



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

ΤΟΜΕΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ
ΜΕΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΚΑΤΑ
ΤΗ ΘΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟ**

Επιμέλεια: ΜΠΟΥΣΙΟΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ, 02104083

Επιβλέπων Καθηγητής: ΚΙΜΩΝ ΑΝΤΩΝΟΠΟΥΛΟΣ

ΑΘΗΝΑ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2010

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	4
---------------	---

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ(ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ) **ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ**

1.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	6
1.2 ΔΙΑΚΡΙΤΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΑΦΟΡΙΚΗΣ ΕΞΙΣΩΣΗΣ.....	7
1.3 ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΗΣ ΜΟΝΟΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ.....	8
1.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΠΛΕΓΜΑ.....	9
1.5 ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΗ ΕΞΙΣΩΣΗ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ.....	10
1.6 ΟΡΙΑΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ.....	13
1.7 ΜΕΤΑΒΑΛΟΜΕΝΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΣΕ ΥΛΙΚΑ.....	15
1.8 ΕΠΙΛΥΣΗ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ ΤΡΙΔΙΑΓΩΝΙΑΣ ΜΟΡΦΗΣ (TDMA).....	16

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ(ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ) **ΘΕΡΜΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΤΙΡΙΟΥ**

2.1 ΤΟΙΧΟΣ ΟΜΟΓΕΝΟΥΣ ΥΛΙΚΟΥ-ΟΡΙΑΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ DIRICHLET...	19
2.2 ΤΟΙΧΟΣ ΟΜΟΓΕΝΟΥΣ ΥΛΙΚΟΥ-ΟΡΙΑΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΥΝΑΓΩΓΗΣ..	23
2.3 ΤΟΙΧΟΣ ΟΜΟΓΕΝΟΥΣ ΥΛΙΚΟΥ-ΟΡΙΑΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΥΝΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ.....	26
2.4 ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΤΕΣΣΕΡΙΣ ΤΟΙΧΟΥΣ ΠΟΛΛΩΝ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΔΙΑΒΑΤΙΚΑ ΜΟΝΩΜΕΝΗ ΟΡΟΦΗ.....	29
2.5 ΠΛΗΡΩΣ ΜΟΝΩΜΕΝΟ ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΤΕΣΣΕΡΙΣ ΤΟΙΧΟΥΣ ΚΑΙ ΟΡΟΦΗ(ΧΩΡΙΣ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ).....	37
2.6 ΚΤΙΡΙΟ ΧΩΡΙΣ ΜΟΝΩΣΗ.....	43

2.7 ΕΥΡΕΣΗ ΚΡΙΣΙΜΟΥ ΠΑΧΟΥΣ ΜΟΝΩΣΗΣ ΤΗΣ ΟΡΟΦΗΣ.....	49
2.8 ΠΛΗΡΩΣ ΜΟΝΩΜΕΝΟ ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΤΕΣΣΕΡΙΣ ΤΟΙΧΟΥΣ ΚΑΙ ΟΡΟΦΗ ΣΥΜΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ.....	53
2.9 ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ.....	70
2.10 ΕΠΙΠΛΩΣΗ.....	75
2.11 ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ.....	79
2.12 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΝΟΤΗΤΩΝ 2.9-2.11 ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	81
2.13 ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ.....	84
2.14 ΥΠΟΨΥΞΗ-ΔΙΑΚΟΠΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΗΣ.....	87
2.15 ΜΕΛΕΤΗ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΑΡΧΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ.....	89
2.16 ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	91
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	93
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΚΩΔΙΚΑ.....	94

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία είναι το αποτέλεσμα μιας δουλειάς που κράτησε περίπου 5 μήνες. Το αντικείμενο της είναι αφ ενός μεν η παρουσίαση και περιγραφή της υπολογιστικής μεθόδου των πεπερασμένων διαφορών σε προβλήματα φαινομένων μεταφοράς και πιο συγκεκριμένα αγωγής θερμότητας, η οποία αναλύεται στο θεωρητικό μέρος της εργασίας, ενώ αφ ετέρου είναι η πρακτική και αριθμητική προσομοίωση της θερμικής συμπεριφοράς κτιρίου.

Η μελέτη της θερμικής συμπεριφοράς ενός κτιρίου είναι μία πολύπλοκη διαδικασία και η πολυπλοκότητα της αυτή οφείλεται στην εξάρτηση της από πολλούς παράγοντες όπως είναι τα υλικά κατασκευής τοίχων και οροφής, η παρουσία ή όχι μόνωσης, η διακύμανση της εξωτερικής θερμοκρασίας κ.α. Για το λόγο αυτό ακολουθήσαμε μία βηματική προσέγγιση του φαινομένου που ξεκινάει από το πιο απλό στάδιο και συνεχίζεται με τη μεταβολή κάποιων παραμέτρων καθώς και την προσθήκη νέων έτσι ώστε να αντικατοπτρίζει σε ικανοποιητικό βαθμό την ανθρώπινη πραγματικότητα.

Το χρονικό υπόβαθρο των υπολογισμών τοποθετείται κατά τη θερινή περίοδο στην Αθήνα, ενώ επιλέχθηκε η 21^η Ιουλίου. Η επιλογή αυτή στηρίχτηκε από τη μία στο γεγονός πως ο Ιούλιος αποτελεί το θερμότερο μήνα του χρόνου και από την άλλη διότι τα κλιματολογικά δεδομένα που χρησιμοποιούνται έχουν αντληθεί από την ASHRAE η οποία δίνει τα στοιχεία αυτά για την 21^η κάθε μήνα.

Η εφαρμογή της μεθόδου των πεπερασμένων διαφορών έγκειται στη μοντελοποίηση της διαφορικής εξίσωσης μετάδοσης θερμότητας που εκφράζει τη θερμική συμπεριφορά κτιρίου. Το μαθηματικό μοντέλο που προκύπτει κωδικοποιείται και επιλύεται με τα δεδομένα που προκύπτουν να καταγράφονται σε κατάλληλα διαγράμματα κατανομής θερμοκρασιών, θερμοροών για πολυστρωματικούς τοίχους και οροφή ενώ επικεντρωνόμαστε στην παρούσα εργασία στη διερεύνηση της μεταβολής της εσωτερικής θερμοκρασίας του κτιρίου. Ένας ακριβής υπολογισμός θα πρέπει να περιλαμβάνει τη μελέτη όλων εκείνων των παραμέτρων που επενεργούν λίγο ή πολύ στη διαμόρφωση της εσωτερικής θερμοκρασίας. Έτσι θα έπρεπε πέραν της θερμοροής μέσω οροφής, τοίχων, επίπλωσης και υαλοπινάκων που

εξετάζουμε να υπολογιστούν όλα τα θερμικά κέρδη από ηλεκτρικές συσκευές, φωτισμό κτλ. Λαμβάνοντας ωστόσο ότι τα φορτία αυτά υπό φυσιολογικές συνθήκες δεν είναι αρκετά έτσι ώστε να προκαλέσουν θεαματικές αλλαγές στη θερμοκρασία του χώρου, στη παρούσα μελέτη αμελούνται. Έτσι η εξέταση της θερμικής συμπεριφοράς του κτιρίου επικεντρώνεται στα θερμικά κέρδη από οροφή, τους τέσσερις πλαινούς τοίχους, τους εσωτερικούς τοίχους, την επίπλωση και τους υαλοπίνακες.

Τέλος ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να δώσω στον επιβλέποντα καθηγητή μου κύριο Κίμωνα Αντωνόπουλο για τις κατά καιρούς υποδείξεις του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

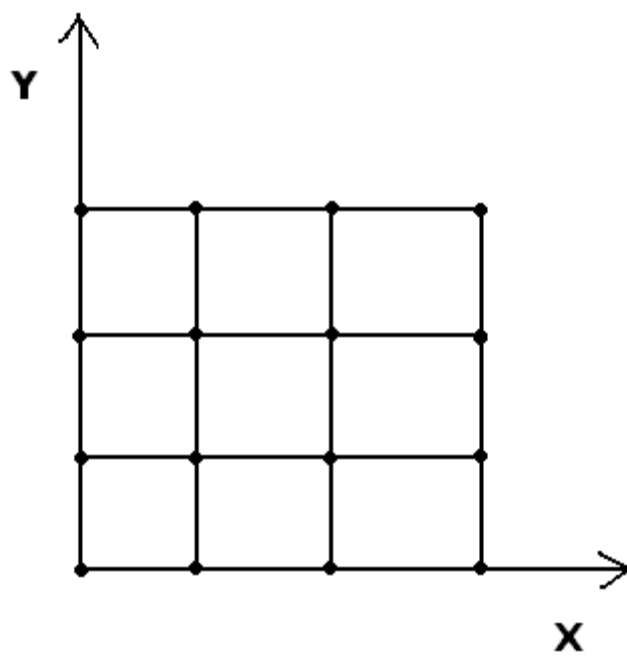
ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η μέθοδος των πεπερασμένων διαφορών είναι η πιο διαδεδομένη μέθοδος τα τελευταία 30 χρόνια για την υπολογιστική-αριθμητική επίλυση προβλημάτων φαινομένων μεταφοράς. Η εξέλιξη των Η/Υ συνέβαλε προς αυτή την κατεύθυνση μιας και η επίλυση διαφορικών εξισώσεων είναι πολλές φορές δύσκολη και άλλες φορές αδύνατη.

Η μέθοδος αυτή προϋποθέτει κάποια πολύ βασικά πράγματα για την εφαρμογή της:

- Χωρισμό της περιοχής επίλυσης σε υποπεριοχές σχηματιζόμενες από πλέγμα γραμμών ή επιπέδων συντεταγμένων όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα (1.1):



- Αντικατάσταση της διαφορικής εξίσωσης σε κάθε υποπεριοχή από αλγεβρική εξίσωση η οποία συνδέει τις τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής Φ με γειτονικά σημεία τομής των γραμμών του πλέγματος τα οποία λέγονται **κόμβοι**, με σκοπό να προκύψουν αλγεβρικές εξισώσεις ισάριθμες με τους κόμβους του πλέγματος.

- Επίλυση του συστήματος των αλγεβρικών εξισώσεων που δίνει την λύση της διαφορικής εξίσωσης με διακριτές τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής πάνω στους κόμβους[1].

1.2 ΔΙΑΚΡΙΤΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΑΦΟΡΙΚΗΣ ΕΞΙΣΩΣΗΣ

Η διακριτοποίηση έγκειται στο γεγονός ότι η συνεχής πληροφορία που προκύπτει από την αναλυτική λύση, αντικαθίσταται με διακεκριμένες τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής Φ στους κόμβους. Με άλλα λόγια έχουμε διακριτοποίηση της κατανομής της Φ . Η διακριτοποίηση επεκτείνεται και στην αλγεβρική εξίσωση η οποία αντικαθιστά την διαφορική σε κάθε κόμβο, καθώς επίσης και στην περιοχή επίλυσης. Γι αυτό το λόγο γίνεται αναφορά σε **διακριτοποιημένες εξισώσεις και διακριτοποιημένη περιοχή επίλυσης.**

Κάθε διακριτοποιημένη εξίσωση είναι μια αλγεβρική σχέση που συνδέει τις τιμές της Φ μιας ομάδας γειτονικών κόμβων. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η τιμή της Φ σε κάθε κόμβο να επιδρά μόνο στις τιμές των γειτονικών κόμβων. Όταν αυξάνεται το πλήθος των κόμβων αναμένουμε πως η λύση του συστήματος των διακριτοποιημένων εξισώσεων θα προσεγγίζει καλύτερα την αναλυτική-προσεγγιστική λύση της διαφορικής εξίσωσης.

Από την ίδια διαφορική εξίσωση μπορούν να προκύψουν διαφορετικές εκφράσεις διακριτοποιημένων εξισώσεων ανάλογα με τη μέθοδο σχηματισμού τους. Καθώς αυξάνεται το πλήθος των κόμβων όλες οι μορφές διακριτοποιημένων εξισώσεων οφείλουν να συγκλίνουν στην ίδια λύση.

Εκτός από τη μέθοδο των πεπερασμένων διαφορών, η μετατροπή της διαφορικής εξίσωσης που διέπει το φαινόμενο μεταφοράς σε σύστημα διακριτοποιημένων εξισώσεων χρησιμοποιείται και από άλλες μεθόδους όπως είναι η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων και των οριακών στοιχείων.

Όσον αφορά τώρα τις πεπερασμένες διαφορές οι διακριτοποιημένες εξισώσεις καλούνται **εξισώσεις διαφορών** διότι προκύπτουν από την διαφορική εξίσωση διά προσεγγίσεως των διαφορικών τελεστών με αλγεβρικές διαφορές[1].

1.3 ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΗΣ ΜΟΝΟΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Η παραμετρική διερεύνηση της θερμικής συμπεριφοράς κτιρίου στους εξωτερικούς τοίχους, οροφή, εσωτερικούς τοίχους, επιπλωση κλπ. με τη μέθοδο των πεπερασμένων διαφορών θα εξεταστεί με το μοντέλο της μεταβατικής (διότι εξελίσσεται στο χρόνο) μονοδιάστατης (παραδοχή-διότι θεωρούμε πως η μεταβολή της θερμοκρασίας πραγματοποιείται μονάχα σε μία κατεύθυνση) αγωγής θερμότητας. Η διαφορική εξίσωση που περιγράφει το πρόβλημα είναι παραβολικού τύπου:

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) \quad (1.1)$$

Όπου T : θερμοκρασία σε $^{\circ}\text{K}$

ρ : πυκνότητα σε $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

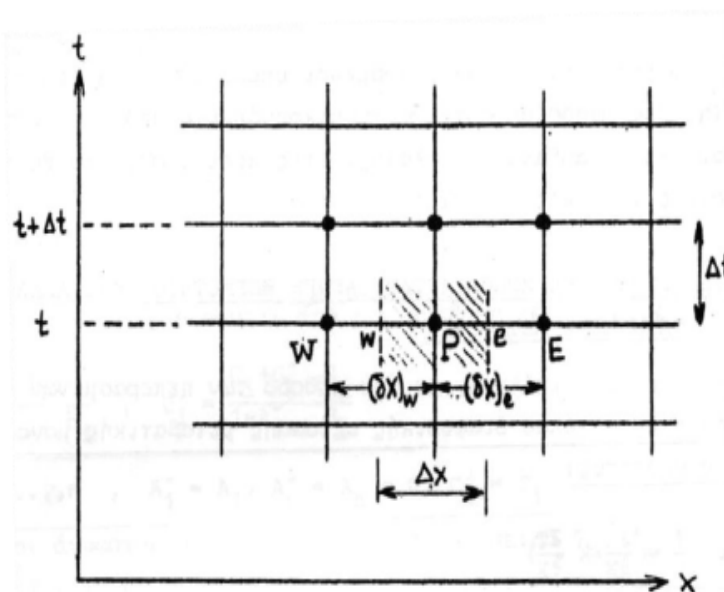
c : ειδική θερμοχωρητικότητα σε $\frac{\text{J}}{\text{kgK}}$

k : θερμική αγωγιμότητα σε $\frac{\text{W}}{\text{mK}}$

t : χρόνος σε sec

x : χώρος σε m

Η μέθοδος διακριτοποίησης που θα χρησιμοποιήσουμε είναι αυτή του **όγκου αναφοράς**. Η παραπάνω διαφορική εξίσωση θα ολοκληρωθεί στον γραμμοσκιασμένο "όγκο" αναφοράς διάστασης Δx που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα και ο οποίος περιβάλλει τον κόμβο P του υπολογιστικού πλέγματος. Οι γειτονικοί κόμβοι, οι οποίοι βρίσκονται ανατολικά και δυτικά του κόμβου P συμβολίζονται με τα γράμματα E και W αντιστοίχως (εκ των East, West). Οι πλευρές του όγκου αναφοράς διέρχονται από τα σημεία e και w τα οποία διχοτομούν (συνήθως αλλά όχι και κατ'ανάγκη) τις αντίστοιχες αποστάσεις μεταξύ του κόμβου P και των γειτονικών κόμβων E , W [1].



Εικόνα 5.1-1: Υπολογιστικό πλέγμα συντεταγμένων $x-t$ για την επίλυση της μεταβατικής μονοδιάστατης εξίσωσης διάχυσης.²⁵

1.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΠΛΕΓΜΑ

Οι αποστάσεις μεταξύ των κόμβων W, P, E του πλέγματος δεν είναι απαραίτητα ίσες μεταξύ τους. Αντιθέτως, ενδείκνυται ανομοιόμορφο πλέγμα με πύκνωση των κόμβων στις περιοχές μεγάλων μεταβολών της εξαρτημένης μεταβλητής, δηλαδή της θερμοκρασίας στην περίπτωση μας. Για παράδειγμα κάτι τέτοιο μπορεί να γίνει στην περιοχή της μόνωσης σε τοίχο πολλών στρωμάτων. Γενικά με τον τρόπο αυτό επιδιώκεται ακριβής λύση με μικρό αριθμό κόμβων και συνεπώς επιτυγχάνεται οικονομία χρόνου και μνήμης του ηλεκτρονικού υπολογιστή πράγμα πολύ σημαντικό κυρίως σε πολύπλοκα υπολογιστικά προβλήματα.

Αυξανόμενης της λεπτότητας του ομοιόμορφου ή ανομοιόμορφου πλέγματος, η αριθμητική λύση τείνει προς την ακριβή (αναλυτική) λύση της διαφορικής εξίσωσης. Πέραν ενός βαθμού λεπτότητας, περαιτέρω εκτέλεση του πλέγματος προκαλεί αμελητέες μεταβολές στη λύση και συνεπώς έχει πλέον επιτευχθεί λύση ανεξαρτήτως της λεπτότητας του πλέγματος [1].

1.5 ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΗ ΕΞΙΣΩΣΗ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ

Το πρόβλημα έγκειται στον υπολογισμό των τιμών της θερμοκρασίας επί των κόμβων του υπολογιστικού πλέγματος κατά την χρονική στιγμή $t+\Delta t$, με γνωστές τις τιμές κατά την προηγούμενη χρονική στιγμή t , όπου Δt είναι το χρονικό βήμα. Το σχετικό υπολογιστικό πλέγμα συντεταγμένων x - t φαίνεται στο σχήμα 5.1.1 που προηγήθηκε.

Έστω T_W^0, T_P^0, T_E^0 οι γνωστές τιμές της θερμοκρασίας επί των κόμβων W, P, E κατά την χρονική στιγμή t και T_W^1, T_P^1, T_E^1 οι αντίστοιχες τιμές κατά την επόμενη χρονική στιγμή $t+\Delta t$. Για την κατάστρωση της εξίσωσης πεπερασμένων διαφορών ακολουθείται η μέθοδος του όγκου αναφοράς. Υποθέτοντας $\rho c = \text{σταθερό}$ η ολοκλήρωση της διαφορικής εξίσωσης (Δ.1) στον όγκο αναφοράς που περιβάλλει τον κόμβο P και στο χρονικό διάστημα από t έως $t+\Delta t$ δίνει:

$$\rho c \int_t^{t+\Delta t} \int_w^e \frac{\partial T}{\partial t} dx dt = \int_t^{t+\Delta t} \int_w^e \frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) dx dt \quad (1.2)$$

Με την υπόθεση σταθερής θερμοκρασίας T_P σε ολόκληρο τον όγκο αναφοράς, το πρώτο μέλος της εξίσωσης γίνεται:

$$\rho c \int_t^{t+\Delta t} \int_w^e \frac{\partial T}{\partial t} dx dt = \rho c \Delta x (T_P^1 - T_P^0) \quad (1.3)$$

Το χωρικό μέρος του ολοκληρώματος του δευτέρου μέλους της εξίσωσης υπολογίζεται:

$$\int_t^{t+\Delta t} \int_w^e \frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) dx dt = \int_t^{t+\Delta t} \left[\frac{k_e (T_E - T_P)}{(\delta x)_e} - \frac{k_w (T_P - T_W)}{(\delta x)_w} \right] dt \quad (1.4)$$

και λόγω των σχέσεων (1.3) και (1.4) η εξίσωση (1.2) γράφεται:

$$\rho c \Delta x (T_P^1 - T_P^0) = \int_t^{t+\Delta t} \left[\frac{k_e (T_E - T_P)}{(\delta x)_e} - \frac{k_w (T_P - T_W)}{(\delta x)_w} \right] dt \quad (1.5)$$

Για τον υπολογισμό του παραπάνω χρονικού ολοκληρώματος απαιτείται να γίνει μια υπόθεση σχετικά με τον τρόπο μεταβολής της θερμοκρασίας T_P

Μετά του χρόνου μέσα στο χρονικό διάστημα t έως $t+\Delta t$. Γίνονται οι παρακάτω τρεις διαφορετικές υποθέσεις:

- 1) T_P σταθερά και ίση προς την τιμή T_P^0 κατά την χρονική στιγμή t
- 2) T_P σταθερά και ίση προς την τιμή T_P^1 κατά την χρονική στιγμή $t+\Delta t$
- 3) T_P μεταβαλλόμενη γραμμικά μετά του χρόνου.

Και οι τρεις υποθέσεις εκφράζονται από τη σχέση:

$$\int_t^{t+\Delta t} T_P dt = [f T_P^1 + (1-f) T_P^0] \Delta t \quad (1.6)$$

Όπου ο παράγων στάθμισης f λαμβάνει τιμές από 0 έως 1. Έτσι οι τιμές $f=0$, $f=1$ και $f=0,5$ αντιστοιχούν στις παραπάνω υποθέσεις 1), 2) και

3). Χρησιμοποιώντας για τις θερμοκρασίες T_W , και T_E όμοιες σχέσεις με την εξίσωση (1.6) η εξίσωση (1.5) γίνεται:

$$\rho c \frac{\Delta x}{\Delta t} (T_P^1 - T_P^0) = f \left[\frac{k_e (T_E^1 - T_P^1)}{(\delta x)_e} - \frac{k_w (T_P^1 - T_W^1)}{(\delta x)_w} \right] + (1-f) \left[\frac{k_e (T_E^0 - T_P^0)}{(\delta x)_e} - \frac{k_w (T_P^0 - T_W^0)}{(\delta x)_w} \right] \quad (1.7)$$

Παραλείποντας για απλότητα τους δείκτες 1 και εκτελώντας τις πράξεις η παραπάνω σχέση φέρεται στην τυπική μορφή εξίσωσης πεπερασμένων διαφορών:

$$A_P T_P = A_E [f T_E + (1-f) T_E^0] + A_W [f T_W + (1-f) T_W^0] + [A_P^0 - (1-f) A_E - (1-f) A_W] T_P^0 \quad (1.8)$$

$$\text{Όπου } A_E = \frac{k_e}{(\delta x)_e}$$

$$A_W = \frac{k_w}{(\delta x)_w}$$

$$A_P^0 = \frac{\rho c \Delta x}{\Delta t}$$

$$A_P = f A_E + f A_W + A_P^0$$

Από τις τρεις υποθέσεις

- $f=0 \rightarrow$ Άμεση Διατύπωση
- $f=0.5 \rightarrow$ Διατύπωση Crank-Nicholson
- **$f=1 \rightarrow$ Έμμεση Διατύπωση**

στο υπολογιστικό τμήμα της εργασίας θα μας απασχολήσει η έμμεση διατύπωση για την επίλυση με πεπερασμένες διαφορές των εξωτερικών και εσωτερικών τοιχων, οροφής κτιρίου όπου $f=1$.

Η έμμεση διατύπωση προκύπτει από τη γενική μορφή (1.8) όπου για $f=1$ έχουμε:

$$A_P T_P = A_E T_E + A_W T_W + A_P^0 T_P^0 \quad (1..9)$$

$$\text{όπου } A_E = \frac{k_e}{(\delta x)_e}$$

$$A_W = \frac{k_w}{(\delta x)_w}$$

$$A_P^0 = \frac{\rho c \Delta x}{\Delta t}$$

$$A_P = A_E + A_W + A_P^0$$

Άπο την εξίσωση (1..9) φαίνεται ότι η άγνωστη θερμοκρασία T_P κατά την χρονική στιγμή $t+\Delta t$ εκφράζεται συναρτήσει των επίσης άγνωστων

θερμοκρασιών T_E και T_W που αναφέρονται στην ίδια χρονική στιγμή

.Συνεπώς ο υπολογισμος της T_P γίνεται μόνο εμμέσως, δηλαδή με επίλυση

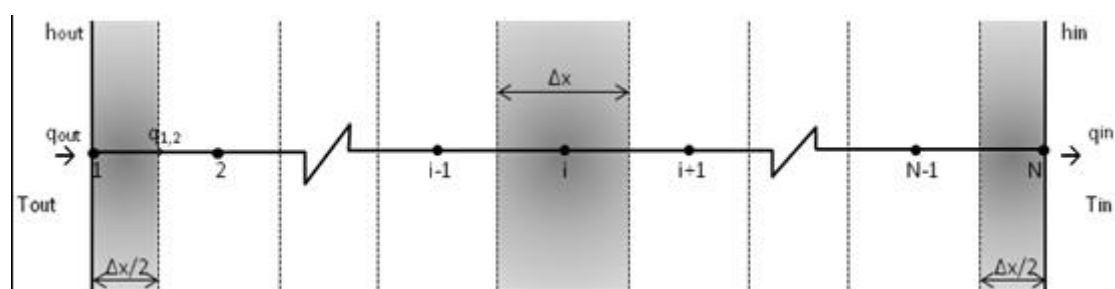
συστήματος εξισώσεων. Το σύστημα αυτό είναι τριδιαγώνιας μορφής και επιλύεται με τον αλγόριθμο τριδιαγώνιου μητρώου **TDMA**.

