεί να περιλαμβάνει τα παρακάτω κεφάλαια:

- Κεφάλαιο Α: Καταγραφή εργαζομένων
  - ✓ Διαχωρισμός υπαλλήλων ανάλογα με χώρο εργασίας και δημιουργία ατομικής καρτέλας με δείκτη ευφορίας κατά την εργασία
  - ✓ Καταγραφή εργαζομένων, που εντάσσονται στις ευπαθείς κατηγορίες και υπολογισμός διαλειμμάτων σε περιπτώσεις υπέρβασης ορίων
  
- Κεφάλαιο Β: Ανάλυση χώρων εργασίας
  - ✓ Κάτοψη των εγκαταστάσεων της επιχείρησης με χρωματικό διαχωρισμό των εργασιακών χώρων σε ζώνες ανάλογα με τη θερμική έκθεση
  - ✓ Αποτελέσματα μετρήσεων θερμικής αίσθησης ή WBGT και σύγκρισή τους με όρια TLV επιτρεπτής θερμικής έκθεσης
  - ✓ Αναφορά στα ενδύματα εργασίας για κάθε ζώνη απασχόλησης
  
- Κεφάλαιο Γ: Ενέργειες Άμεσης Βοήθειας
  - ✓ Καταγραφή σε συνεργασία με Ιατρό Εργασίας ενεργειών για Α΄ Βοήθειες σε περίπτωση παθολογικής κατάστασης



- Κεφάλαιο Δ: Εκπαίδευση-Ενημέρωση Εργαζομένων ✓ Καταγραφή ενημερωτικών δελτίων προς χορήγηση στους εργαζομένους σε περιπτώσεις περιόδων ειδικών συνθηκών
  - ✓ Καταγραφή αντικειμένων εκπαίδευσης εργαζομένων σε σχέση με τη θερμική καταπόνηση (πρόγραμμα εκπαίδευσης, διάρκεια, αρχείο εργαζομένων που έχουν εκπαιδευθεί κτλ.)
  
- Κεφάλαιο Ε: Καταγραφή Μέσων
  - ✓ Καταγραφή μέσων:
    - Διάθεση φορείου
    - Ψυκτών σε συγκεκριμένα σημεία
    - Ειδών Φαρμακείου
  
- Κεφάλαιο ΣΤ: Καταγραφή Τεχνικών Μέτρων
  - ✓ Καταγραφή μέσων ψύξης/θέρμανσης
  - ✓ Καθιέρωση ημερομηνιών βαφής εγκαταστάσεων
  - ✓ Καταγραφή ημερομηνιών ετησίου ελέγχου σκιάστρον ή/και κλιματιστικών συσκευών
  
- Παράρτημα ✓ Πίνακας Οριακών Τιμών Θερμικής Έκθεσης
  - ✓ Τιμές Θερμικής Αντίστασης Ενδυμάτων
  - ✓ Πίνακας διορθωτικών τιμών TLV

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

Παραδείγματα θερμικής έκθεσης

Παράδειγμα 1<sup>ο</sup>

Σύνοψη του αισθήματος άνεσης δύο ομάδων μαθητών που εκτέθεισαν σε θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου 22.2 °C, θερμοκρασία υγρού θερμομέτρου 16.1 °C, σχετική υγρασία 56% και ταχύτητες αέρα από 0.25-0.28 m/s

Αίσθημα άνεσης	Μαθητές από την Εύκρατη Ζώνη (%)	Μαθητές από την Τροπική Ζώνη (%)
Θερμοκρασία άνεσης	36	7
Αρκετή ζέστη	14	0
Πολύ Αποπνικτικά	30	0
Ευχάριστη δροσιά	7	36
Ευχάριστη ζέστη	0	31
Δροσερός αέρας	30	50

Παράδειγμα 2<sup>ο</sup>

**Παραδείγματα Πραγματικών θερμοκρασιών σε διαφορετικούς συνδυασμούς θερμοκρασίας αέρα, σχετικής υγρασίας και ταχύτητας αέρα**

Θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου υπό σκιά	Σχετική Υγρασία (%)	Πραγματική Θερμοκρασία σε συγκεκριμένες ταχύτητες αέρα			Πραγματική Θερμοκρασιακή Διαφορά για ταχύτητες αέρα αυξανόμενες από: 0.1 σε 22.5 m/s
		0.1 cm/s	0.5 cm/s	22.5 m/s	
40.6	75	36.7	36.7	36.1	-0.6
	40	32.8	32.2	31.4	-1.4
	20	30.6	30.0	29.2	-1.4
35	90	33.9	33.3	32.2	-1.7
	75	31.7	31.4	30.0	-1.7
	40	28.9	28.3	26.9	-2.0
29.4	90	28.6	27.7	25.6	-3.0
	75	27.2	26.7	24.4	-2.8
	40	24.4	23.9	22.2	-2.2

Σημείωση: Όλες οι απόλυτες θερμοκρασίες δίδονται σε βαθμούς Κελσίου

Παράδειγμα 3<sup>ο</sup>

Σύγκριση συνθηκών εσωτερικής, εξωτερικής θερμοκρασίας και υγρασίας υποθέτοντας μια συνεχή ταχύτητα αέρα με μέτρο 0.3 m/s πάνω από μια υγρή επιφάνεια

Τοποθεσία	Θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου	Θερμοκρασία υγρού θερμομέτρου	Σημείο Δρόσου	Σχετική Υγρασία	Πραγματικά Αισθητή Θερμοκρασία
Outside	43.3	24.4	16.1	21%	29.5
Inside	32.2	26.1	24.4	65%	27.2

Σημείωση: Όλες οι απόλυτες θερμοκρασίες δίδονται σε βαθμούς Κελσίου

Παράδειγμα 4<sup>ο</sup>

Οι τιμές για τις περιβάλλουσες και πιο αντιλαμβανόμενες θερμοκρασίες και υγρασίες σε τέσσερις τροπικές πόλεις

	Θερμοκρασία Ξηρού θερμομέτρου	• Θερμοκρασία Υγρού θερμομέτρου	Σημείο Δρόσου	Σχετική Υγρασία	Πραγματικά αισθητή θερμοκρασία
Περιβάλλουσες συνθήκες:					
Δελχί, Ινδία	43.3	24.4	16.1	21%	30.4
Αμπαντάν, Ιράν	46.1	26.7	19.4	22%	31.9
Βομβάη, Ινδία	32.2	27.7	26.7	72%	29.0
Λάγος, Νιγηρία	35.0	28.3	27.8	62%	30.2
Επιθυμητές συνθήκες	25.6	19.4	15.6	55%	22.5

Σημείωση: Όλες οι απόλυτες θερμοκρασίες δίδονται σε βαθμούς Κελσίου

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Θέματα Υγιεινής και Ασφάλειας για επιχειρήσεις Γ΄ κατηγορίας, Εκδόσεις ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε., 2003
- Διπλωματική Εργασία «Θερμοκρασία στους Εργασιακούς Χώρους», Σεφτελής Γεώργιος, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, 1997
- Εκδόσεις ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε., «Παθολογία από θερμό εργασιακό περιβάλλον»
- Κέντρο Υγιεινής & Ασφάλειας της Εργασίας Κ.Υ.Α.Ε., «Προστασία του Εργαζομένου σε υψηλές θερμοκρασίες», Αθήνα 1991
- ΕΛΟΤ EN ISO 7730, «Μη ακραίο θερμικό περιβάλλον- Προσδιορισμός των δεικτών PMV και PPD και προδιαγραφή των συνθηκών για θερμική άνεση», Αθήνα 1995
- Π.Σ.Δ.Μ-Η., «Περιμένοντας τον καύσωνα...άμεσα μέτρα στους χώρους εργασίας», 1989