Για την έμμεση διατύπωση έχει γίνει υπόθεση ότι κατά τη χρονική στιγμή t η θερμοκρασία στον κόμβο P μεταπίπτει απότομα από την τιμή T_P^0 στην τιμή T_P , την οποία και διατηρεί καθ' όλο το χρονικό βήμα Δt .

Κατά την έμμεση διατύπωση δεν υφίσταται κανένας περιορισμός σχετικά με το χρονικό βήμα Δt (πράγμα το οποίο δεν ισχύει για παράδειγμα στην άμεση διατύπωση), το οποίο μπορεί να ληφθεί όσοδήποτε μεγάλο εξοικονομώντας με αυτό τον τρόπο χρόνο ηλεκτρονικού υπολογιστού. Γι' αυτό το λόγο συνήθως προτιμάται από την άμεση διατύπωση. Τέλος αξίζει να αναφέρουμε πως η έμμεση μέθοδος παρουσιάζει τάξη σφάλματος αποκοπής χρονικής παραγωγού (Δt) και χωρικής παραγωγού (Δx)² [1].

1.6 ΟΡΙΑΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται μονοδιάστατο υπολογιστικό πλέγμα με N συνολικά κόμβους, το οποίο φέρει τους κόμβους 1 και N πάνω στα δύο όρια. Στο πλέγμα σημειώνονται με σκίαση ο τυπικός εσωτερικός όγκος αναφοράς περί τον κόμβο P καθώς και οι οριακοί όγκοι αναφοράς, οι οποίοι γειτονεύουν με τα αντίστοιχα όρια και εκτείνονται μόνο προς την μια πλευρά των οριακών κόμβων 1 και N .



Σχήμα(1.2)

Για την τιμή της θερμοκρασίας T_P σε κάθε εσωτερικό κόμβο P μπορεί να γραφεί μία εξίσωση πεπερασμένων διαφορών της μορφής (1.9). Έτσι καταστρώνεται σύστημα με εξισώσεις ισάριθμες των N-2 εσωτερικών κόμβων. Η επίλυση όμως του συστήματος δεν είναι δυνατή διότι εκτός των άγνωστων τιμών της θερμοκρασίας επί των εσωτερικών κόμβων, περιέχονται στις εξισώσεις και οι θερμοκρασίες επί των οριακών κόμβων 1 και N. Οι δύο εξισώσεις που απαιτούνται για την συμπλήρωση του συστήματος παρέχονται από τις οριακές συνθήκες του προβλήματος. Στο υπολογιστικό κομμάτι θα χρησιμοποιηθούν:

Γνωστές τιμές της θερμοκρασίας T_1 και T_N επί των ορίων (**Συνθήκη Dirichlet**). Στην περίπτωση αυτή είναι γνωστές οι τιμές της θερμοκρασίας επί των οριακών κόμβων 1 και N. Έτσι δεν απαιτούνται επιπλέον εξισώσεις [1].

Συνθήκη συναγωγής στα όρια [1]. Στην περίπτωση αυτή είναι γνωστές οι

συναγωγιμότητες $h_{out} = h_o$ και $h_{in} = h_i$ καθώς και η θερμοκρασία του

διερχόμενου ρευστού (αέρας στην περίπτωση μας) T_0 και T_i

Η θερμοροή $q_{out} = h_o(T_0 - T_1)$ και $q_{in} = h_i(T_N - T_i)$

Όπου

$$h_o(T_0 - T_1) = -k \frac{T_2 - T_1}{\Delta x} \Rightarrow \left(1 + \frac{h_o \Delta x}{k}\right) T_1 = T_2 + \frac{h_o T_0 \Delta x}{k} \Rightarrow A_1 T_1 = B_1 T_2 + D_1$$

$$\text{με } A_1 = 1 + \frac{h_o \Delta x}{k}$$

$$B_1 = 1$$

$$D_1 = \frac{h_o T_0 \Delta x}{k}$$

Παρομοίως

$$h_i(T_N - T_i) = -k \frac{T_N - T_{N-1}}{\Delta x} \Rightarrow \left(1 + \frac{h_i \Delta x}{k}\right) T_N = T_{N-1} + \frac{h_i T_i \Delta x}{k} \Rightarrow A_N T_N = C_N T_{N-1} + D_N$$

$$\text{με } A_N = 1 + \frac{h_0 \Delta x}{k}$$

$$C_N = 1$$

$$D_N = \frac{h_i T_i \Delta x}{k}$$

1.7 ΜΕΤΑΒΑΛΟΜΕΝΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΣΕ ΥΛΙΚΑ

Από την εξίσωση (1.9) καταλαβαίνουμε πως για τον υπολογισμό των συντελεστών A_E, A_P, A_W της εξίσωσης πεπερασμένων διαφορών απαιτούνται οι τιμές της θερμικής αγωγιμότητας k_e, k_w επί των πλευρών του όγκου αναφοράς. Στην περίπτωση σταθερής θερμικής αγωγιμότητας ισχύει προφανώς $k_e = k_w = k$. Προκειμένου όμως περί μη ομογενών υλικών, όπως για παράδειγμα τοίχος αποτελούμενος από στρώματα διαφορετικών υλικών, οι τιμές k_e, k_w πρέπει να εκφραστούν συναρτήσει των γνωστών τιμών k_E, k_W, k_P . Σ αυτή λοιπόν την περίπτωση θα θεωρήσουμε ότι ο όγκος αναφοράς περί τον κόμβο P περιέχει υλικό σταθερής θερμικής αγωγιμότητας k_P ενώ ο περί τον κόμβο E περιέχει υλικό σταθερής αγωγιμότητας k_E . Έτσι λοιπόν για την περίπτωση που θα εξετάσουμε δηλαδή μεταβατική μονοδιάστατη αγωγή θερμότητας χωρίς πηγές, η

διερχόμενη θερμοροή $q_e = \frac{k_e (T_P - T_E)}{(\delta x)_e}$ διά της πλευράς e σύμφωνα με

την εικόνα 5-1-1 θα λάβει $k_e = \frac{2k_P k_E}{k_P + k_E}$ εάν θεωρήσουμε πώς η πλευρά e

βρίσκεται στο μέσον της απόστασης PE και παρόμοια για

$$q_w = \frac{k_w(T_W - T_P)}{(\delta x)_w} \quad \text{έχουμε} \quad k_w = \frac{2k_P k_W}{k_P + k_W} .$$

Δηλαδή οι τιμές των k_e , k_w θα ληφθούν ως οι αρμονικοί μέσοι των τιμών

k_E , k_P και k_W , k_P αντιστοίχως. Η θεώρηση αυτή κρίνεται

αποτελεσματική αν δούμε και τις οριακές περιπτώσεις πχ:

Για $k_E \rightarrow 0$ έχουμε $k_e \rightarrow 0$, δηλαδή προκύπτει το ορθό συμπέρασμα

ότι λόγω του μονωτικού η θερμοροή $q_e = 0$.

Για $k_P \gg k_E$ προκύπτει στη θέση e αγωγιμότητα k_e ανεξάρτητη της

k_P . Τούτο είναι αναμενόμενο διότι το υψηλής αγωγιμότητας υλικό περί τον κόμβο P παρέχει αμελητέα αντίσταση σε σύγκριση με το υλικό περί τον κόμβο E[1].

1.8 ΕΠΙΛΥΣΗ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ ΤΡΙΔΙΑΓΩΝΙΑΣ ΜΟΡΦΗΣ (TDMA)

Η εξίσωση πεπερασμένων διαφορών συνδέει την τιμή της θερμοκρασίας ενός κομβου i με την τιμή στον προηγούμενο $i-1$, και στον επόμενο $i+1$, κόμβο του πλέγματος. Συνεπώς μπορεί να γραφεί στη μορφή:

$$a_i T_i = b_i T_{i+1} + c_i T_{i-1} + d_i$$

Ένα εφαρμοστεί η παραπάνω εξίσωση σε όλους τους κόμβους $i=1,2,3,\dots,n-$

$1, n$ όπου $c_1 = b_n = 0$, προκύπτει σύστημα γραμμικών εξισώσεων

τριδιαγώνιας μορφής, δηλαδή οι μη μηδενικοί συντελεστές του μητρώου των συντελεστών του συστήματος κείνται επί τριών διαδοχικών διαγωνίων. Η επίλυση συστήματος αυτής της μορφής μπορεί να γίνει με μία οικονομική

μέθοδο που δεν είναι άλλη από τον **Αλγόριθμο Τριδιαγώνιου Μητρώου** (**TriDiagonal Matrix Algorithm**) ή **TDMA** .

Σύμφωνα με αυτόν οι εξισώσεις του παραπάνω συστήματος φέρονται στη μορφή:

$$T_i = A_i T_{i+1} + B_i T_{i-1} + C_i \text{ όπου } i=1,2,3,\dots,n \text{ και } B_1 = A_n = 0$$

Συνδυάζοντας την πρώτη ($i=1$) και την δεύτερη ($i=2$) εξίσωση του συστήματος απαλείφεται η άγνωστος T_1 . Η προκύπτουσα εξίσωση συνδυάζεται με την τρίτη ($i=3$) εξίσωση ώστε να απαλειφθεί η T_2 κ.ο.κ. Το σύστημα εξισώσεων που προκύπτει με αυτόν τον τρόπο είναι της μορφής:

$$T_1 = A_1 T_2 + C_1$$

$$T_2 = A'_2 T_3 + C'_2$$

$$T_3 = A'_3 T_4 + C'_3$$

·

·

·

$$T_i = A'_i T_{i+1} + C'_i$$

·

·

$$T_{n-1} = A'_{n-1} T_n + C'_{n-1}$$

$$T_n = C'_n$$

όπου οι συντελεστές δίνονται από τις αναδρομικές σχέσεις:

$$A'_i = \frac{A_i}{1 - A'_{i-1}B_i}, C'_i = \frac{C_i + C'_{i-1}B_i}{1 - A'_{i-1}B_i} \quad \text{όπου } i=2,3,\dots,n,$$

$$A_1 = A'_1, A_n = A'_n = 0, C_1 = C'_1$$

Συνεπώς οι άγνωστοι υπολογίζονται κατά τη σειρά:

$$T_n, T_{n-1}, T_{n-2}, \dots, T_3, T_2, T_1 \quad \text{με διαδοχικές αντικαταστάσεις[1].}$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

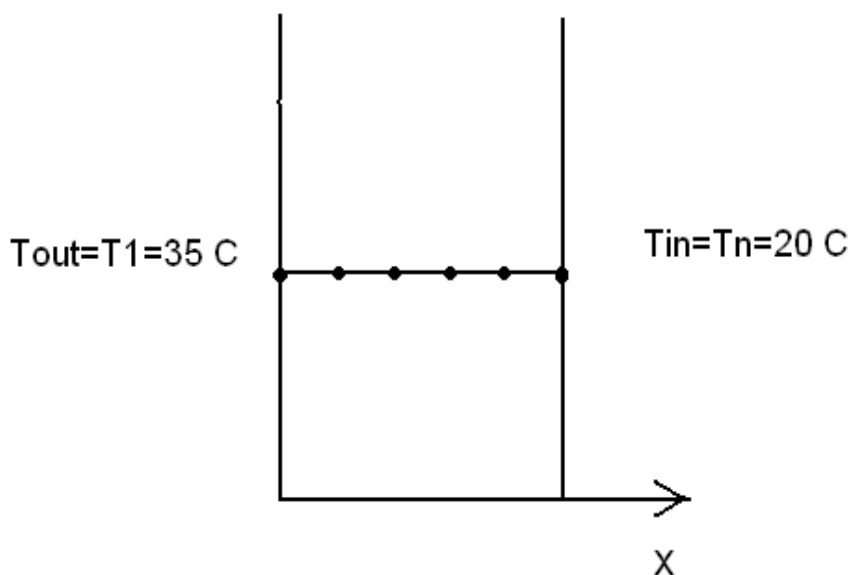
ΘΕΡΜΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

Όλες οι παρακάτω περιπτώσεις εξετάζονται με το μοντέλο της μεταβατικής μονοδιάστατης αγωγής θερμότητας. Ο υπολογιστικός κώδικας είναι σε γλώσσα προγραμματισμού FORTRAN 90. Ο χρήστης έχει την δυνατότητα επίλογης της διάρκειας του φαινομένου, της ώρας που θέλει να εξετάσει τις μεταβολές (πχ θερμοκρασίας, θερμοροής κτλ), του χρονικού και χωρικού βήματος υπολογισμού.

2.1 ΤΟΙΧΟΣ ΟΜΟΓΕΝΟΥΣ ΥΛΙΚΟΥ-ΟΡΙΑΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

DIRICHLET

Αρχικά θα εξετάσουμε την απλή περίπτωση υπολογισμού των θερμοκρασιών και θερμοροών σε τοίχο ομογενούς υλικού-τούβλου με σταθερές θερμοκρασίες στα δύο όρια του τοίχου όπως φαίνεται στο σχήμα (2.1):



Σχήμα(2.1)

Τα χαρακτηριστικά πάχους, πυκνότητας, ειδικής θερμοχωρητικότητας και συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας του υλικού δίνονται στο πίν.(2.1) που ακολουθεί:

ΥΛΙΚΟ	$l(m)$	$d(kg/m^3)$	$cp(J/kgK)$	$k(W/mK)$
Brick	0.26	1920	840	0.72

Πίνακας.(2.1)- Χαρακτηριστικά υλικού κατασκευής τοίχου.

Η μαθηματική θεμελίωση του προβλήματος διέπεται από την εξίσωση:

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) \quad (2.1)$$

με οριακές συνθήκες:

$$x = 0 \rightarrow T = 35^{\circ}C$$

$$x = l \rightarrow T = 20^{\circ}C$$

και αρχική συνθήκη $t = 0 \rightarrow T = 20^{\circ}C$

ΔΙΑΚΡΙΤΟΠΟΙΗΣΗ

Το πλέγμα είναι ομοιόμορφο με χωρικό βήμα $\Delta x = 0.008965m$

και $\Delta t = 5 \text{ min}$. Η διάρκεια του φαινομένου είναι $t=40 \text{ days}$.

Για $N=30$ κόμβους έχουμε: $T_1 = 35^{\circ}C, T_N = 20^{\circ}C$

$$i = 1 \rightarrow A_E = 0, A_P = 1, A = 35$$

$$i = N \rightarrow A_P = 1, A_W = 0, A = 20$$

Η εξίσωση πεπερασμένων διαφορών (έμμεση διατύπωση) μπορεί να γραφεί:

$$A_W T_W + A_P T_P^{n+1} + A_E T_E = A \quad \text{για } i=2,3,\dots,N-1 \quad (2.2)$$

$$\text{με } A_E = -\frac{k}{\Delta x}, \quad A_W = -\frac{k}{\Delta x}, \quad A = \frac{\rho c \Delta x T_P^n}{\Delta t}, \quad (2.3)$$

$$A_P = A_E + A_W + \frac{\rho c \Delta x}{\Delta t} \quad (2.4)$$

ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΛΥΣΗ-ΜΟΝΙΜΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Θα λύσουμε με αναλυτικό τρόπο τη μόνιμη κατάσταση του προβλήματος[3] στην οποία έχει αποκατασταθεί το φαινόμενο και δεν υπάρχει χρονική μεταβολή θερμοκρασίας:

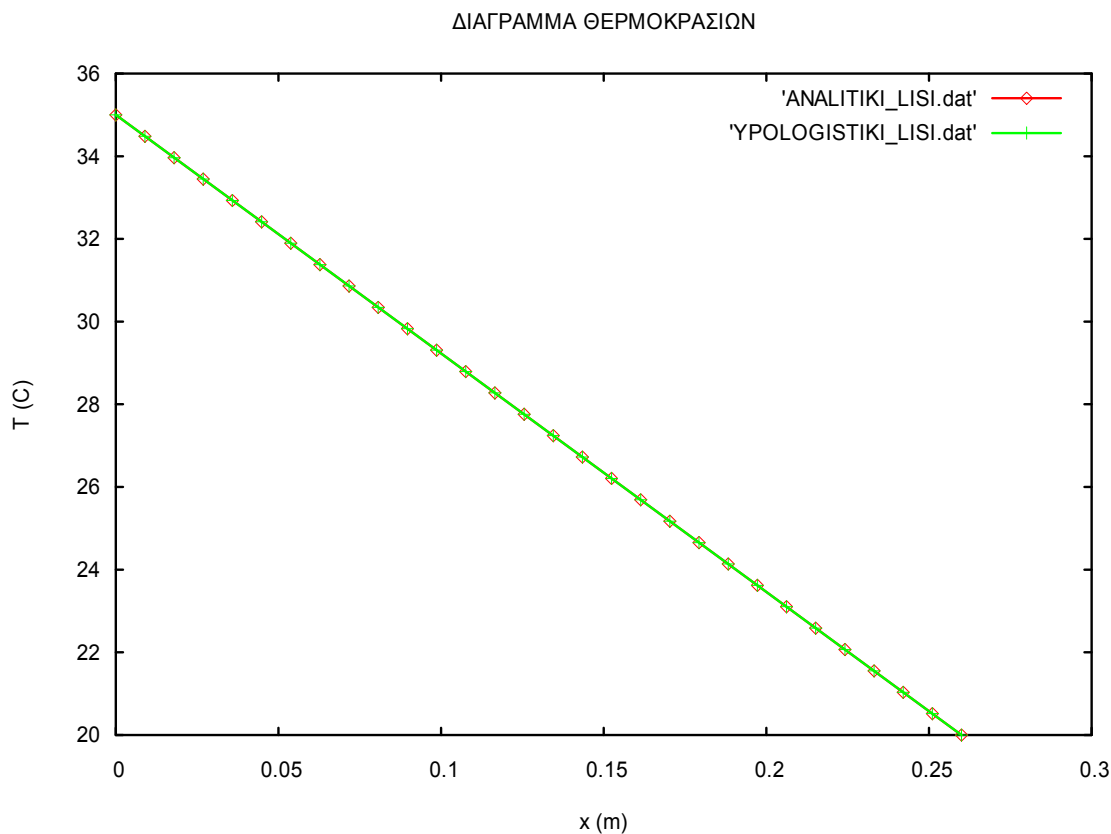
$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) = 0 \Rightarrow \frac{dT}{dx} = c_1 \Rightarrow T(x) = c_1 x + c_2$$

$$x = 0 \rightarrow T(0) = 35 = c_2,$$

$$x = l = 0.26 \rightarrow T(0.26) = 20 \Rightarrow 20 = 0.26 c_1 + 35 \Rightarrow c_1 = -57.6923$$

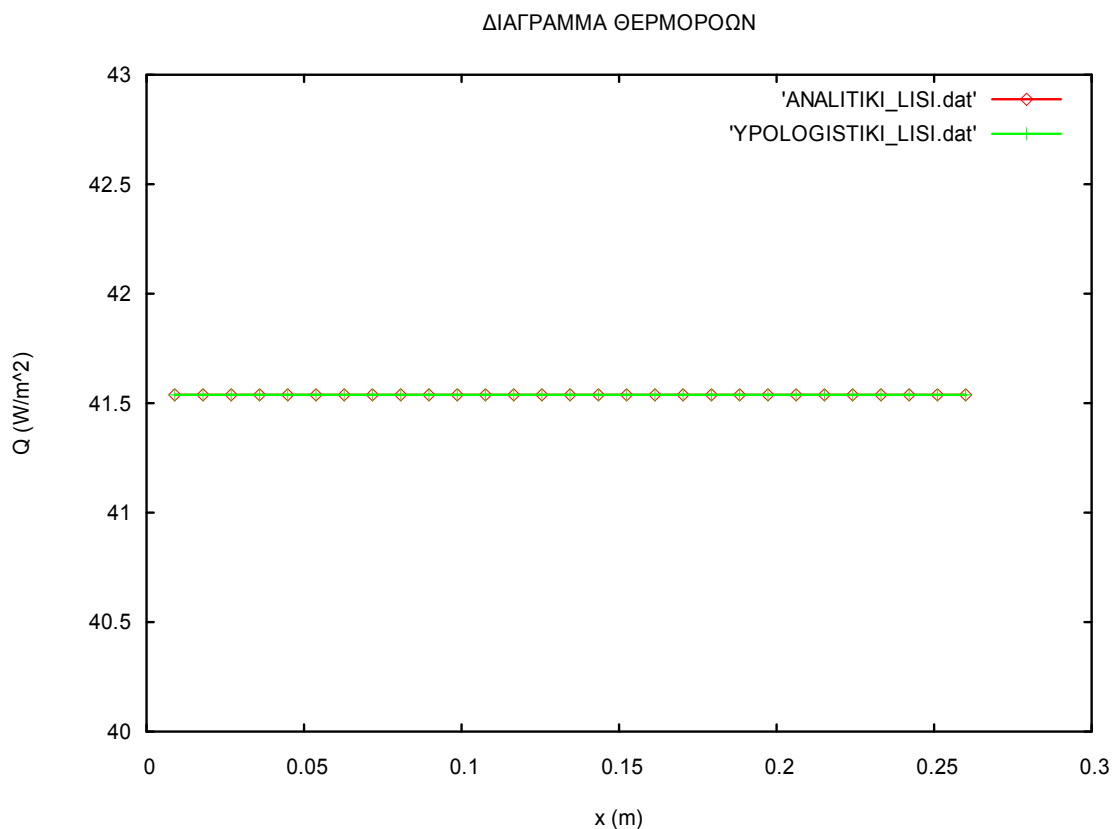
$$T(x) = -57.6923 x + 35$$

Συγκρίνοντας την αναλυτική λύση της δ.ε με την υπολογιστική(μέθοδος πεπερασμένων διαφορών)στη μόνιμη κατάσταση παίρνουμε τα παρακάτω διαγράμματα (2.1.1),(2.1.2) θερμοκρασιών και θερμοροών πάνω στον τοίχο:



Διάγραμμα (2.1.1)-Κατανομή θερμοκρασιών στον τοίχο.

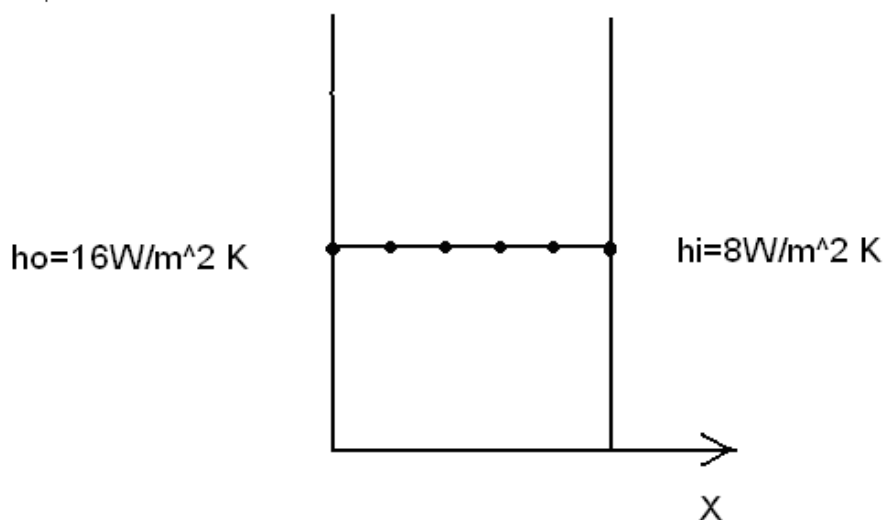
Παρατηρούμε πως το διάγραμμα θερμοκρασιών έχει την αναμενόμενη γραμμική κατανομή και πως η υπολογιστική λύση ταυτίζεται απόλυτα με την αναλυτική.



Διάγραμμα (2.1.2)-Κατανομή θερμοροών στον τοίχο.

Στο διάγραμμα (2.1.2) είναι λογικό να έχουμε σταθερή θερμοροή αφού βρισκόμαστε στη μόνιμη κατάσταση, ενώ και εδώ αναλυτική και υπολογιστική λύση ταυτίζονται.

2.2 ΤΟΙΧΟΣ ΟΜΟΓΕΝΟΥΣ ΥΛΙΚΟΥ-ΟΡΙΑΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΥΝΑΓΩΓΗΣ



Σχήμα (2.2)

Εσωτερική θερμοκρασία $T_i = 20 \text{ C}$

Εξωτερική θερμοκρασία $T_o = 35 \text{ C}$

Το υλικό είναι πάλι τούβλο όπως και στην προηγούμενη περίπτωση. Ισχύει η (1.1). Η διαφορά είναι πως εδώ έχουμε οριακές συνθήκες συναγωγής:

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right)$$

$$x = 0 \rightarrow h_o (T_{out} - T|_{x=0}) = -k \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0}$$

$$x = l \rightarrow h_i (T|_{x=l} - T_i) = -k \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=l} \quad (2.5)$$

$$t = 0 \rightarrow T(x) = 20^\circ \text{ C}$$

ΔΙΑΚΡΙΤΟΠΟΙΗΣΗ

Το πλέγμα είναι ομοιόμορφο με χωρικό βήμα $\Delta x = 0.008965 \text{ m}$, $N=30$

κόμβοι και $\Delta t = 5 \text{ min}$. Η διάρκεια του φαινομένου είναι $t=40 \text{ days}$.

$$i = 1 \rightarrow h_0(T_0 - T_1) = -k \frac{T_2 - T_1}{\Delta x} \Rightarrow \left(1 + \frac{h_0 \Delta x}{k}\right) T_1 - T_2 = \frac{h_0 T_0 \Delta x}{k}$$

$$A_P = \left(1 + \frac{h_0 \Delta x}{k}\right), A_E = -1, A = \frac{h_0 T_0 \Delta x}{k} \quad (2.6)$$

$$i = N \rightarrow h_i(T_N - T_i) = -k \frac{T_N - T_{N-1}}{\Delta x} \Rightarrow \left(1 + \frac{h_i \Delta x}{k}\right) T_N - T_{N-1} = \frac{h_i T_i \Delta x}{k}$$

$$A_P = \left(1 + \frac{h_i \Delta x}{k}\right), A_W = -1, A = \frac{h_i T_i \Delta x}{k}$$

Για $i=2,3,\dots,N-1$ δηλαδή τους εσωτερικούς κόμβους ισχύουν όπως και πριν οι (2.2)-(2.4).

ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΛΥΣΗ-ΜΟΝΙΜΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Θα λύσουμε με αναλυτικό τρόπο τη μόνιμη κατάσταση του προβλήματος[3] στην οποία έχει αποκατασταθεί το φαινόμενο και δεν υπάρχει χρονική μεταβολή θερμοκρασίας:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) = 0 \Rightarrow \frac{dT}{dx} = c_1 \Rightarrow T(x) = c_1 x + c_2$$

Από αντικατάσταση των οριακών συνθηκών:

$$x = 0 \rightarrow 16 (35 - c_2) = -0.72 c_1 \Rightarrow -0.72 c_1 + 16 c_2 = 560$$

$$x = 0.26 \rightarrow 8 (0.26 c_1 + c_2 - 20) = -0.72 c_1 \Rightarrow -2.8 c_1 - 8 c_2 = -160$$

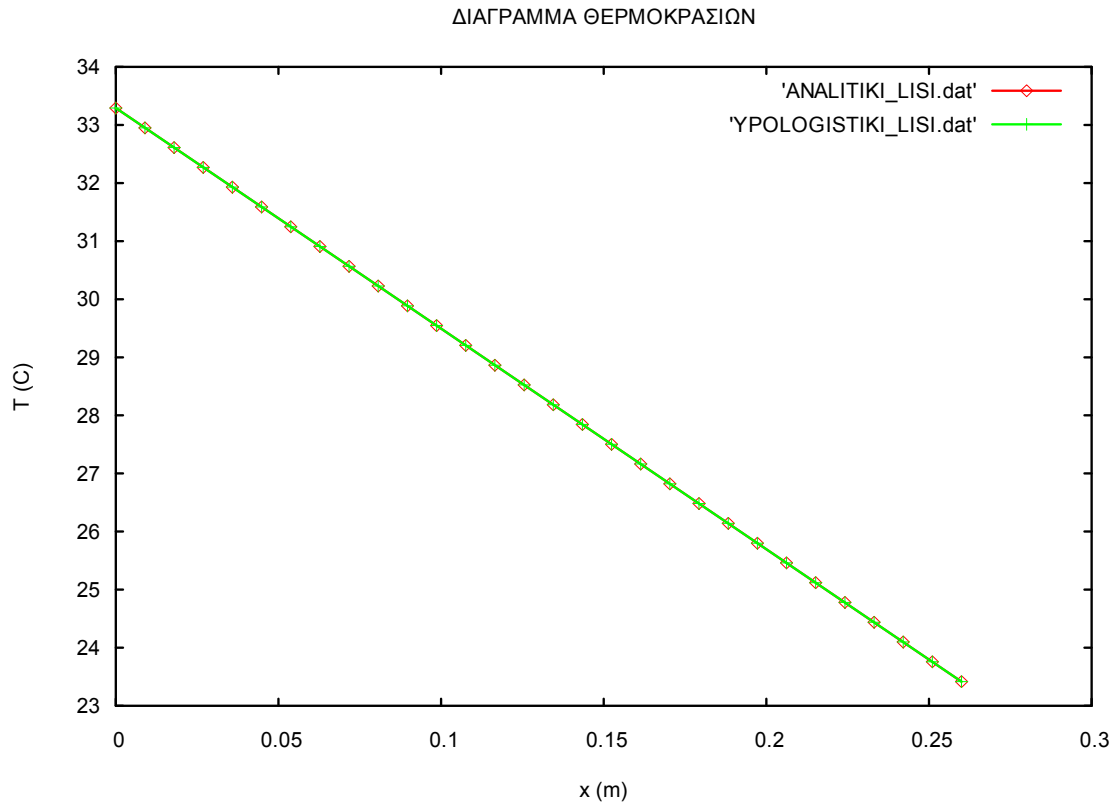
Λύνοντας το παραπάνω σύστημα βρίσκουμε:

$$c_1 = -37.97468354$$

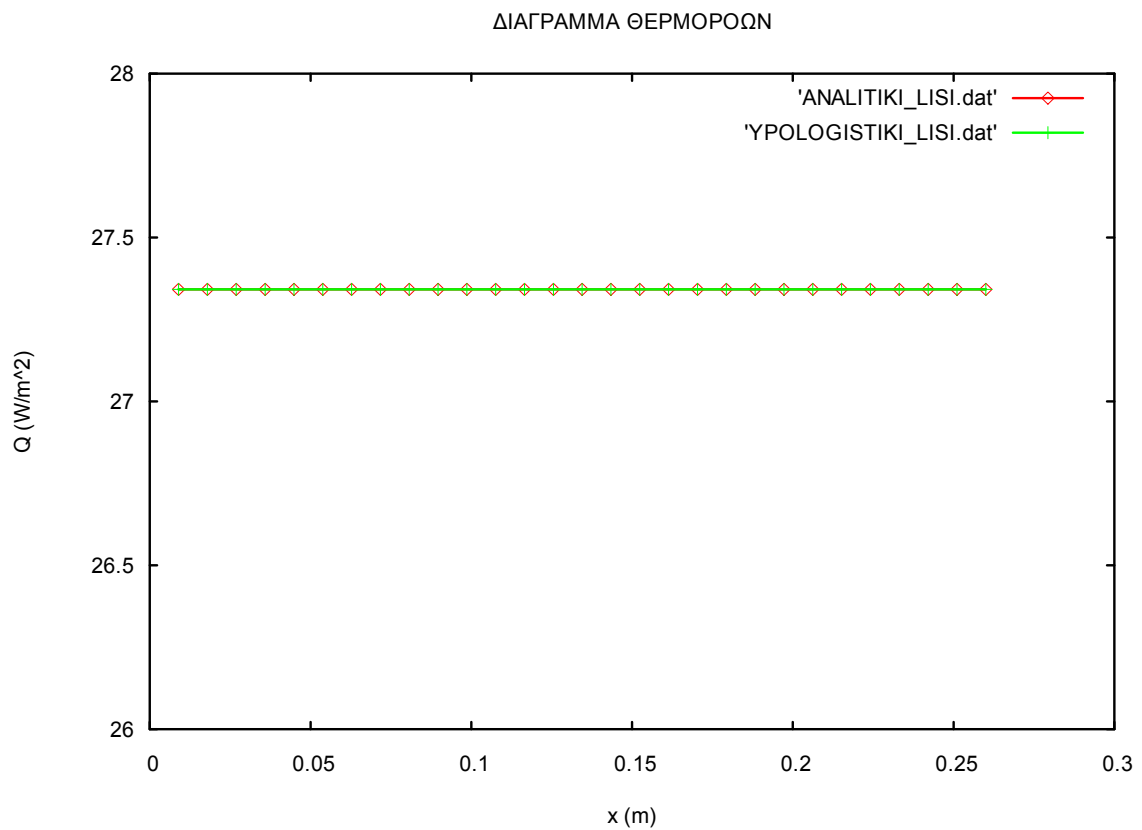
$$c_2 = 33.29113924$$

$$T(x) = -37.97468354 + 33.29113924$$

Συγκρίνοντας την αναλυτική λύση της δ.ε με την υπολογιστική(μέθοδος πεπερασμένων διαφορών)στη μόνιμη κατάσταση παίρνουμε τα παρακάτω διαγράμματα(2.2.1),(2.2.2) θερμοκρασιών και θερμοροών πάνω στον τοίχο:



Διάγραμμα (2.2.1)-Κατανομή θερμοκρασιών στον τοίχο



Διάγραμμα (2.2.2)-Κατανομή θερμοροών στον τοίχο

Και εδώ παρατηρούμε ταύτιση υπολογιστικής και αναλυτικής λύσης.

Ακόμα η θερμοκρασία στην αρχή του τοίχου είναι μικρότερη της εξωτερικής και αντίστοιχα στον τελευταίο κόμβο μεγαλύτερη της εσωτερικής εξαιτίας των οριακών συνθηκών συναγωγής.

2.3 ΤΟΙΧΟΣ ΟΜΟΓΕΝΟΥΣ ΥΛΙΚΟΥ-ΟΡΙΑΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΥΝΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Η περίπτωση είναι ίδια με προηγουμένως δηλαδή ισχύουν οι σχ.(2.1)-σχ(2.6) με τη μόνη διαφορά πως $T_o = T_o(t)$ γιατί $T_{out} = T_o \neq const.$

Το φαινόμενο μελετάται για **εποχή καλοκαίρι** λαμβάνοντας ως θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος την ημερήσια μεταβολή της θερμοκρασίας κατά την **21^η ΙΟΥΛΙΟΥ** στην Αθήνα.

Σύμφωνα λοιπόν με μετρήσεις και στατιστική επεξεργασία από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία στον τομέα Θερμότητας του Ε.Μ.Π η μέση καμπύλη προσεγγίζεται από τη σχέση (2.7):

$$T_o(H) = M + \sum_{i=1}^3 C_i \cos\left[i \frac{360}{24}(H-0.5)\right] + \sum_{i=1}^3 S_i \sin\left[i \frac{360}{24}(H-0.5)\right] \quad (2.7)$$

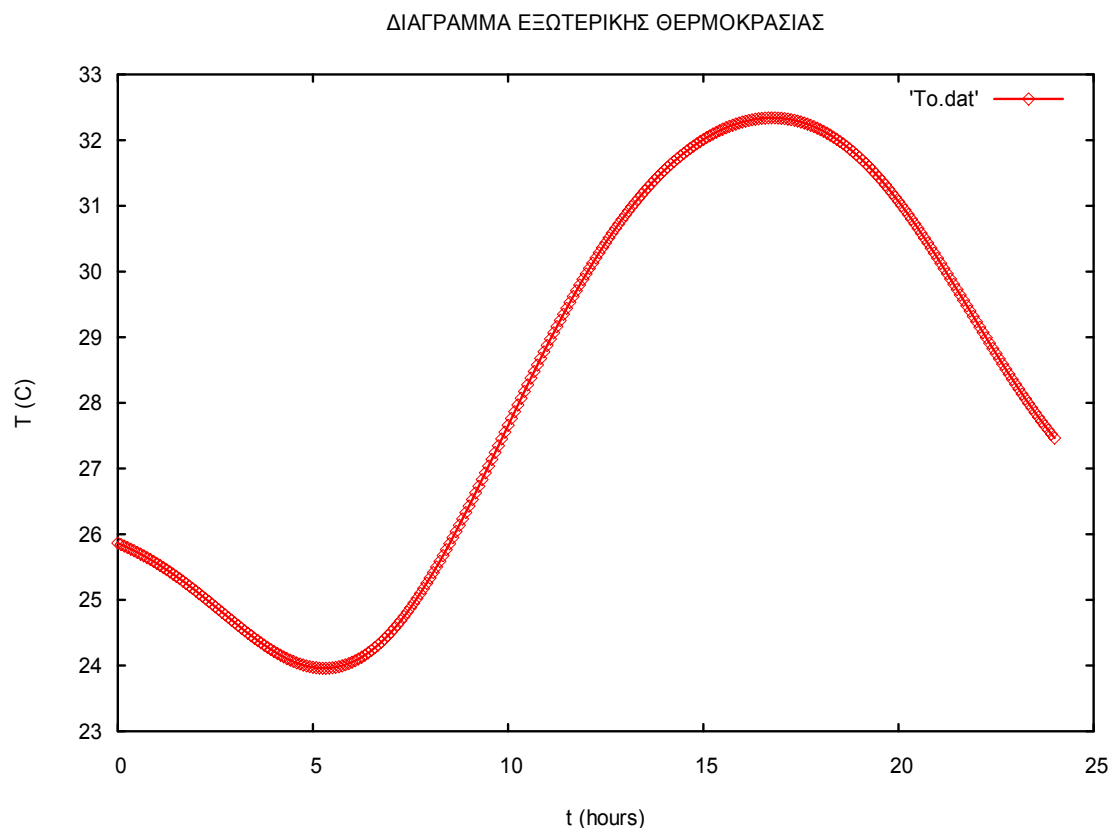
Όπου $H \rightarrow hours$ από 1 έως 24.

Για 21^η Ιουλίου:

M	C1	C2	C3	S1	S2	S3
28.080	-3.3590	0.8110	0.2720	-2.0770	0.1340	0.1400

Πίνακας.(2.3.1)- Συντελεστές εξίσωσης εξωτερικής θερμοκρασίας

Ακολουθεί το διάγραμμα(2.3.1) της εξωτερικής θερμοκρασίας ενδεικτικά για ένα 24ωρο:



Διάγραμμα (2.3.1)-Μεταβολή εξωτερικής θερμοκρασίας

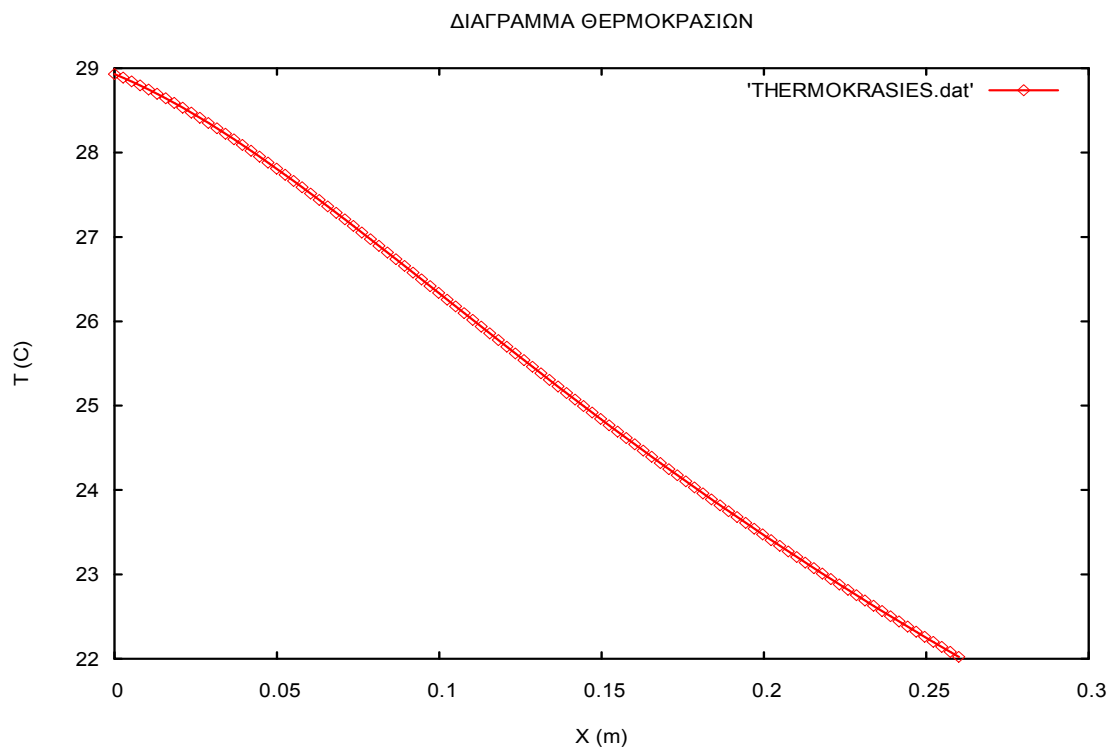
Εσωτερική θερμοκρασία $T_i=20$ C

Τα χαρακτηριστικά με τα οποία “τρέχουμε” το κώδικα είναι:

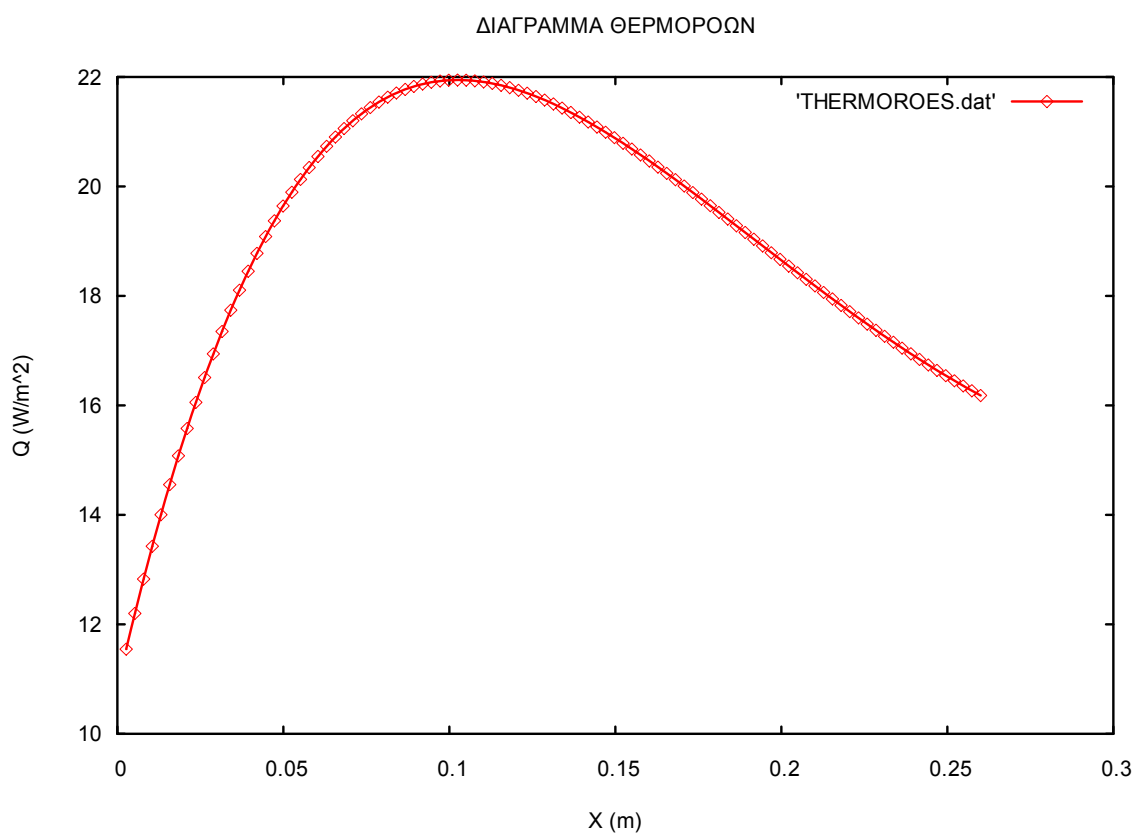
$\Delta x(m)$	2.626×10^{-3}
$\Delta t(min)$	5
$t_{\text{φαινομένου}}(days)$	40
N(πλήθος κόμβων ομοιόμορφου πλέγματος)	100

Πίνακας.(2.3.2)- Χαρακτηριστικά κώδικα

Ακολουθούν τα διαγράμματα (2.3.2),(2.3.3) θερμοκρασιών και θερμοροών στη μεταβατικά μόνιμη κατάσταση για $t=40$ days και την 24^η ώρα(12μμ) πάνω στον τοίχο:



Διάγραμμα (2.3.2)-Κατανομή θερμοκρασιών στον τοίχο

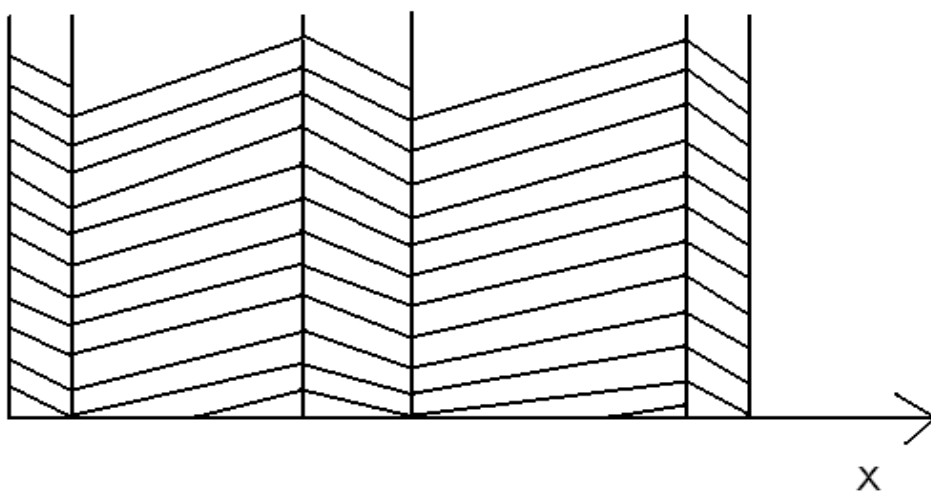


Διάγραμμα (2.3.3)-Κατανομή θερμορoών στον τοίχο

Στο διάγραμμα θερμοκρασιών(2.3.2) παρατηρούμε μια μικρή καμπύλη στην κατανομή θερμοκρασιών που οφείλεται στην μεταβολή της εξωτερικής θερμοκρασίας.

2.4 ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΤΕΣΣΕΡΙΣ ΤΟΙΧΟΥΣ ΠΟΛΛΩΝ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΔΙΑΒΑΤΙΚΑ ΜΟΝΩΜΕΝΗ ΟΡΟΦΗ

Ο κάθε τοίχος είναι **G1**(διπλός δορικός με μόνωση 4 cm) και αποτελείται από 5 στρώματα με χαρακτηριστικά:



Σχήμα(2.3)-Τομή πολυστρωματικού τοίχου

ΥΛΙΚΟ	$l(m)$	$d(kg/m^3)$	$cp(J/kgK)$	$k(W/mK)$
Finishing layer (σοβάς)	0.020	1860	835	1.200
Brick(τούβλο)	0.090	1920	840	0.720
Insulation(μόνωση)	0.040	32	840	0.038
Brick(τούβλο)	0.090	1920	840	0.720
Finishing layer(σοβάς)	0.020	1860	835	1.200

Πίνακας.(2.4.1)- Χαρακτηριστικά υλικών κατασκευής τοίχου.

Το πάχος του τοίχου είναι το άθροισμα από τα πάχη που αποτελείται, δηλαδή

$$l_{\text{toix}} = 0.26m$$

Η οροφή θεωρείται αδιαβατικά μονωμένη δηλαδή δεν συναλλάσσει θερμότητα με το εξωτερικό περιβάλλον.

Η μεταβατική μονοδιάστατη αγωγή θερμότητας στον πολυστρωματικό τοίχο εκφράζεται από την δ.ε:

$$\rho_j c_j \frac{\partial T_j}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k_j \frac{\partial T_j}{\partial x} \right) \quad (2.8) \text{ όπου } j \text{ το στρώμα του τοίχου με}$$

$$j=1,2,3,4,5$$

Οριακές συνθήκες συναγωγής με διαφορετικό όμως k γιατί έχουμε ανομοιογενές υλικό.

$$x = 0 \rightarrow h_0 (T_{\text{out}} - T|_{x=0}) = -k_0 \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0}$$

$$x = l \rightarrow h_i (T|_{x=l} - T_i) = -k_l \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=l} \quad (2.9)$$

$$t = 0 \rightarrow T(x) = 20^{\circ} C$$

Στη διακριτοποίηση ισχύουν τα ίδια με προηγουμένως με τη διαφορά πως για

$$i=1 \rightarrow k = \frac{2k_1 k_2}{k_1 + k_2}$$

$$i=N \rightarrow k = \frac{2k_{N-1} k_N}{k_{N-1} + k_N} \quad (2.10)$$

Για τους εσωτερικούς κόμβους $i=2, \dots, N-1$ χρησιμοποιούμε:

$$k_e = \frac{2k_i k_{i+1}}{k_i + k_{i+1}}$$

$$k_w = \frac{2k_{i-1} k_i}{k_{i-1} + k_i} \quad (2.11) \text{ στους συντελεστές } A_E = -\frac{k_e}{\Delta x}, \quad A_W = -\frac{k_w}{\Delta x}$$

Η εξωτερική θερμοκρασία είναι μεταβαλλόμενη σύμφωνα με την 21^η Ιουλίου.
(Δεν συμπεριλαμβάνεται σ αυτό το στάδιο η ηλιακή ακτινοβολία)

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Η εσωτερική θερμοκρασία του αέρα δεν παραμένει σταθερή στους 20 C όπως στις προηγούμενες περιπτώσεις αλλά υπολογίζεται για κάθε χρονική στιγμή από τον παρακάτω εσωτερικό ισολογισμό θερμικής ενέργειας του δωματίου στον οποίο συμπεριλαμβάνονται τα θερμικά φορτία που διαμορφώνουν τη θερμοκρασία του χώρου. Στην περίπτωση που εξετάζουμε τα φορτία αυτά προέρχονται μονάχα από τους 4 τοίχους:

$$\rho_a \nu_a c_a \frac{\partial T_i}{\partial t} = 4q_{\text{τοιχ}} A_{\text{τοιχ}} \Rightarrow \frac{T_i^{n+1} - T_i^n}{\Delta t} = \frac{4q_{\text{τοιχ}} A_{\text{τοιχ}} \Delta t}{\rho_a \nu_a c_a} \Rightarrow T_i^{n+1} = \frac{4q_{\text{τοιχ}} A_{\text{τοιχ}} \Delta t}{\rho_a \nu_a c_a} + T_i^n,$$

$$t = 0 \rightarrow T_i(t) = 20^0 C$$

(2.14)

Το δωμάτιο που εξετάζουμε έχει διαστάσεις:

(μήκος)=(πλάτος)=10m και (ύψος)=3m

A_{τοιχ}=(μήκος)×(ύψος)=30m²

ν_a=(μήκος)×(πλάτος)×(ύψος)=300m³ ο όγκος του δωματίου.

c_a=1024J/kgK η θερμοχωρητικότητα του αέρα

όπου ρ_a=1.186kg/m³ η πυκνότητα του αέρα

Η θερμοροή που μπαίνει στο δωμάτιο από τον τοίχο είναι:

$$q_{toix} = -k \frac{T_N - T_{N-1}}{\Delta x} \quad (2.12) \text{ με}$$

$$k = \frac{2k_{N-1}k_N}{k_{N-1} + k_N}$$

(2.13)

ΠΥΚΝΩΣΗ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ ΣΤΗ ΜΟΝΩΣΗ

Ο χρήστης του υπολογιστικού κώδικα έχει τη δυνατότητα να πυκνώσει το πλέγμα στην περιοχή της μόνωσης όπου η κατανομή θερμοκρασιών παρουσιάζει μεγαλύτερες μεταβολές σε σχέση με τον υπολοίπο τοίχο και επομένως παρουσιάζει μεγαλύτερο ενδιαφέρον. Έτσι επιλέγει έναν **συντελεστή πυκνώσης πλέγματος f** ο οποίος υποπολλαπλασιάζει το χωρικό βήμα στη περιοχή της μόνωσης ανάλογα με την τιμή που του έχει δοθεί και έτσι πολλαπλασιάζονται με (1/f) οι κόμβοι της μόνωσης.

Στους εσωτερικούς κόμβους έχουμε διαφοροποίηση στους εξής συντελεστες τις εξίσωσης πεπερασμένων διαφορών:

$$A_E = -\frac{k_e}{(\Delta x)_e}, \quad A_W = -\frac{k_w}{\Delta x_w}, \quad \begin{aligned} \Delta x_e &= \Delta x_i \\ \Delta x_w &= \Delta x_{i-1} \\ \Delta x &= (\Delta x_i + \Delta x_{i-1}) / 2 \end{aligned}$$

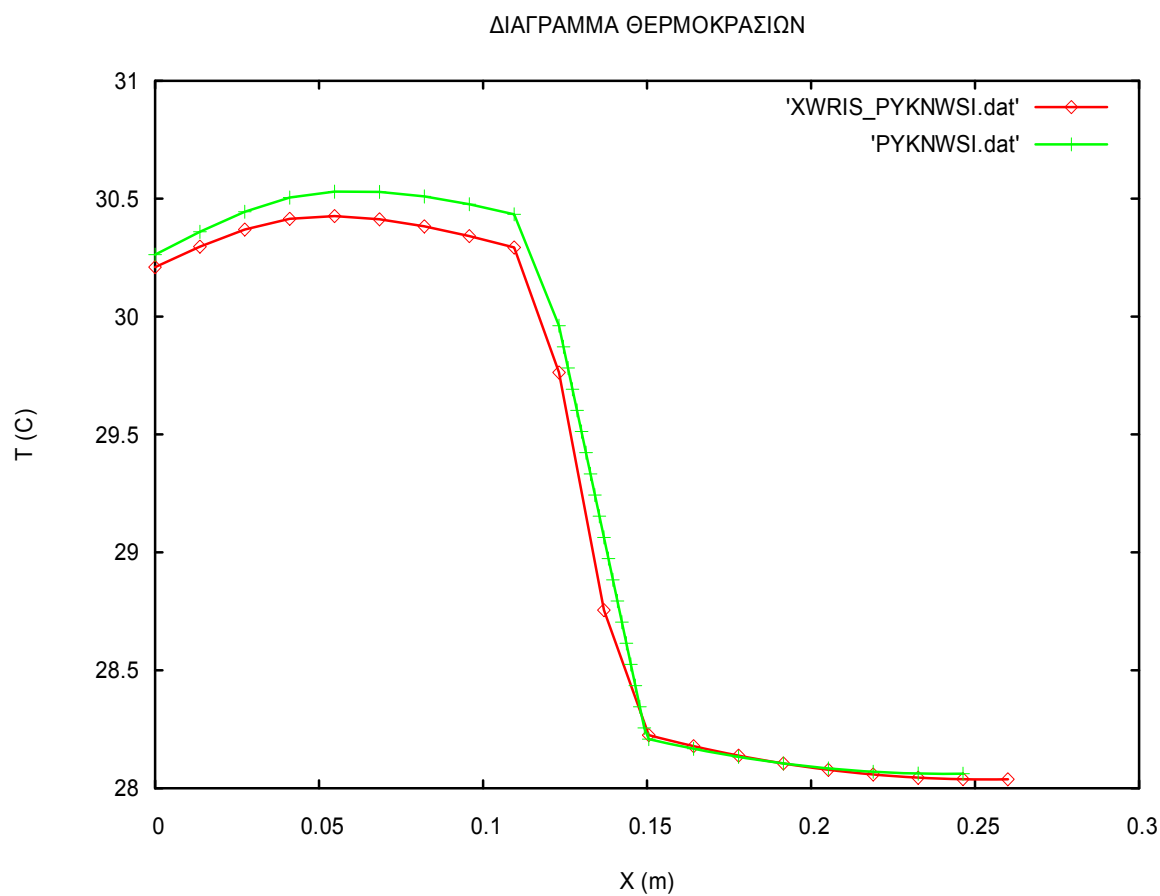
Τα χαρακτηριστικά με τα οποία “τρέχουμε” το κώδικα είναι:

Δx(m)(ομοιόμορφου πλέγματος)	0.01368
Δt(min)	5
tφαινομένου(days)	40
N(πλήθος κόμβων ομοιόμορφου πλέγματος)	20
ώρα	24 ^η

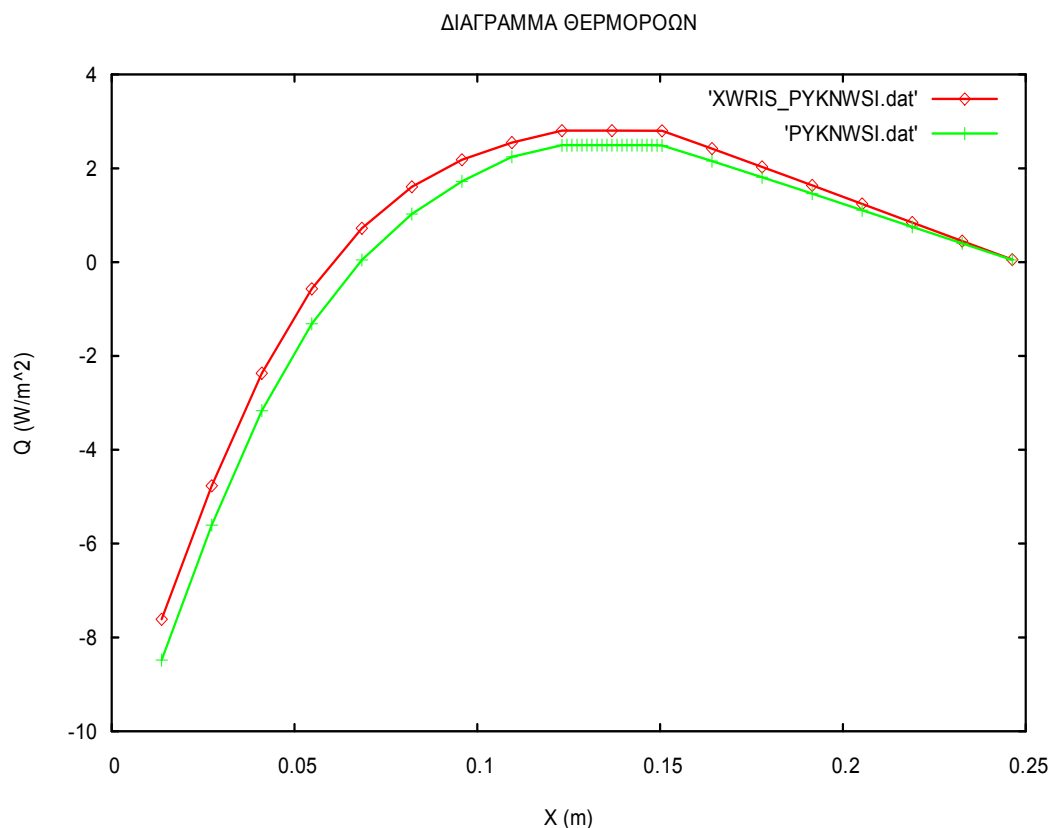
Συντελεστής πύκνωσης(μόνωση)	0.1
------------------------------	-----

Πίνακας.(2.4.2)- Χαρακτηριστικά κώδικα

Παραθέτουμε τα διαγράμματα θερμοκρασιών και θερμοροών(2.4.1),(2.4.2) στη μεταβατικά μόνιμη κατάσταση με πύκνωση και χωρίς πύκνωση στη περιοχή μόνωσης:



Διάγραμμα (2.4.1)-Κατανομή θερμοκρασιών στον τοίχο



Διάγραμμα (2.4.2)-Κατανομή θερμοροών στον τοίχο

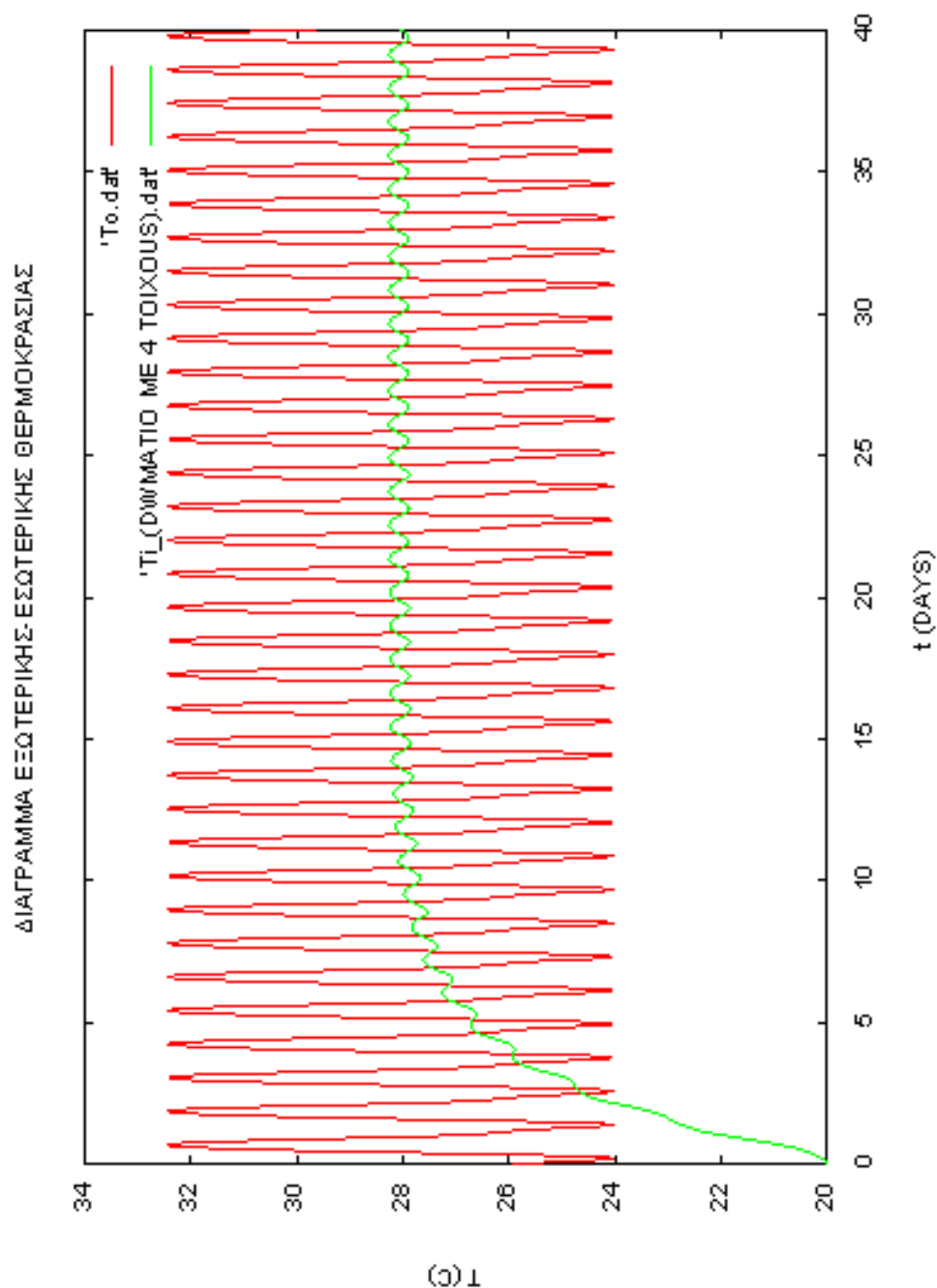
“Τρέχουμε” το κώδικα με:

Δx(m) (ομοιόμορφου πλέγματος)	2.626×10^{-3}
Δt(min)	5
τφαινομένου(days)	40
N(πλήθος κόμβων ομοιόμορφου πλέγματος)	100
ώρα	24 ^η
Συντελεστής πύκνωσης(μόνωση)	0.2

Πίνακας.(2.4.3)- Χαρακτηριστικά κώδικα

Παραθέτουμε σε κοινό διάγραμμα την εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος $T_0 = T_0(t)$ σε σύγκριση με την εσωτερική θερμοκρασία του αέρα του δωματίου $T_i = T_i(t)$ (2.4.3) καθώς και τα διαγράμματα θερμοκρασιών και

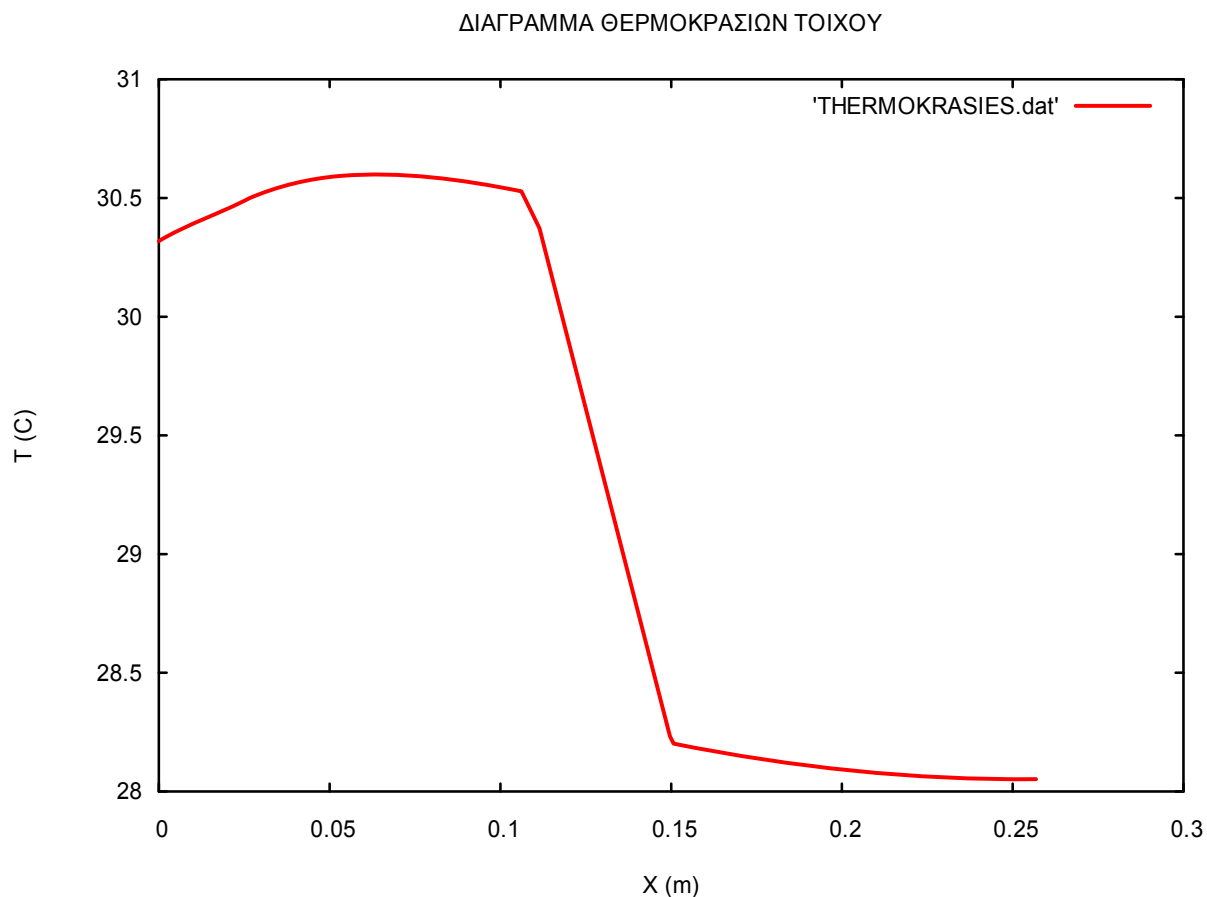
θερμοροών(2.4.4),(2.4.5) στη μεταβατικά μόνιμη κατάσταση πάνω στο τοίχο για 24:00:



Διάγραμμα (2.4.3)-Μεταβολή εσωτερικής θερμοκρασίας αέρα

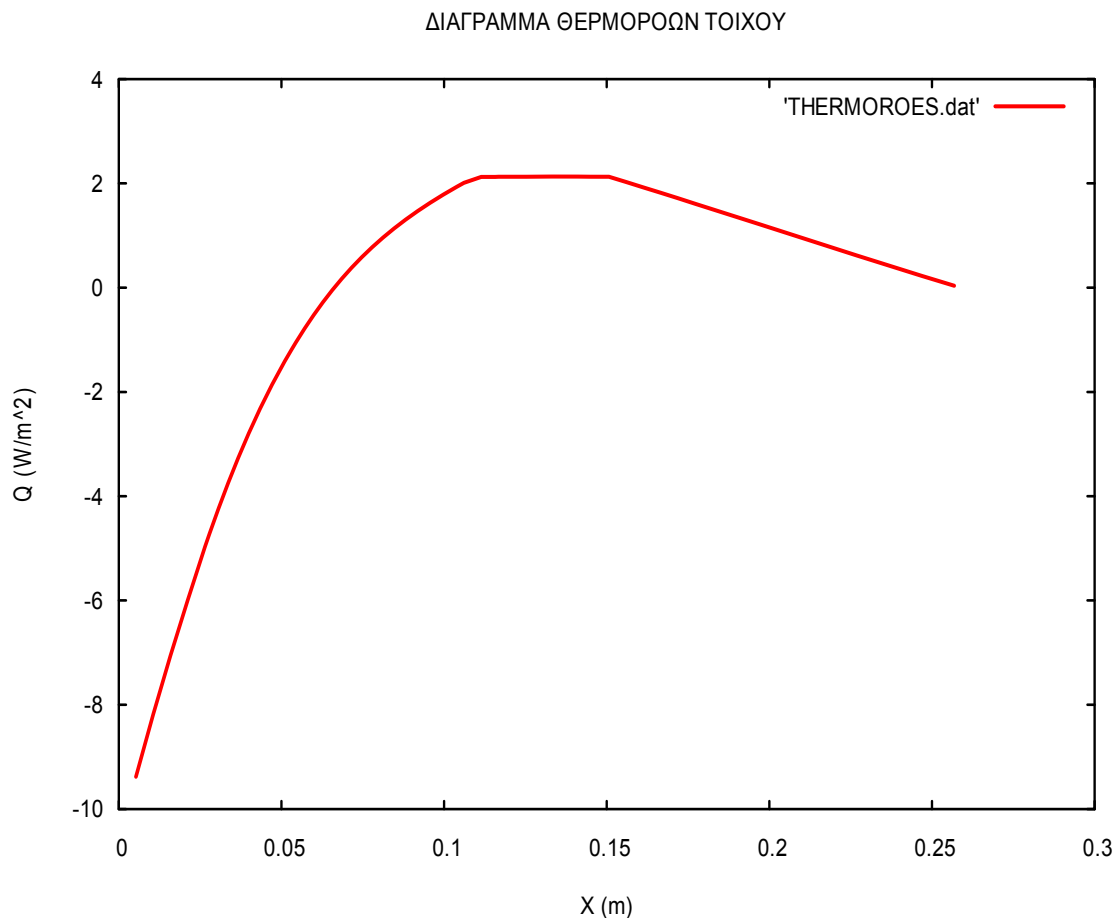
Αξίζει να αναφέρουμε ότι η εξωτερική θερμοκρασία παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερη διακύμανση σε σχέση με την εσωτερική, ενώ σύμφωνα με το

διάγραμμα η μέση εσωτερική θερμοκρασία του αέρα του δωματίου αποκαθίσταται στη μέση εξωτερική με χρονική καθυστέρηση που εξαρτάται από την κατασκευή του τοίχου και από τα θερμικά φορτία που εισρέουν στο δωμάτιο.



Διάγραμμα (2.4.4)-Κατανομή θερμοκρασιών στον τοίχο

Το τμήμα του εξωτερικού τοίχου πριν την αρχή της μόνωσης(μέχρι $x=0.11$) παρουσιάζει τις υψηλότερες θερμοκρασίες για την ώρα που εξεταζουμε(24:00). Στο κομμάτι της μόνωσης η πτώση θερμοκρασίας είναι μεγάλη λόγω της πολύ απότομης κλίσης της καμπύλης, ενώ στο κομμάτι τοίχου από $x=0.15$ έως $x=0.26$ η θερμοκρασία έχει τη μικρότερη τιμή με μικρές μεταβολές.



Διάγραμμα (2.4.5)-Κατανομή θερμοροών στον τοίχο

Παράτηrouμε στην αρχή αρνητικές θερμοροες που οφείλονται στο γεγονός ότι ο τοίχος έχει αποθηκεύσει θερμότητα καθ όλη τη διάρκεια της μέρας και την οποία αποδίδει προς το περιβάλλον το βραδυ(24:00 η ώρα που εξετάσαμε) όπου η εξωτερική θερμοκρασία είναι χαμηλότερη της θερμοκρασίας των εξωτερικών στρωμάτων του τοίχου. Έπειτα παρεμβάλεται η μόνωση γι αυτό οι θερμοροές γίνονται πάλι θετικές.

2.5 ΠΛΗΡΩΣ ΜΟΝΩΜΕΝΟ ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΤΕΣΣΕΡΙΣ ΤΟΙΧΟΥΣ ΚΑΙ ΟΡΟΦΗ(ΧΩΡΙΣ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ)

Ο καθένας από τους 4 τοίχους είναι **G1(διπλός δρομικός με μόνωση 4 cm)** και αποτελείται από 5 στρώματα με χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη περίπτωση.

Το καινούργιο στοιχείο στην περίπτωση που εξετάζουμε είναι η **μονωμένη οροφή** η οποία αποτελεί μία επιπρόσθετη επιφάνεια(εκτός των τεσσάρων τοίχων)για συναλλαγή θερμότητας με το περιβάλλον.

Η οροφή αποτελείται από 6 στρώματα με χαρακτηριστικά:

ΥΛΙΚΟ	$l(m)$	$d(kg/m^3)$	$cp(J/kgK)$	$k(W/mK)$
Gravel concrete (αμμώδες σκυρόδεμα)	0.070	2300	880	2.200
Waterproof layer (υδατοστεγές στρώμα)	0.010	32	840	0.038
Insulation(μόνωση)	0.060	32	840	0.038
Concrete(σκυρόδεμα)	0.070	2300	880	2.200
Reinforced concrete(ενισχυμένο σκυρόδεμα)	0.140	2300	880	2.200
Finishing layer(σοβάς)	0.015	1860	835	1.200

Πίνακας.(2.5.1)- Χαρακτηριστικά υλικών κατασκευής οροφής

Το πάχος της οροφής είναι το άθροισμα από τα πάχη που αποτελείται,δηλαδή

$$l_{orof} = 0.365m$$

Η δ.ε του προβλήματος είναι: $\rho_{ej}c_{ej} \frac{\partial T_{ej}}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k_{ej} \frac{\partial T_{ej}}{\partial x} \right)$ (2.15) όπου j

το στρώμα του τοίχου με j=1,2,3,4,5 και e=1,2 με:

$e=1 \rightarrow$ Οροφή
 $e=2 \rightarrow$ Τάχος

Οι οριακές συνθήκες, αρχική συνθήκη και η διακριτοποίηση πλέγματος στην οροφή σύμφωνα με την εξίσωση πεπερασμένων διαφορών είναι ίδια με τον εξωτερικό τοίχο και ισχύουν τα ίδια με πριν.

Η εξωτερική θερμοκρασία είναι μεταβαλλόμενη σύμφωνα με την 21^η Ιουλίου. (Δεν συμπεριλαμβάνεται σ αυτό το στάδιο η ηλιακή ακτινοβολία)

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Η εσωτερική θερμοκρασία του αέρα υπολογίζεται για κάθε χρονική στιγμή από τον εσωτερικό ισολογισμό θερμικής ενέργειας. Στην περίπτωση που εξετάζουμε τα φορτία αυτά προέρχονται από τους 4 τοίχους και την οροφή:

$$\rho_a \nu_a c_a \frac{\partial T_i}{\partial t} = 4q_{toix} A_{toix} + q_{hor} A_{hor} \Rightarrow \frac{T_i^{n+1} - T_i^n}{\Delta t} = \frac{(4q_{toix} A_{toix} + q_{hor} A_{hor}) \Delta t}{\rho_a \nu_a c_a} \Rightarrow$$

$$T_i^{n+1} = \frac{(4q_{toix} A_{toix} + q_{hor} A_{hor}) \Delta t}{\rho_a \nu_a c_a} + T_i^n,$$

$$t = 0 \rightarrow T_i(t) = 20^0 C$$

(2.16)

$$q_e = -k \frac{T_N^e - T_{N-1}^e}{\Delta x_{N-1}^e} \quad \begin{array}{l} e=1 \rightarrow \text{Οροφή} \\ e=2 \rightarrow \text{Τάχος} \end{array} \quad (2.17)$$

με

$$k = \frac{2k_{N-1} k_N}{k_{N-1} + k_N} \quad (\text{διαφορετικό για τοίχο και διαφορετικό για οροφή}) \quad (2.18)$$

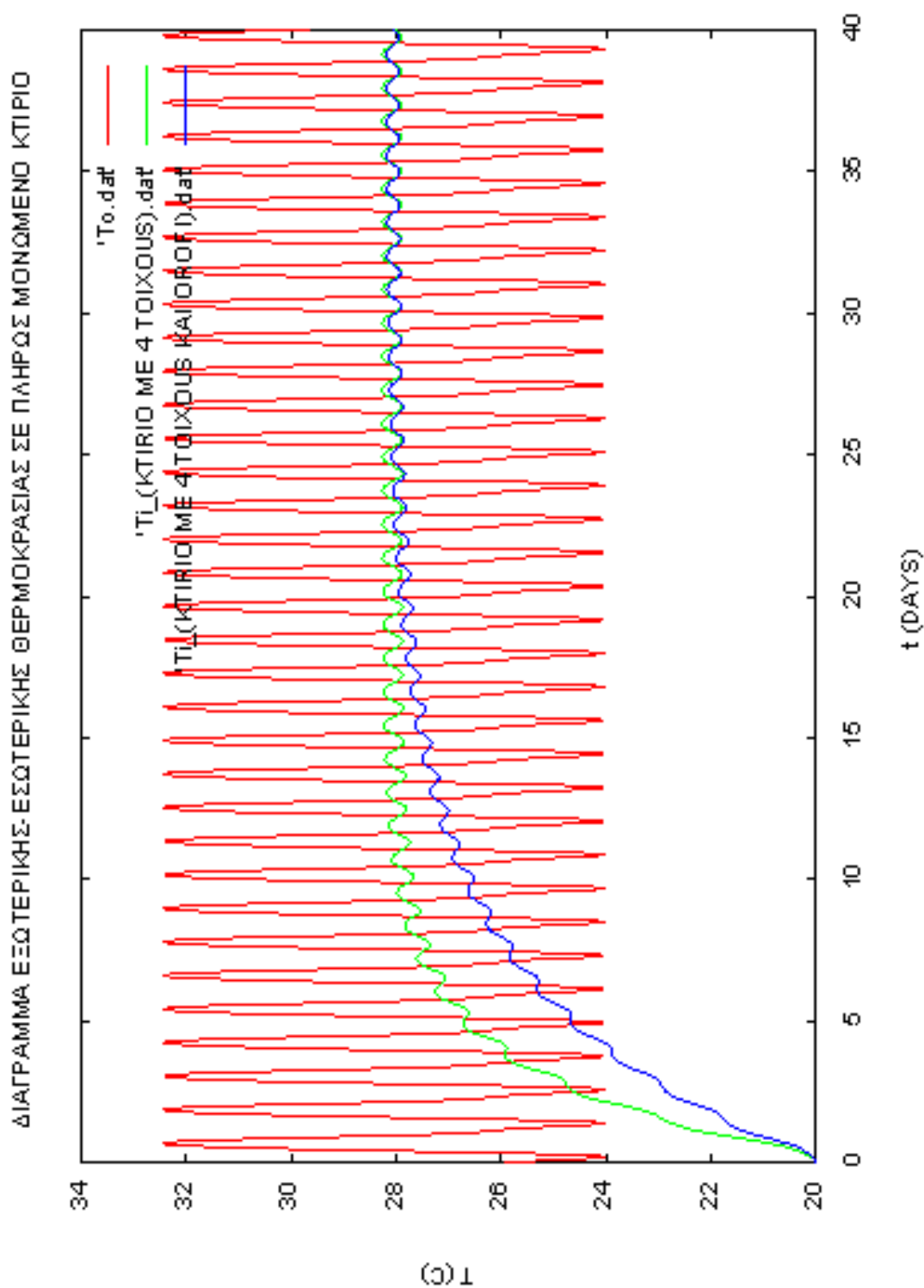
$$A_{hor} = (\text{μήκος}) \times (\text{πλάτος}) = 100 \text{m}^2$$

“Τρέχουμε” το κώδικα με:

Δx τοίχου(m) (ομοιόμορφου πλέγματος)	2.626×10^{-3}
Δx οροφής(m) (ομοιόμορφου πλέγματος)	3.686×10^{-3}
Δt(min)	5
tφαινομένου(days)	40
N(πλήθος κόμβων ομοιόμορφου πλέγματος)	100
ώρα	24 ^h
Συντελεστής πύκνωσης(μόνωση)	0.2

Πίνακας.(2.5.2)- Χαρακτηριστικά κώδικα

Παραθέτουμε σε κοινό διάγραμμα(2.5.1) την εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος $T_o = T_o(t)$, την εσωτερική θερμοκρασία του αέρα του κτιρίου $T_i = T_i(t)$ στην περίπτωση που έχουμε οροφή και στην προηγούμενη περίπτωση στην οποία δεν είχαμε συμπεριλάβει φορτία από οροφή:

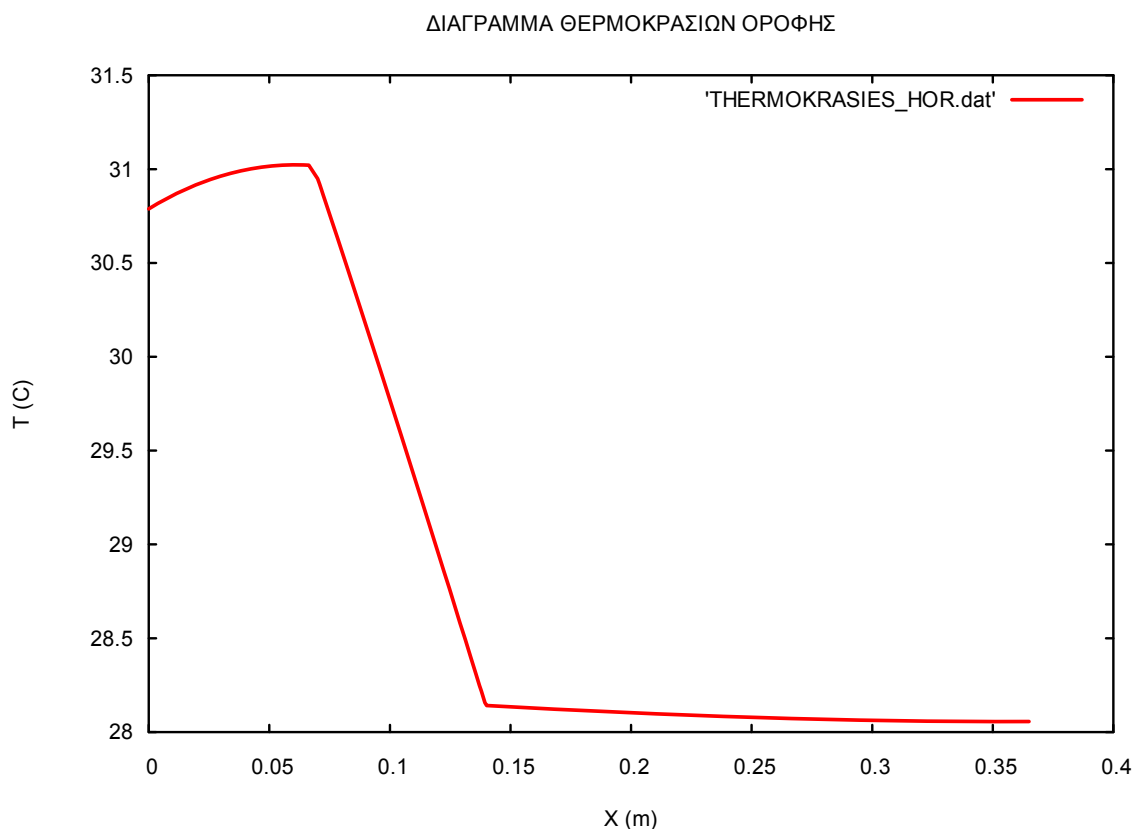


Διάγραμμα (2.5.1)-Μεταβολή εσωτερικής θερμοκρασίας αέρα

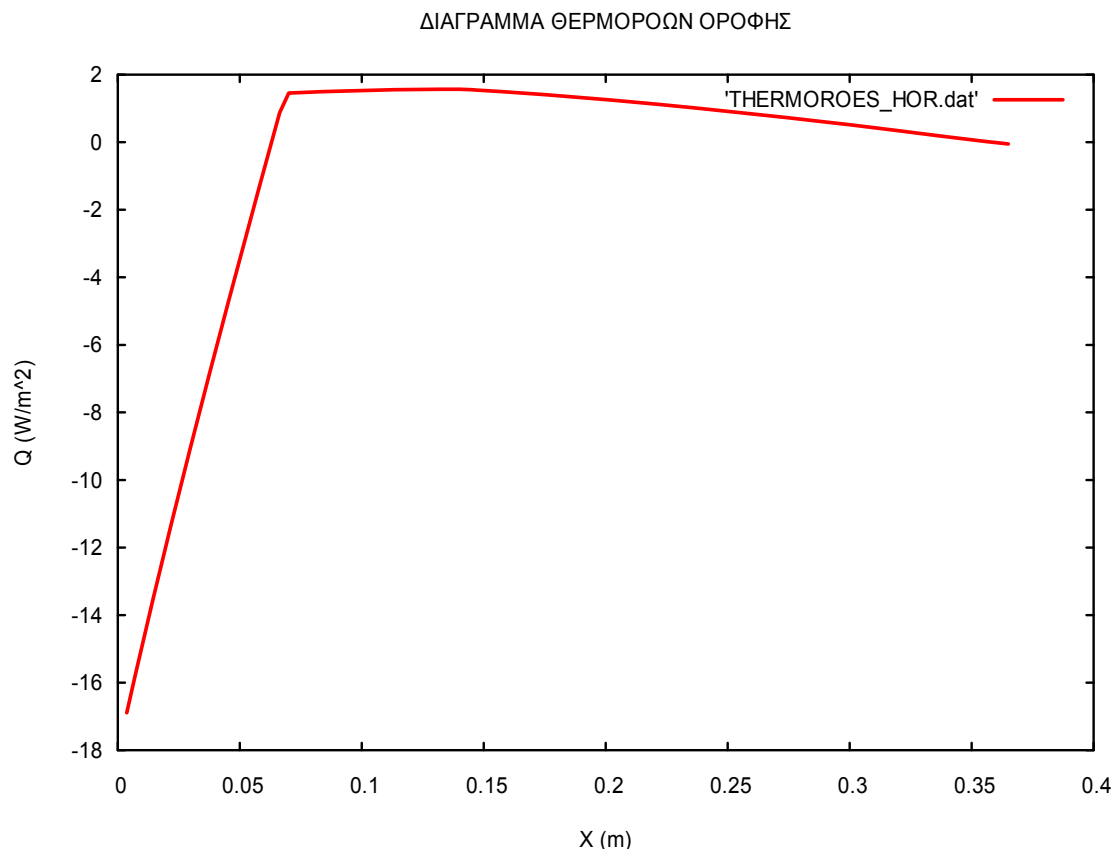
Ενώ στην περίπτωση των τεσσάρων τοίχων και της οροφής έχουμε μία επιπλέον επιφάνεια(οροφή) συναλλαγής θερμότητας σε σχέση με την

περίπτωση μόνο των τεσσάρων τοίχων και θα περιμέναμε η 'μπλε' καμπύλη να έχει πιο απότομη κλίση και να αποκαθίσταται η μέση εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου πιο γρήγορα απ ότι η 'πρασινή' καμπύλη,παρ 'όλα αυτά στο παραπάνω διάγραμμα βλέπουμε το ακριβώς αντίθετο.Στο κτίριο χωρίς οροφή η μέση εσωτερική θερμοκρασία συγκλίνει πολύ πιο γρήγορα στη μέση εξωτερική θερμοκρασία απ ότι στο κτίριο με την οροφή.Ο λόγος οφείλεται στο γεγονός ότι το κτίριο με οροφή μπορεί από τη μία να δέχεται από το περιβάλλον περισσότερα φορτία ωστόσο τα φορτία αυτά δεν είναι τόσο μεγάλα εξαιτίας της μόνωσης της οροφής ώστε να υπερνικήσουν την πολύ μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα του κτιρίου.

Ακολουθούν τα διαγράμματα θερμοκρασιών και θερμοροών(2.5.2),(2.5.3) στη μεταβατικά μόνιμη κατασταση πάνω στην οροφή για τις 24:00:



Διάγραμμα (2.5.2)-Κατανομή θερμοκρασιών στην οροφή



Διάγραμμα (2.5.3)-Κατανομή θερμοροών στην οροφή

2.6 ΚΤΙΡΙΟ ΧΩΡΙΣ ΜΟΝΩΣΗ

Εξετάζουμε τώρα την περίπτωση του πλήρως αμόνωτου κτιρίου με τα παρακάτω χαρακτηριστικά εξωτερικών τοίχων και οροφής:

ΤΟΙΧΟΣ ΧΩΡΙΣ ΜΟΝΩΣΗ(4^{ωv} στρωμάτων):

ΥΛΙΚΟ	$l(m)$	$d(kg/m^3)$	$cp(J/kgK)$	$k(W/mK)$
Finishing layer (σοβάς)	0.020	1860	835	1.200
Brick(τούβλο)	0.090	1920	840	0.720
Brick(τούβλο)	0.090	1920	840	0.720
Finishing layer(σοβάς)	0.020	1860	835	1.200

Πίνακας.(2.6.1)- Χαρακτηριστικά υλικών κατασκευής τοίχου

$$l_{TOIX} = 0.22m$$

ΟΡΟΦΗ ΧΩΡΙΣ ΜΟΝΩΣΗ(2 στρωμάτων):

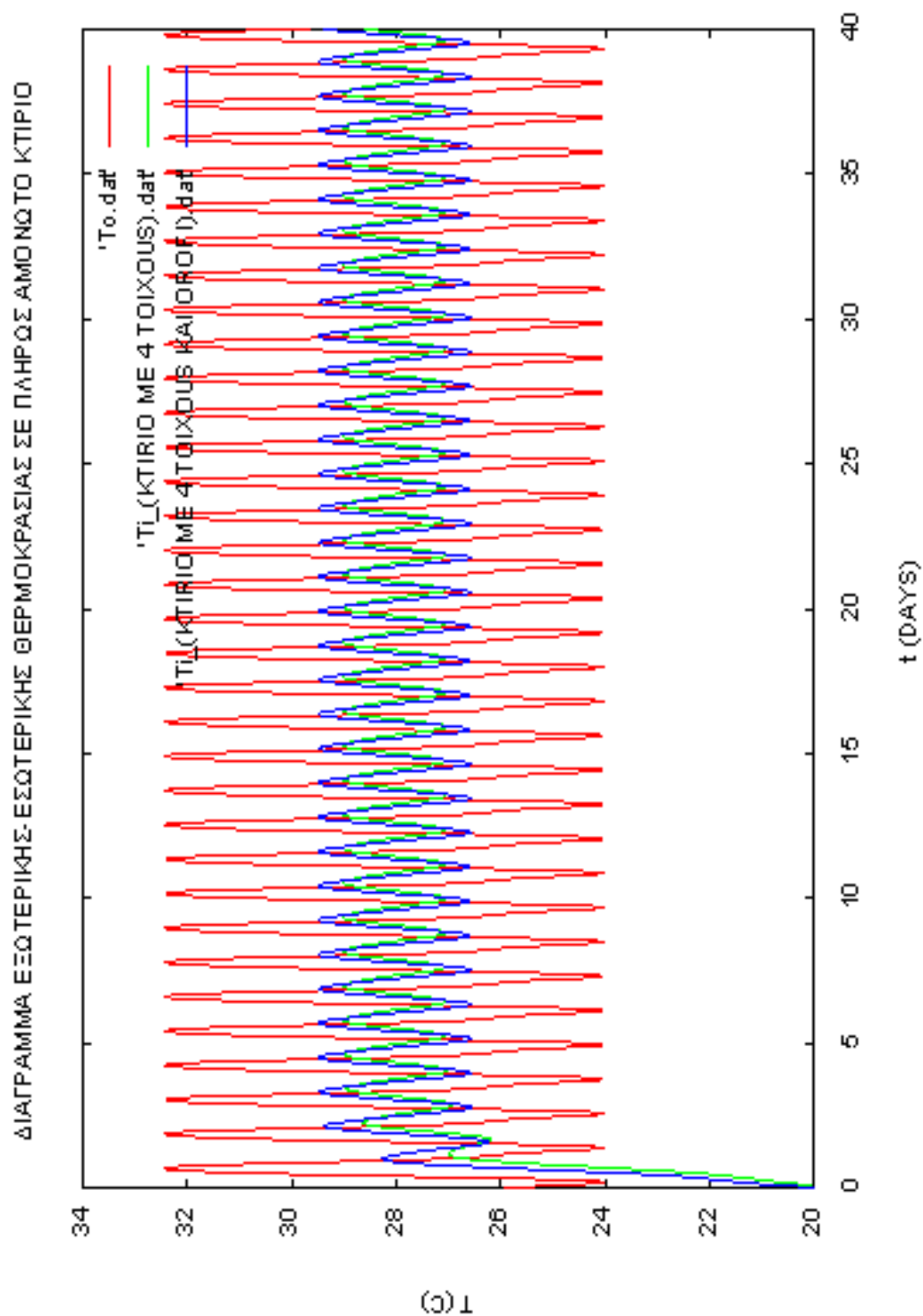
ΥΛΙΚΟ	$l(m)$	$d(kg/m^3)$	$cp(J/kgK)$	$k(W/mK)$
Reinforced concrete(ενισχυμένο σκυρόδεμα)	0.140	2300	880	2.200
Finishing layer(σοβάς)	0.015	1860	835	1.200

Πίνακας.(2.6.2)- Χαρακτηριστικά υλικών κατασκευής οροφής

$$l_{OROF} = 0.155m$$

Παραθέτουμε σε κοινό διάγραμμα(2.6.1) την εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος $T_0 = T_0(t)$, την εσωτερική θερμοκρασία του αέρα του κτιρίου $T_i = T_i(t)$ στην περίπτωση που έχουμε οροφή και στην περίπτωση στην οποία δεν έχουμε συμπεριλάβει φορτία από οροφή.

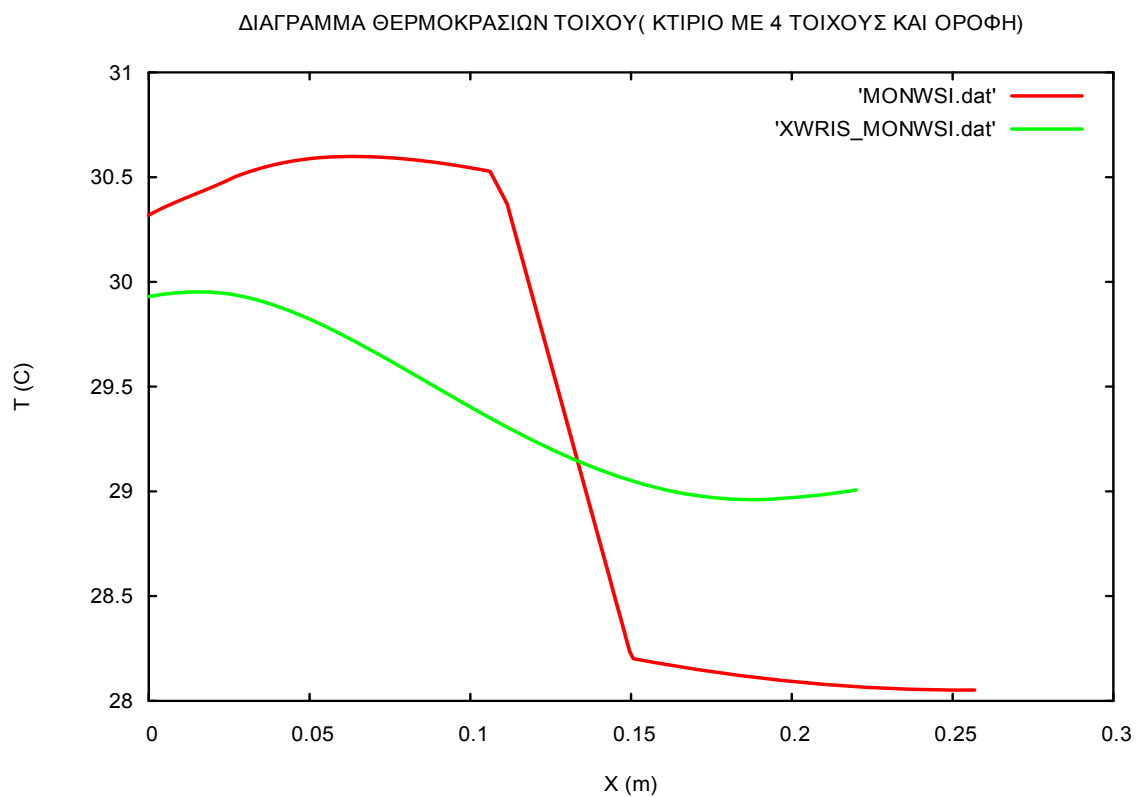
Αυτό που παρατηρούμε τώρα στο παρακάτω διάγραμμα(2.6.1) είναι πως **στο πλήρως αμόνωτο κτίριο** η καμπύλη(μπλε) της εσωτερικής θερμοκρασίας στην περίπτωση που έχουμε οροφή έχει μικρότερη χρονική καθυστέρηση (δηλαδή είναι πιο απότομη) σε σχέση με την αντίστοιχη καμπύλη(πράσινη) μέχρι να αποκατασταθεί στην μέση εξωτερική θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Επίσης η μπλε καμπύλη παρουσιάζει και μεγαλύτερη διακύμανση γύρω από την μέση τιμή της εξαιτίας των επιπλέον φορτίων της οροφής. Γενικά πάντως και οι δύο καμπύλες έχουν αισθητά μεγαλύτερη διακύμανση στο πλήρως αμόνωτο κτίριο συγκριτικά με τις αντίστοιχες καμπύλες για το πλήρως μονωμένο κτίριο που εξετάσαμε προηγουμένως διότι η απουσία της μόνωσης τις κάνει πιο "εβαλωτες" στις εξωτερικές μεταβολές της θερμοκρασίας.



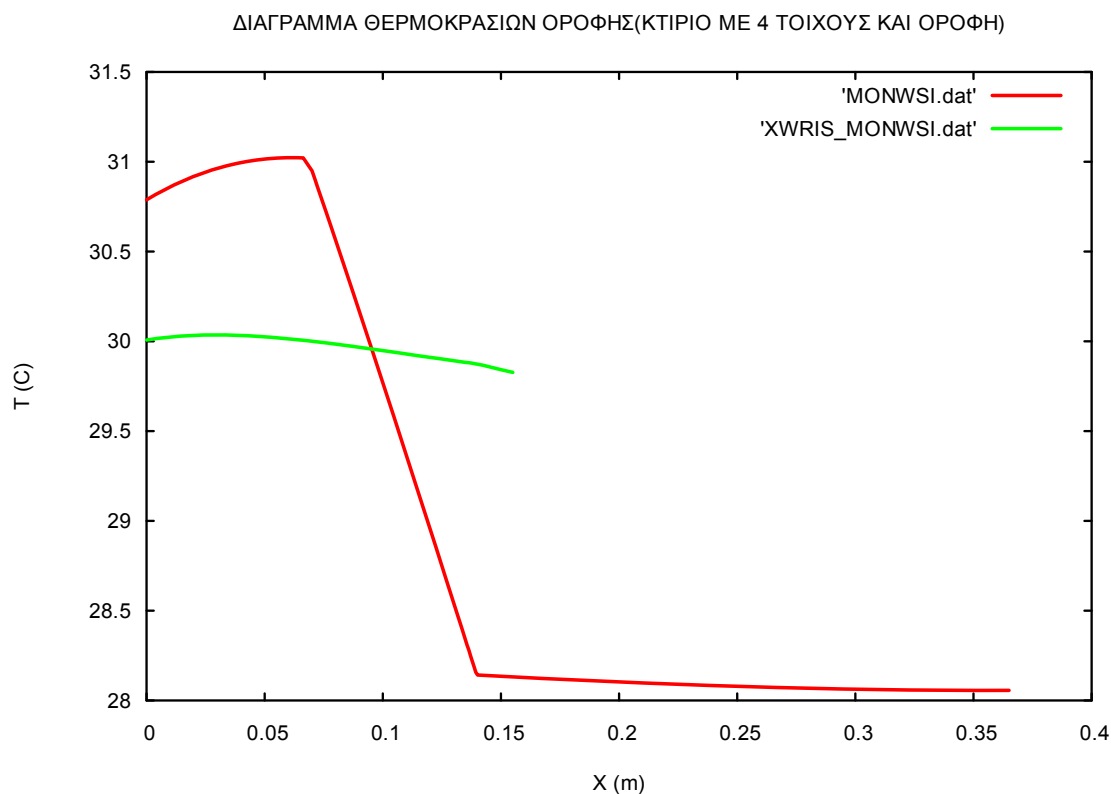
Διάγραμμα (2.6.1)-Μεταβολή εσωτερικής θερμοκρασίας αέρα

Ακολουθούν κοινά διαγράμματα θερμοκρασιών και θερμοροών(2.6.2),(2.6.3),(2.6.4),(2.6.5) στη μεταβατικά μόνιμη κατασταση

πάνω στον τοίχο και στην οροφή για αμόνωτο κτίριο σε σύγκριση με το μονωμένο στις 24:00:

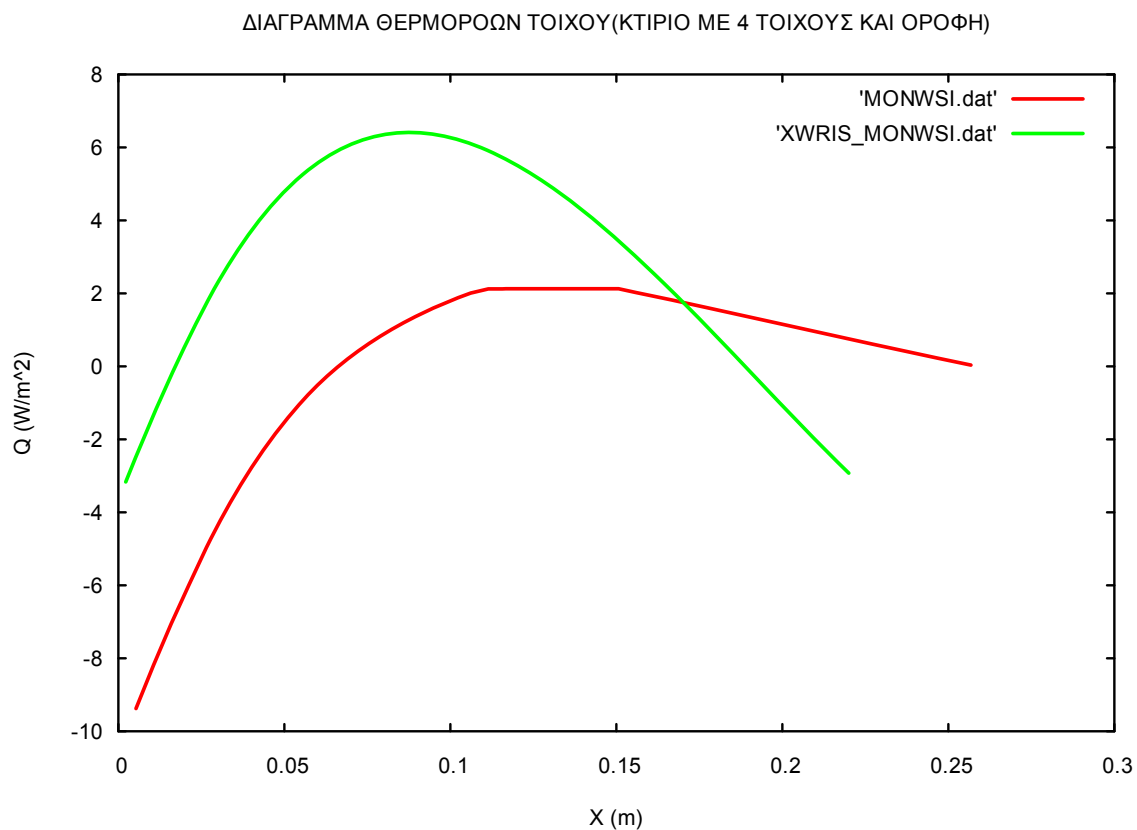


Διάγραμμα (2.6.2)-Κατανομή θερμοκρασιών στον τοίχο

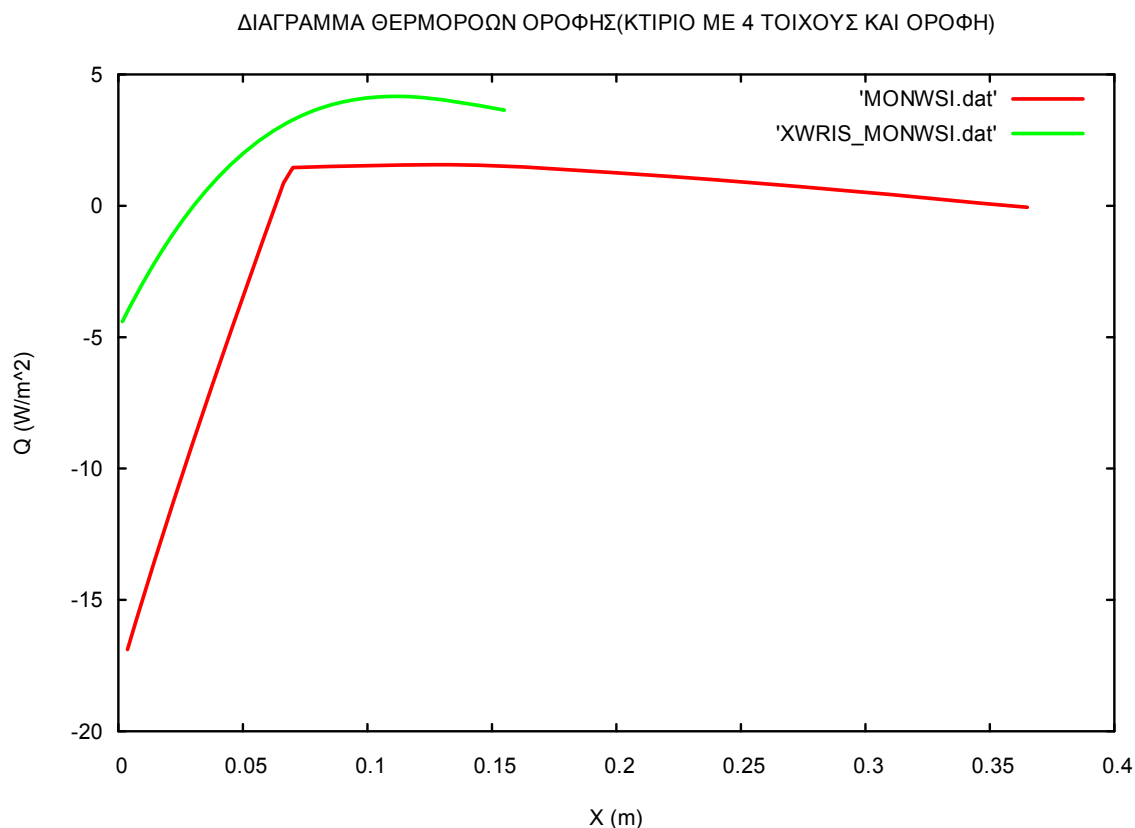


Διάγραμμα (2.6.3)-Κατανομή θερμοκρασιών στην οροφή

Και στα δύο διαγράμματα θερμοκρασιών βλέπουμε πως η κατανομή θερμοκρασιών στην περίπτωση που έχουμε μόνωση να είναι πιο ανομοιόμορφη κατά μήκος του τοίχου ή της οροφής(διότι η μόνωση προκαλεί απότομη μεταβολή θερμοκρασίας),ενώ τόσο στην οροφή όσο και στον εξωτερικό τοίχο η αντίστοιχη κατανομή είναι ομοιόμορφη. Ακόμα ο τελευταίος κόμβος έχει την υψηλότερη θερμοκρασία όταν δεν υπάρχει μόνωση.



Διάγραμμα (2.6.4)-Κατανομή θερμοροών στον τοίχο



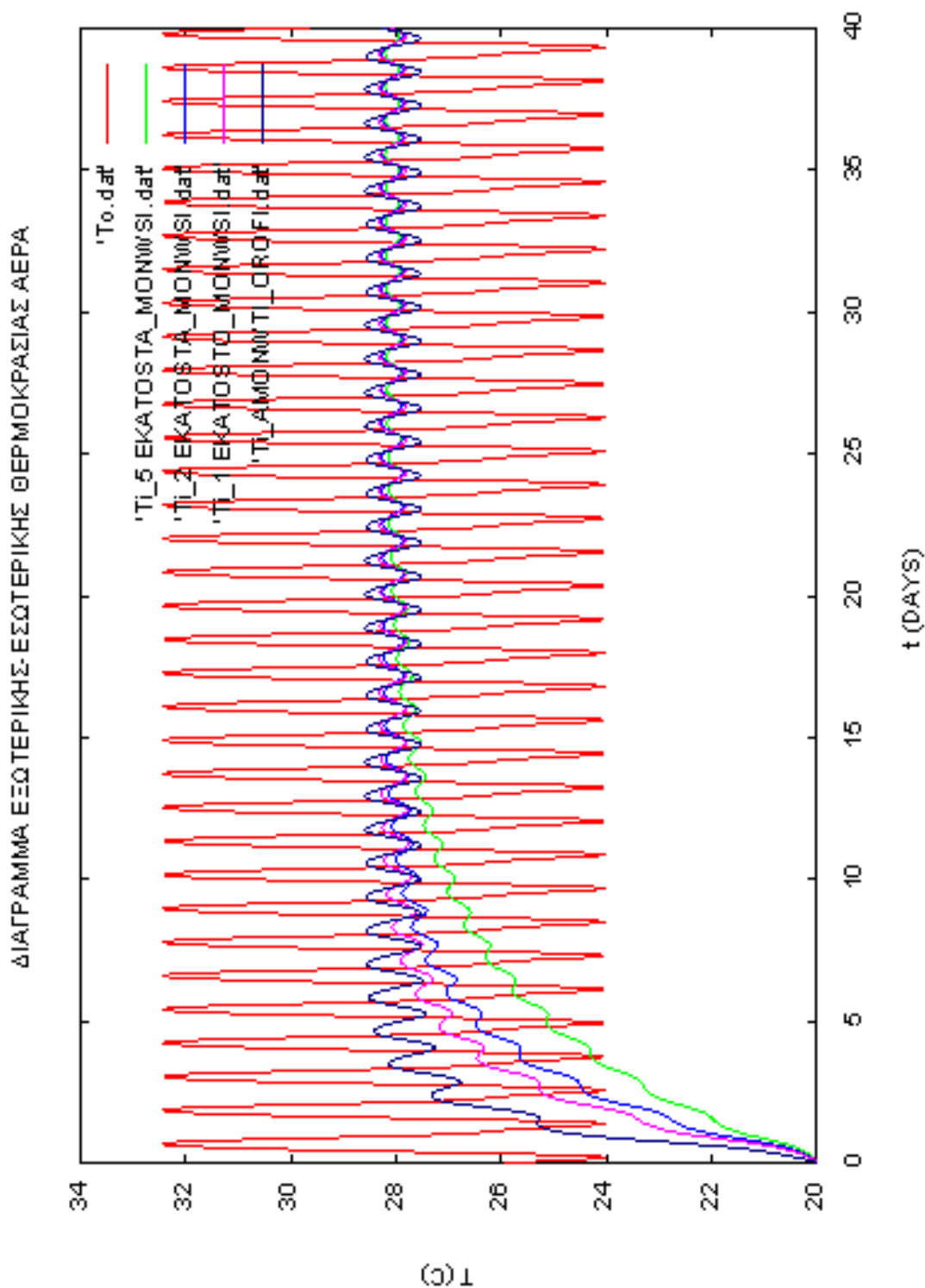
Διάγραμμα (2.6.5)-Κατανομή θερμοροών στην οροφή

2.7 ΕΥΡΕΣΗ ΚΡΙΣΙΜΟΥ ΠΑΧΟΥΣ ΜΟΝΩΣΗΣ ΤΗΣ ΟΡΟΦΗΣ

Από την περίπτωση του πλήρους μονωμένου κτιρίου που εξετάσαμε, διατηρούμε τους τοίχους ως έχουν και αρχίζουμε να μεταβάλλουμε το πάχος μόνωσης της οροφής.

Στο σημείο αυτό σκοπός μας είναι να βρούμε ποιο είναι εκείνο το πάχος μόνωσης που πρέπει να έχει η οροφή έτσι ώστε τα θερμικά φορτία που μπαίνουν στον εσωτερικό χώρο από την οροφή να “αντισταθμίζουν” την θερμοχωρητικότητα της και η καμπύλη της εσωτερικής θερμοκρασίας του αέρα να παρουσιάζει ακριβώς την ίδια κατανομή με την περίπτωση του κτιρίου που έχει μόνο τέσσερις μονωμένους τοίχους(η οροφή θεωρείται αδιαβατικά μονωμένη).

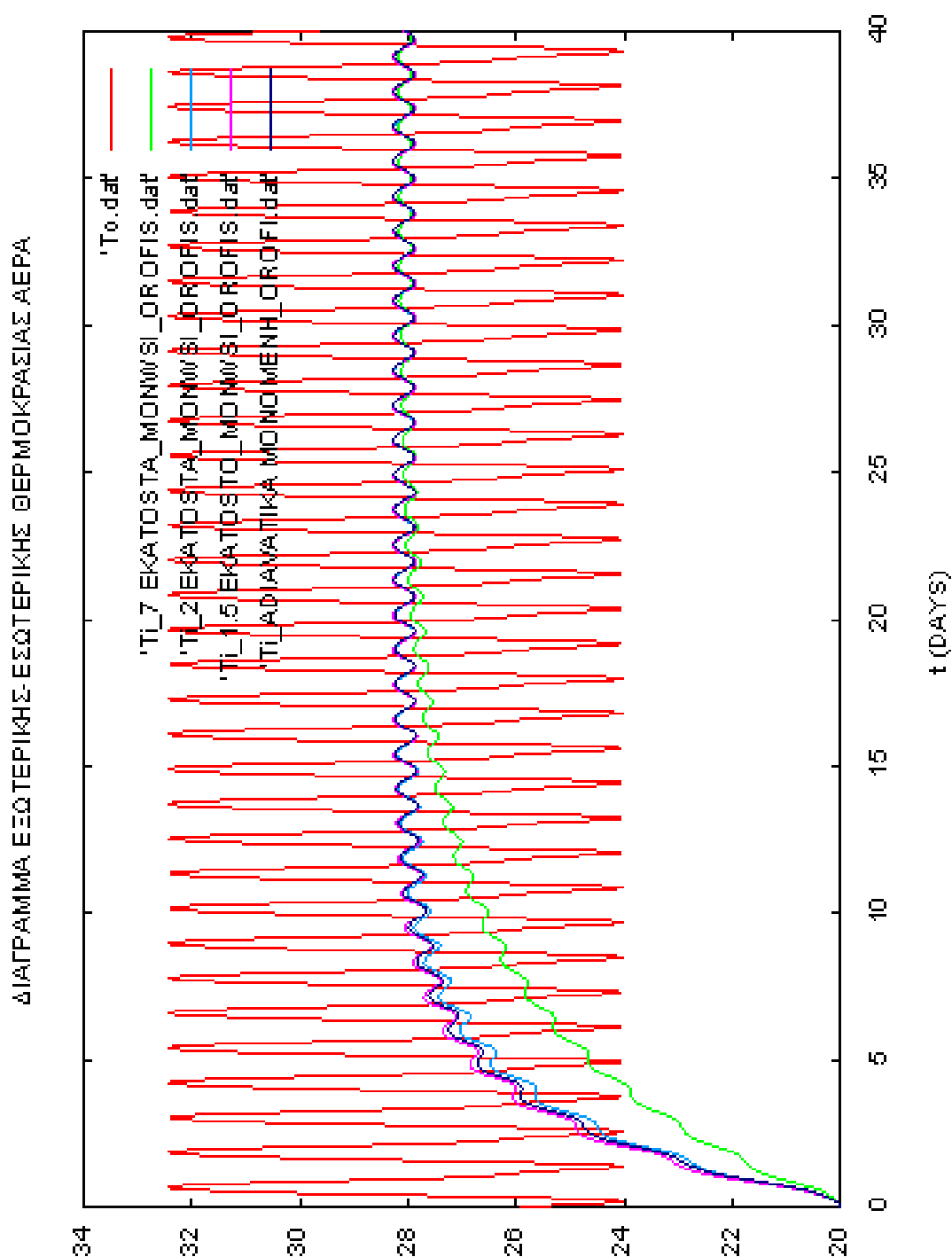
Στο διάγραμμα που ακολουθεί(2.7.1) φαίνεται η μεταβολή της εσωτερικής θερμοκρασίας του αέρα για διαφορά πάχη μόνωσης της οροφής:



Διάγραμμα (2.7.1)-Μεταβολή εσωτερικής θερμοκρασίας αέρα

Παρατηρούμε πως όσο μειώνεται το πάχος μόνωσης της οροφής τόσο πιο γρήγορα αποκαθίσταται η εσωτερική θερμοκρασία.

Στο παρακάτω διάγραμμα(2.7.2) φαίνεται το κρίσιμο πάχος μόνωσης για την περίπτωση που εξετάζουμε



(c) 1

Διάγραμμα (2.7.2)- Μεταβολή εσωτερικής θερμοκρασίας αέρα

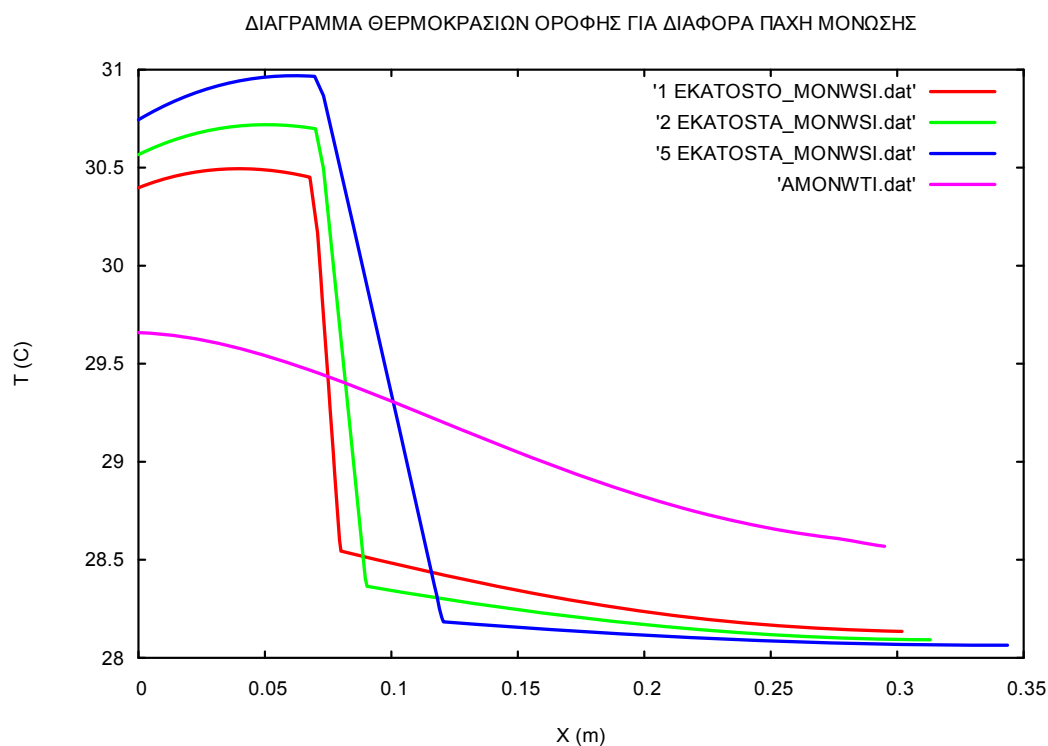
Στο παραπάνω διάγραμμα η πράσινη καμπύλη με τα 7 cm μόνωσης αναφέρεται στο πλήρες μονωμένο κτίριο που είχαμε εξετάσει με

$$l_{\text{ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΜΟΝΩΣΗΣ}} = l_{\text{WATERPROOF}} + l_{\text{INSULATION}} = 0.07 \text{ m}, \text{ ενώ η μπλε σκούρο στην}$$

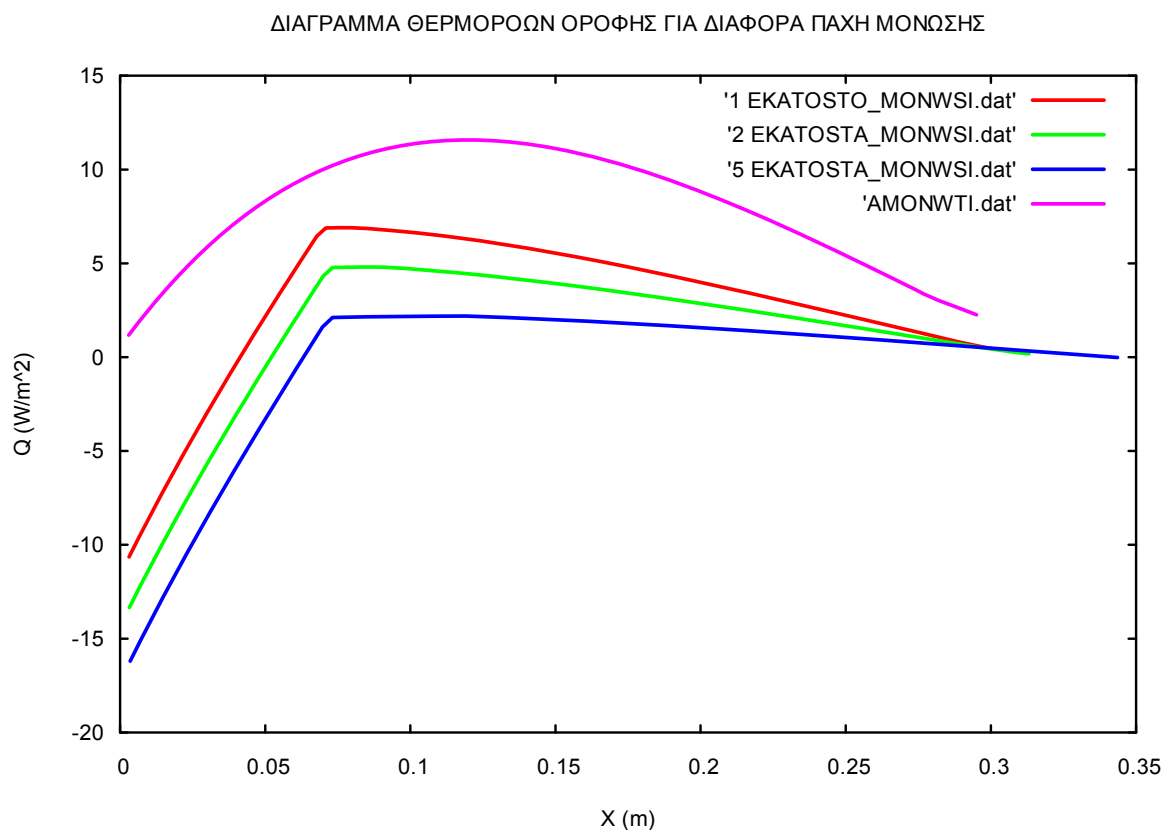
περίπτωση που έχουμε μόνο 4 τοίχους.

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται πως το **κρίσιμο πάχος μόνωσης της οροφής είναι 1.5 cm.**

Παρακάτω φαίνονται τα διαγράμματα(2.7.3),(2.7.4) θερμοκρασιών και θερμοροών της οροφής για διάφορα πάχη μόνωσης της:



Διάγραμμα (2.7.3)- Κατανομή θερμοκρασιών οροφής



Διάγραμμα (2.7.4)- Κατανομή θερμορρών οροφής

2.8 ΠΛΗΡΩΣ ΜΟΝΩΜΕΝΟ ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΤΕΣΣΕΡΙΣ ΤΟΙΧΟΥΣ ΚΑΙ ΟΡΟΦΗ ΣΥΜΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΜΟΚΡΑΣΙΑ

Σ αυτό το σημείο έφτασε η στιγμή να συμπεριλάβουμε και την ηλιακή ακτινοβολία. Η εξωτερική επιφάνεια κάθε τοίχου συναλλάσσει θερμότητα με το περιβάλλον θερμοκρασίας $T_0 = T_0(t)$, ενώ ταυτόχρονα υπόκειται και στην ηλιακή ακτινοβολία I_t . Προφανώς η θερμοκρασία του αέρα περιβάλλοντος είναι σταθερή για τους τέσσερις τοίχους. Αντίθετα, η ολική ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε κάθε τοίχο διαφέρει ανάλογα

με τον προσανατολισμό. Μπορούμε ωστόσο να χρησιμοποιήσουμε την αντίστοιχη **ισοδυναμη θερμοκρασία ηλίου-αέρος**[2] T_e κατά τα πρότυπα της ASHRAE.

Η θερμοκρασία ηλίου-αέρος(2.19) είναι η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρος η οποία σε απουσία όλων των θερμικών συναλλαγών δι ακτινοβολίας δίδει σε μία επιφάνεια την ίδια εισερχόμενη θερμότητα με αυτήν που προκύπτει με τον πραγματικό συνδυασμό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, με την συναλλαγή θερμότητας δι ακτινοβολίας με τον ουρανό και τα πέριξ και με την συναλλαγή δι συναγωγής με τον εξωτερικό αέρα.

$$T_e = T_0 + \frac{aI_t}{h_0} - \frac{\varepsilon\Delta R}{h_0} \quad (2.19)$$

όπου

a : συντελεστής απορρόφησης της επιφάνειας για την ηλιακή ακτινοβολία

I_t : προσπίπτουσα ολική ηλιακή ακτινοβολία (W/m^2)

$\varepsilon\Delta R$: εκπεμπόμενη ακτινοβολία από την επιφάνεια (W/m^2)

Ο λόγος $\frac{a}{h_0} = 0.026$ γιατί θεωρούμε ανοιχτόχρωμες τις επιφάνειες.

Η ποσότητα $\frac{\varepsilon\Delta R}{h_0} = 3.9^{\circ}C$ για οριζόντια επιφάνεια και $\frac{\varepsilon\Delta R}{h_0} = 0^{\circ}C$ για

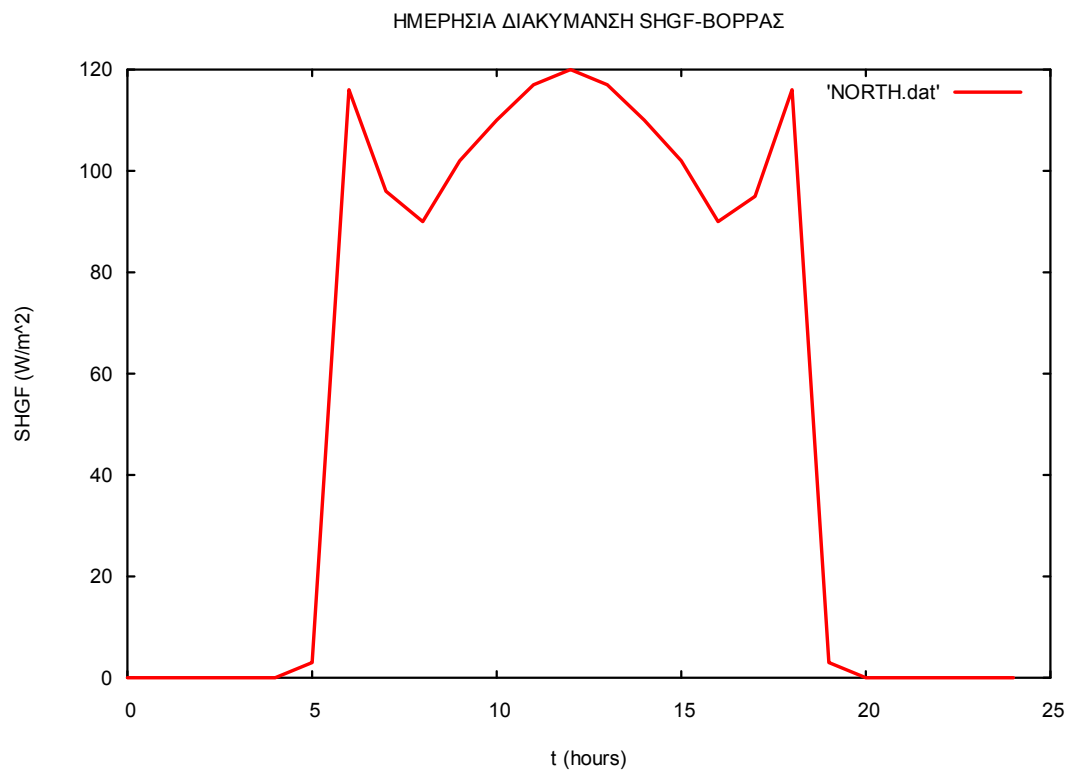
κατακόρυφη.

Προσεγγιστικά $I_t = 1.15(SHGF)$ [2]

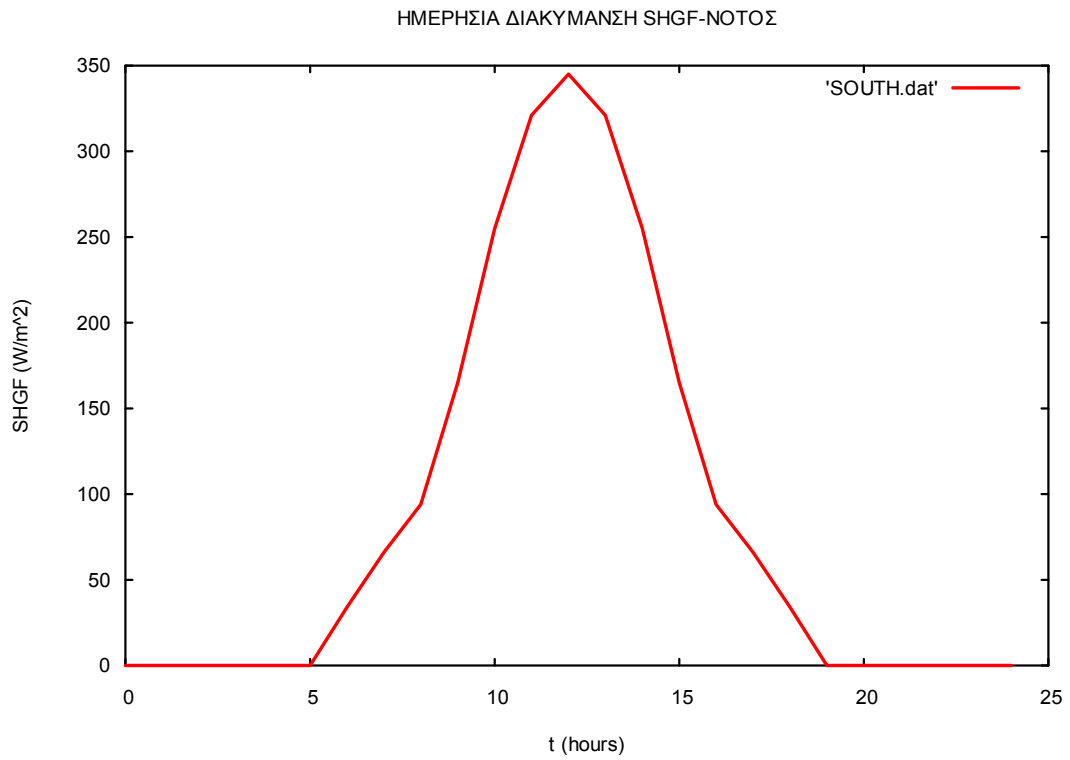
Οι τιμές του (SHGF)=(Solar Heat Gain Factor) ή παράγων Θερμικού Ηλιακού Κέρδους [2] λαμβάνονται κατά την καλοκαιρινή εποχή για την 21^η Ιουλίου και για γεωγραφικό πλάτος 40^ο (Αθήνα).

Η 24ωρη διακύμανση ανά μία ώρα του (SHGF) κάθε προσανατολισμού κατά την 21^η Ιουλίου στην Αθήνα απεικονίζεται στα παρακάτω διαγράμματα(2.8.1)-(2.8.5). Για τις υπόλοιπες χρονικές στιγμές έχει

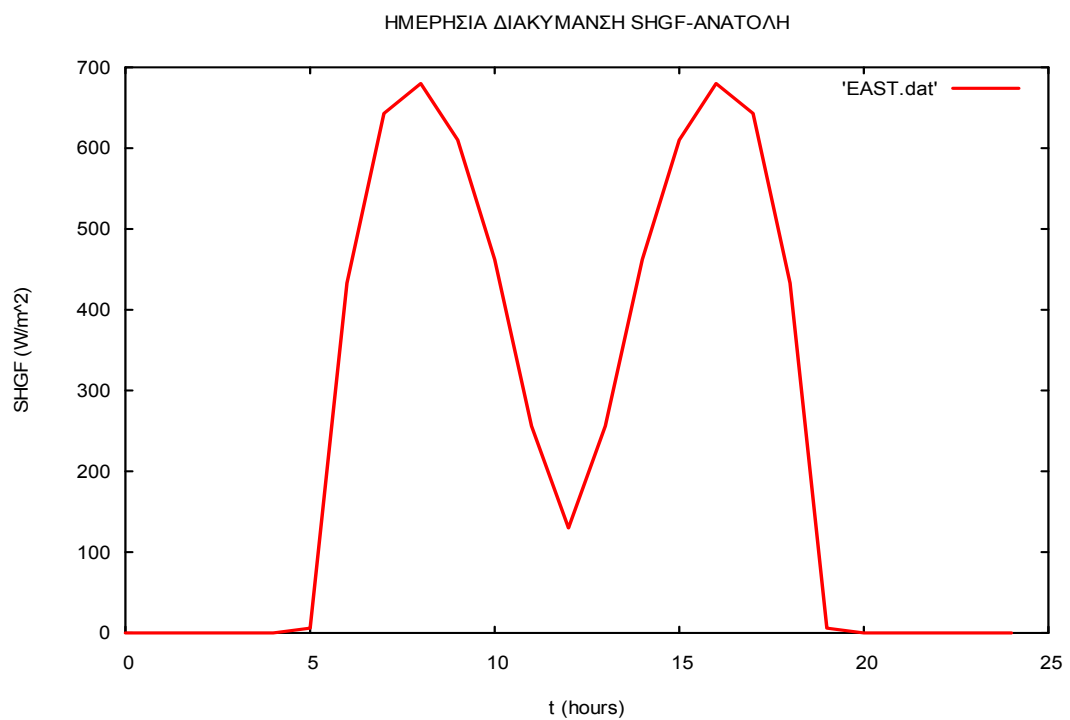
φτιαχτεί κώδικας υπολογισμού των τιμών του (SHGF) με γραμμική παρεμβολή τον οποίο παραθέτουμε στο τέλος της ενότητας.



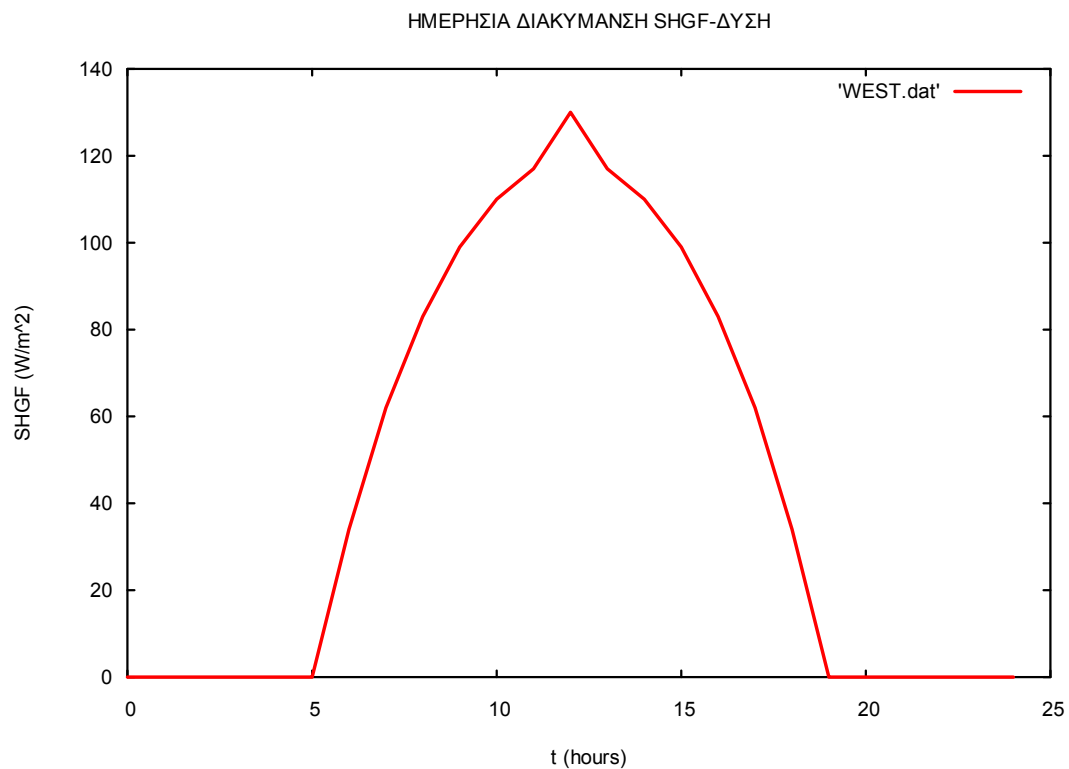
Διάγραμμα (2.8.1)- SHGF για 21^η Ιουλίου



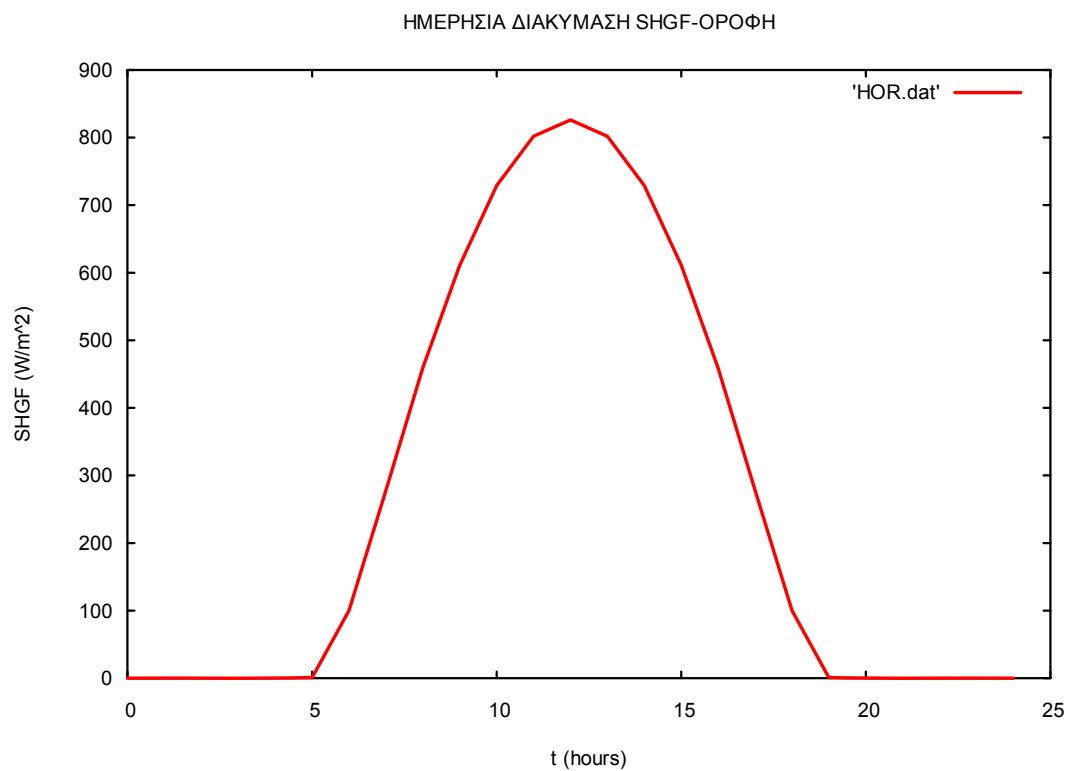
Διάγραμμα (2.8.2)- SHGF για 21^η Ιουλίου



Διάγραμμα (2.8.3)- SHGF για 21^η Ιουλίου

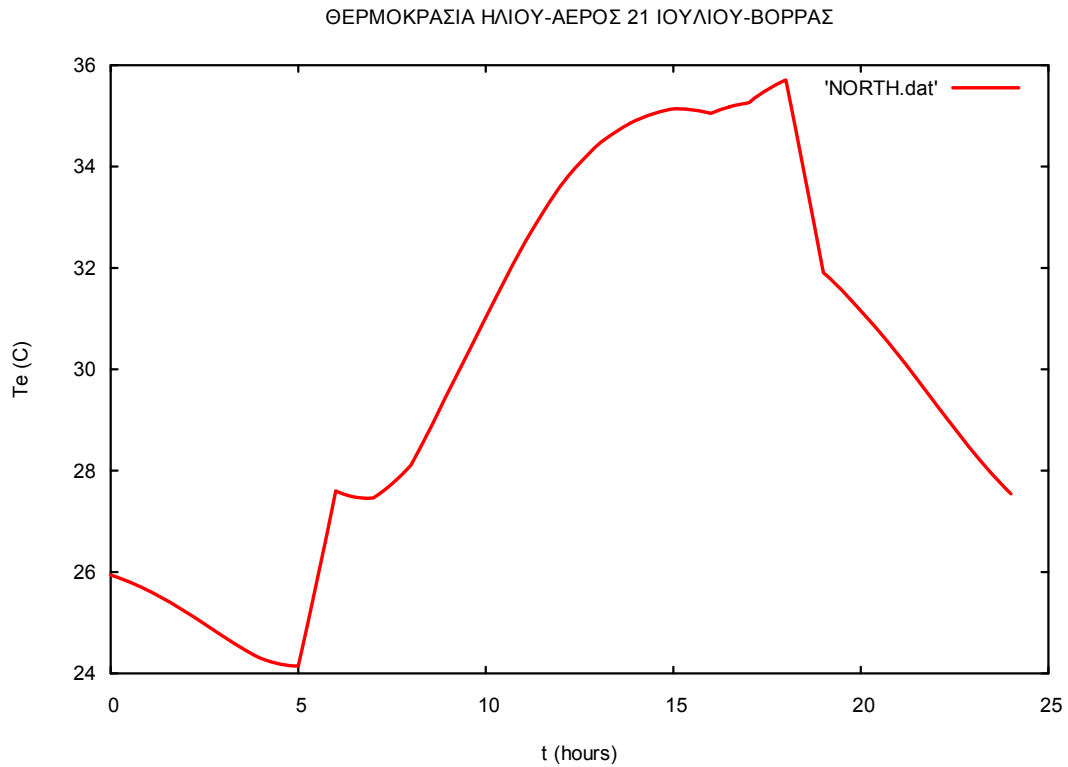


Διάγραμμα (2.8.4)- SHGF για 21^η Ιουλίου

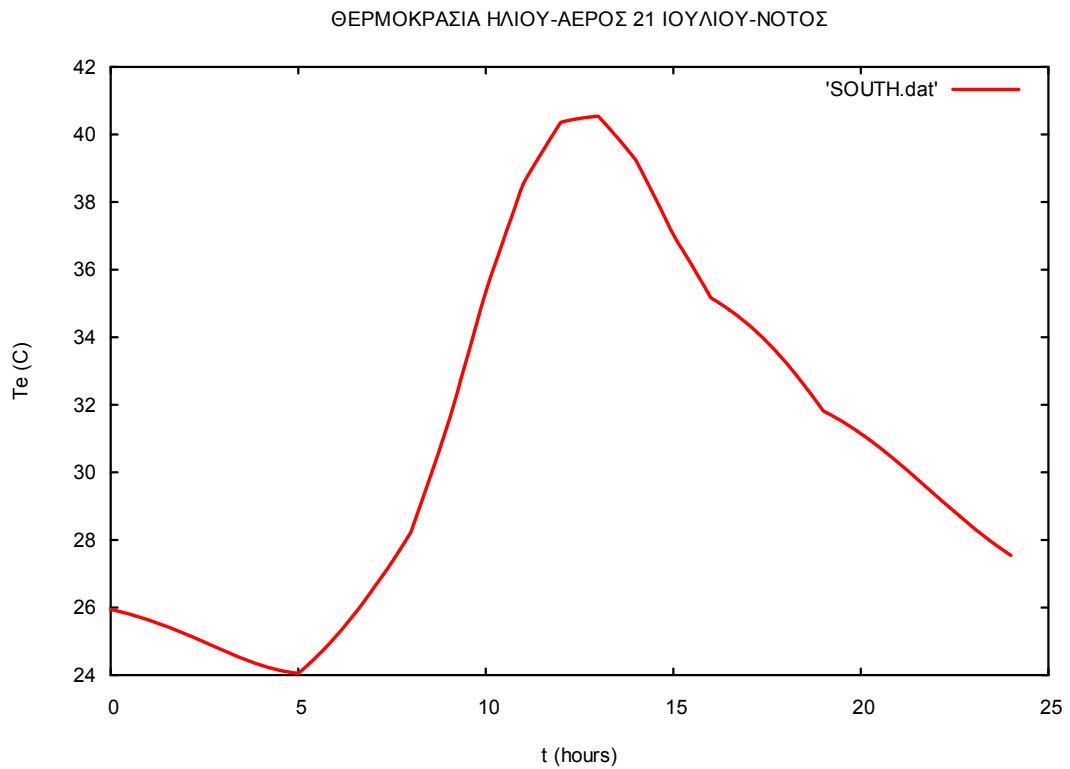


Διάγραμμα (2.8.5)- SHGF για 21^η Ιουλίου

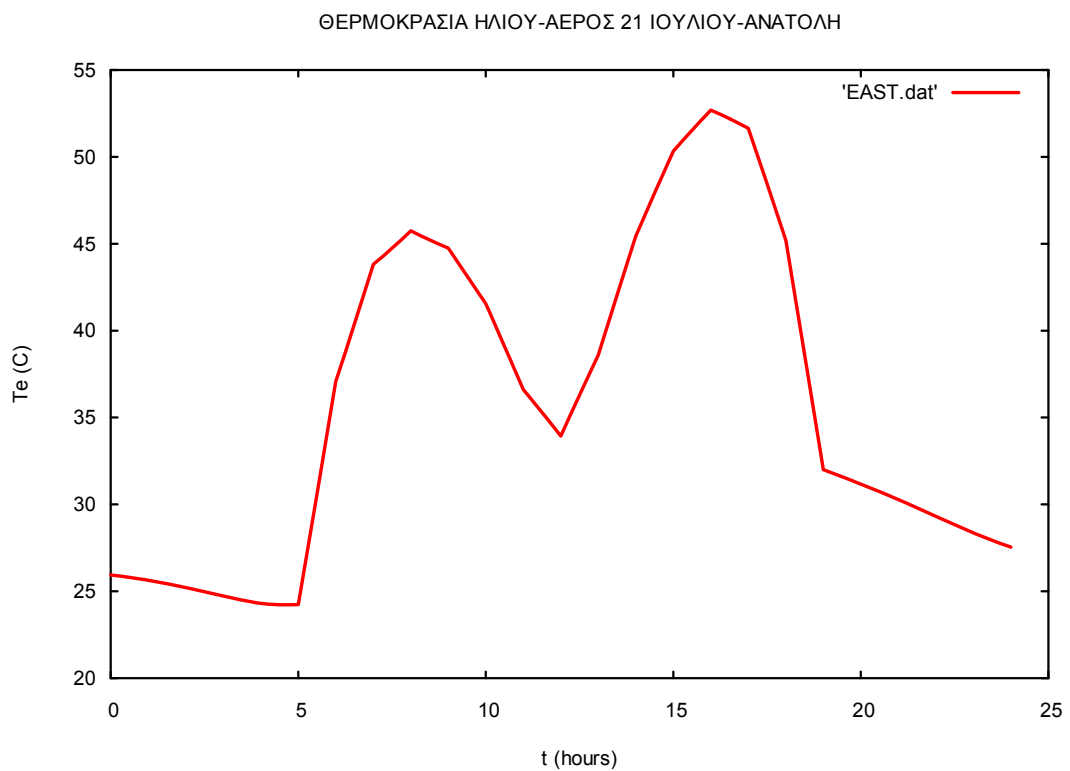
Παρακάτω(2.8.6)-(2.8.10) φαίνεται η 24ωρη διακύμανση της ισοδύναμης θερμοκρασίας ηλίου-αέρος όπως υπολογίστηκε για κάθε προσανατολισμο ενδεικτικά για την 21^η Ιουλίου με $\Delta t=5\text{min}$:



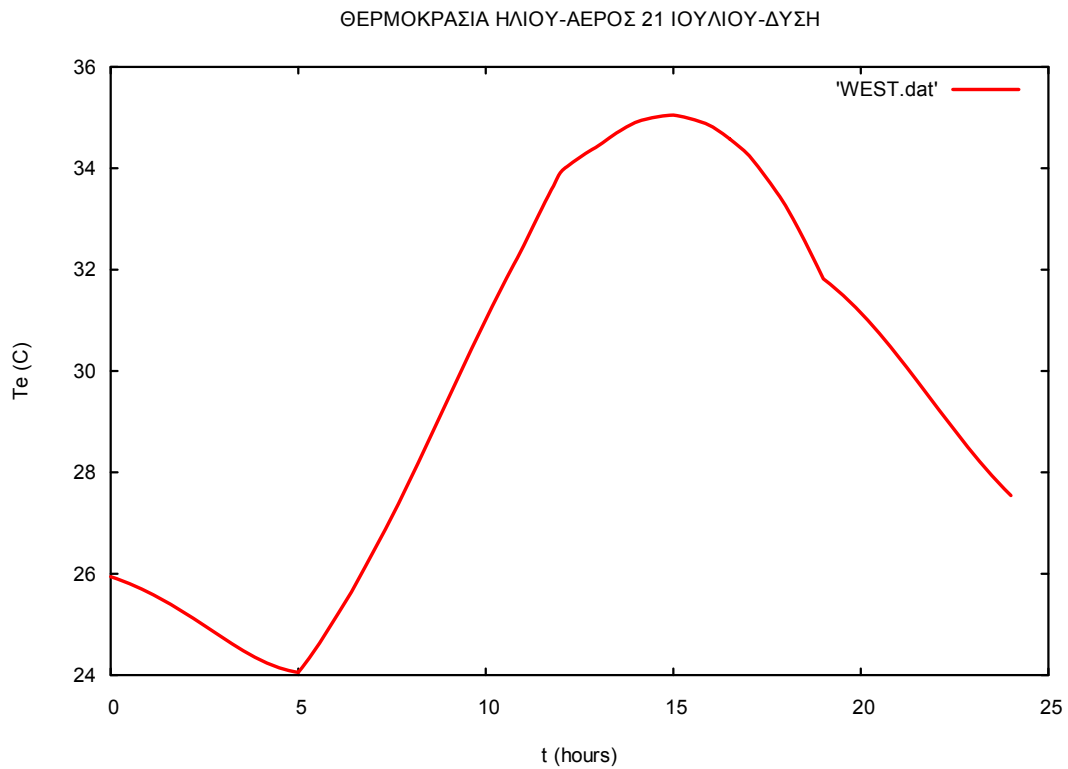
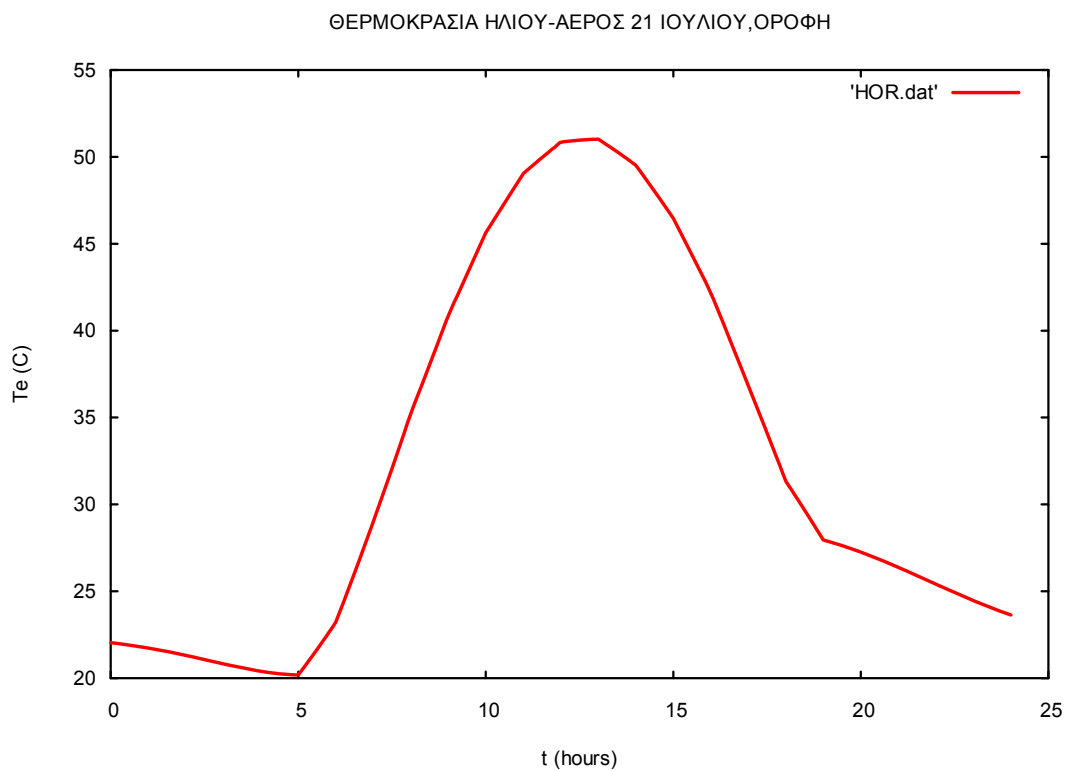
Διάγραμμα (2.8.6)- Θερμοκρασία ηλίου-αέρος για 21^η Ιουλίου



Διάγραμμα (2.8.7)- Θερμοκρασία ηλίου-αέρος για 21^η Ιουλίου



Διάγραμμα (2.8.8)- Θερμοκρασία ηλίου-αέρος για 21^η Ιουλίου

Διάγραμμα (2.8.9)- Θερμοκρασία ηλίου-αέρος για 21^η ΙουλίουΔιάγραμμα (2.8.10)- Θερμοκρασία ηλίου-αέρος για 21^η Ιουλίου

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ-ΔΙΑΚΡΙΤΟΠΟΙΗΣΗ

Αυτό το οποίο **μεταβάλλεται** σε σχέση με τα προηγούμενα είναι η **οριακή συνθήκη συναγωγής με το εξωτερικό περιβάλλον** λόγω της ισοδύναμης θερμοκρασίας ηλίου-αέρος(διαφορετική για κάθε προσανατολισμό) που αντικαθιστά την T_o :

$$i = 1 \rightarrow h_0(T_e^{p'} - T_1) = -k \frac{T_2 - T_1}{\Delta x} \Rightarrow \left(1 + \frac{h_0 \Delta x}{k}\right) T_1 - T_2 = \frac{h_0 T_e^{p'} \Delta x}{k} \quad (2.20)$$

$$A_p = \left(1 + \frac{h_0 \Delta x}{k}\right), A_e = -1, A = \frac{h_0 T_e^{p'} \Delta x}{k}$$

όπου p=north, south, east, west, hor (T η θερμοκρασία του προσανατολισμένου εξωτερικού τοίχου ή της οροφής στον αντίστοιχο κόμβο και T_e η ισοδύναμη θερμοκρασία ηλίου-αερος τη χρονική στιγμή η)

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Η εσωτερική θερμοκρασία του αέρα υπολογίζεται πάλι από τον εσωτερικό ισολογισμό θερμικής ενέργειας. Στην περίπτωση που εξετάζουμε τα φορτία που προέρχονται από τους 4 τοίχους είναι διαφορετικά μεταξύ τους:

$$\rho_a \nu_a c_a \frac{\partial T_i}{\partial t} = (q_n + q_s + q_e + q_w) A_{toix} + q_{hor} A_{hor} \Rightarrow$$

$$\frac{T_i^{n+1} - T_i^n}{\Delta t} = \frac{[(q_n + q_s + q_e + q_w) A_{toix} + q_{hor} A_{hor}]}{\rho_a \nu_a c_a} \Rightarrow$$

$$T_i^{n+1} = \frac{[(q_n + q_s + q_e + q_w) A_{toix} + q_{hor} A_{hor}] \Delta t}{\rho_a \nu_a c_a} + T_i^n, \quad (2.21)$$

$$t = 0 \rightarrow T_i(t) = 20^0 C$$

Η θερμοροή που μπαίνει στο δωμάτιο από τους εξωτερικούς τοίχους-οροφή είναι:

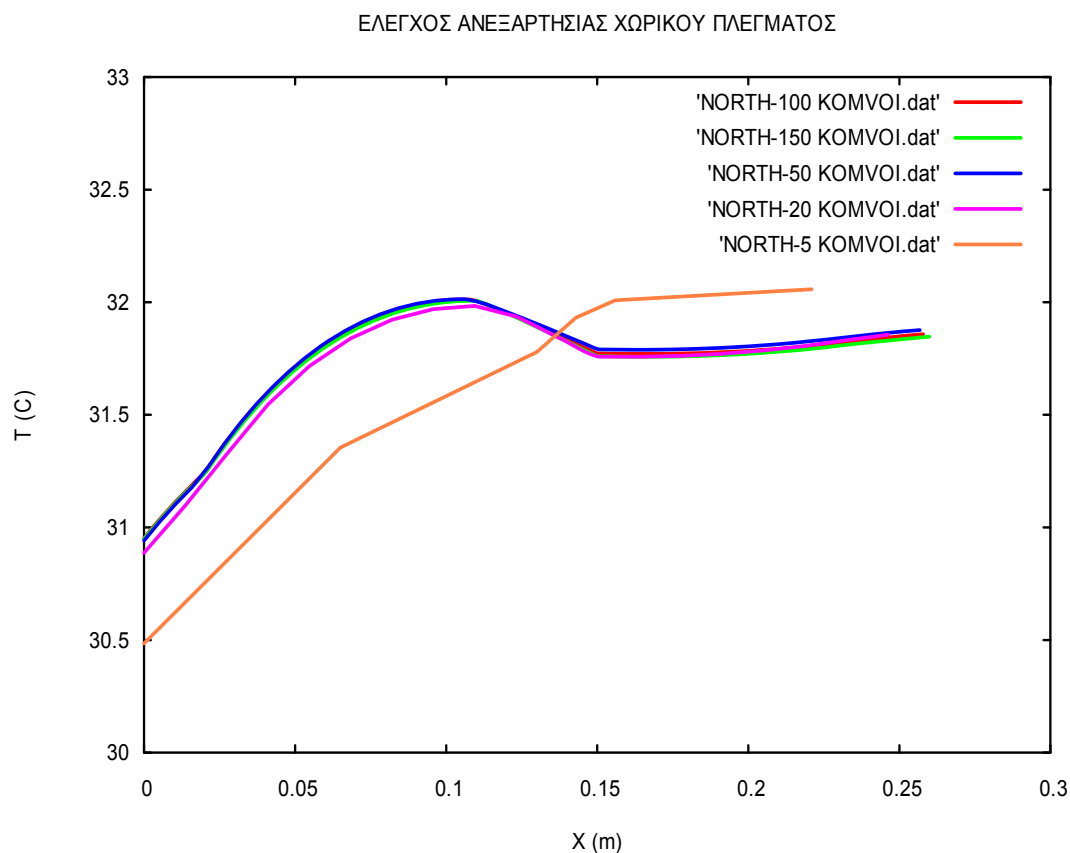
$$q_p = -k_p \frac{T_N^p - T_{N-1}^p}{\Delta x_{N-1}} \quad p=n,s,e,w,hor \quad (2.22)$$

με

$$k_p = \frac{2k_{N-1}^p k_N^p}{k_{N-1}^p + k_N^p} \quad (2.23)$$

ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΝΕΞΑΡΤΗΣΙΑΣ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ

Στην περίπτωση που ακολουθεί εξετάζουμε την ανεξαρτησία του χωρικού πλέγματος. Τρέχουμε τον κώδικα για διαφορετικό αριθμό κόμβων κάθε φορά και βλέπουμε από ποιον αριθμό κόμβων και έπειτα έχουμε ίδια κατανομή θερμοκρασιών και κατά συνέπεια και θερμοροών. Επιλέγουμε έναν προσανατολισμό πχ βορρά για τις 24:00 κι έχουμε:

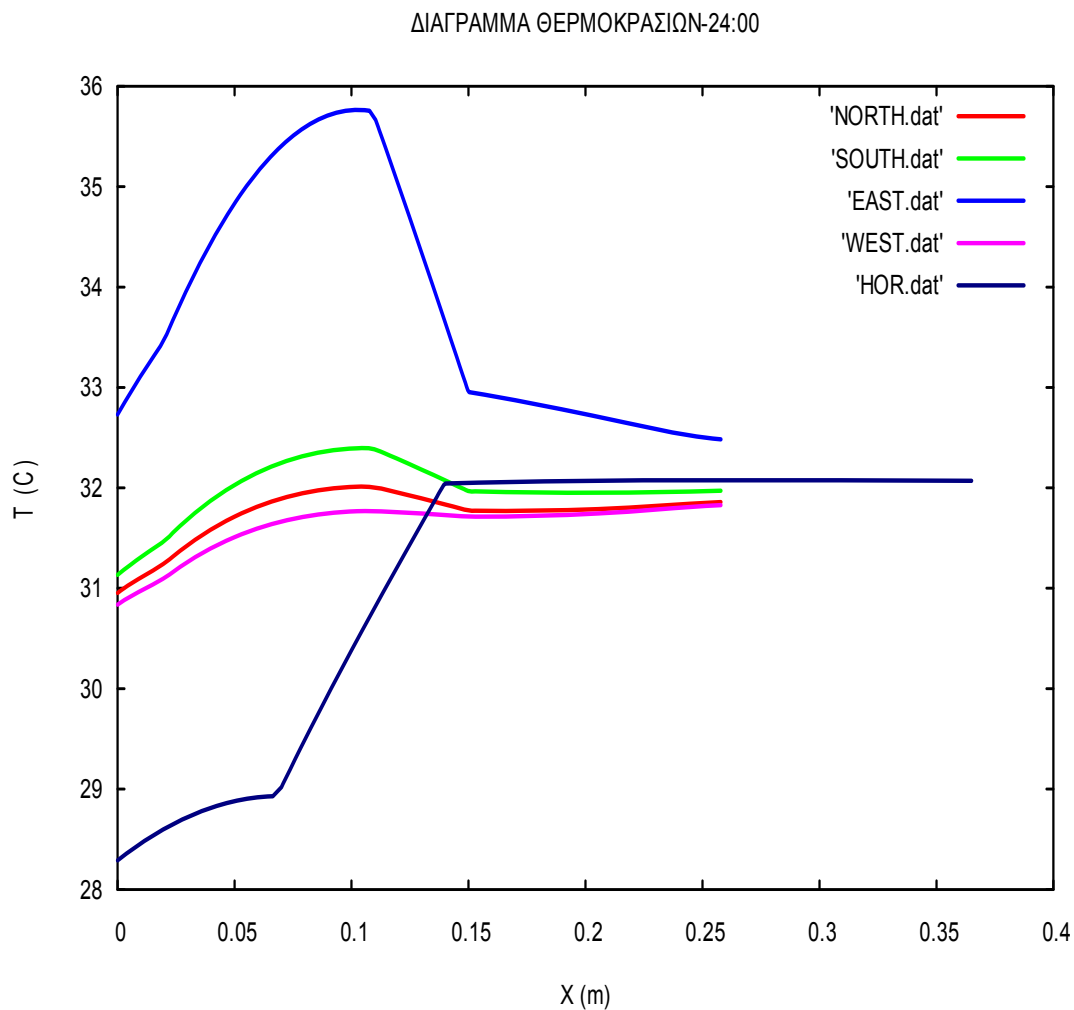


Διάγραμμα (2.8.11)-Κατανομή θερμοκρασιών τοίχου

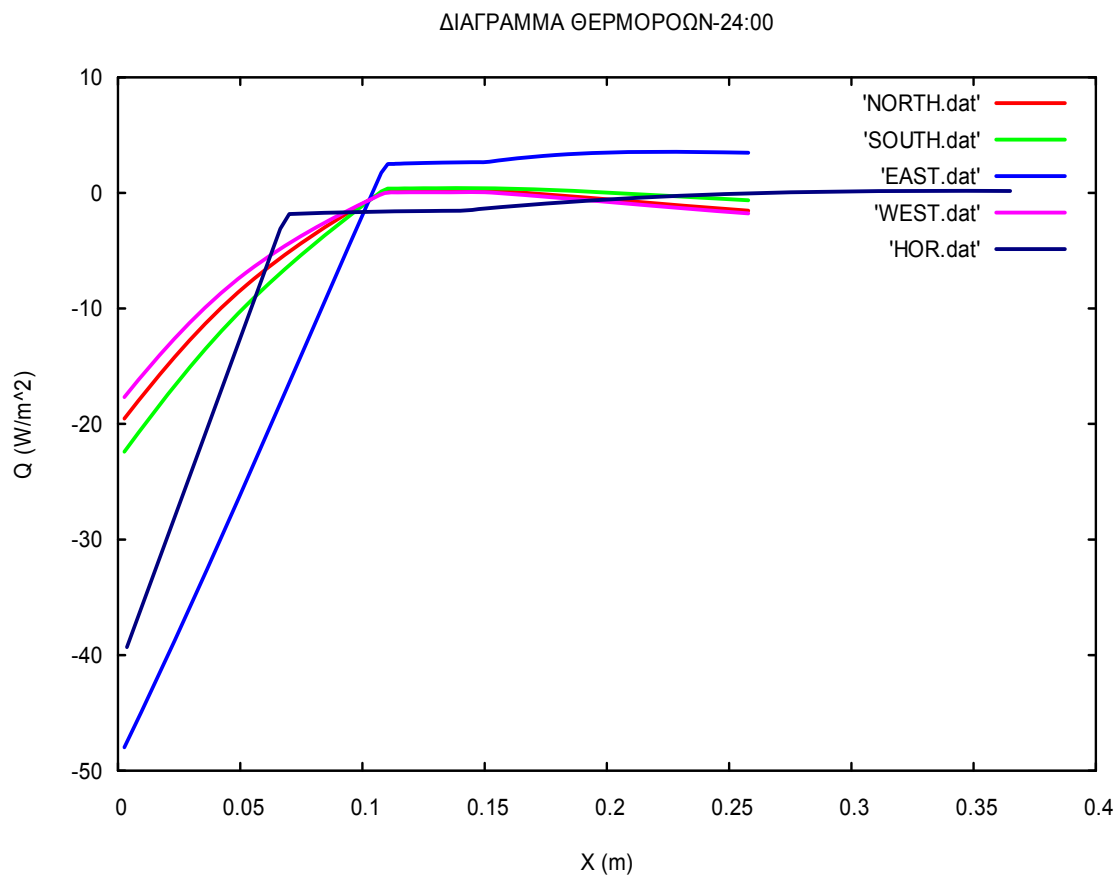
Από το παραπάνω διάγραμμα(2.8.11) βλέπουμε πως από 100 κόμβους και πάνω οι διαφορές στην κατανομή θερμοκρασιών είναι αμελητέες. “Τρέχουμε” το κώδικα στη μεταβατικά μόνιμη κατάσταση υπολογίζοντας τις κατανομές θερμοκρασιών και θερμορμών στον εξωτερικό τοίχο κάθε προσανατολισμού και στην οροφή παρουσία ηλιακής ακτινοβολίας. Εξετάζουμε τις περιπτώσεις για 12 το βράδυ και 3 το μεσημέρι.

Δx τοίχου(m) (ομοιόμορφου πλέγματος)	2.626×10^{-3}
Δx οροφής(m) (ομοιόμορφου πλέγματος)	3.686×10^{-3}
Δt(min)	5
tφαινομένου(days)	40
N(πλήθος κόμβων ομοιόμορφου πλέγματος)	100
ώρα	24:00 και 15:00
Συντελεστής πύκνωσης(μόνωση)	0.2

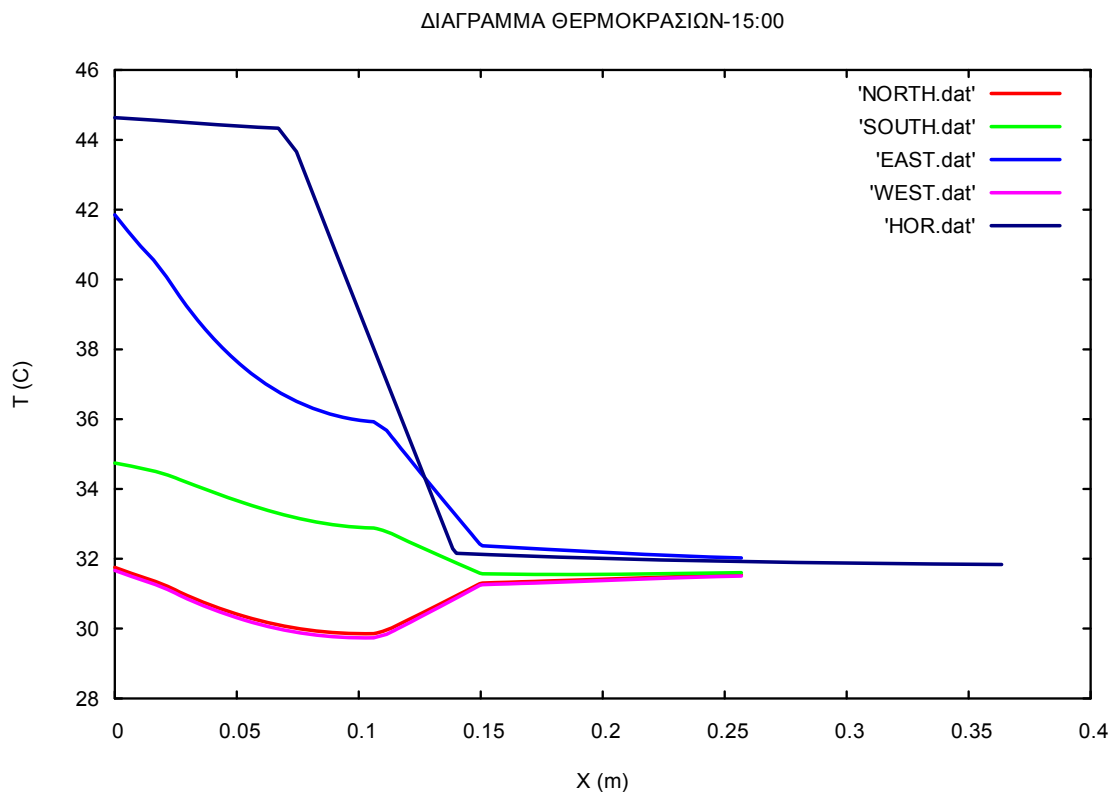
Πίνακας.(2.8)- Χαρακτηριστικά κώδικα



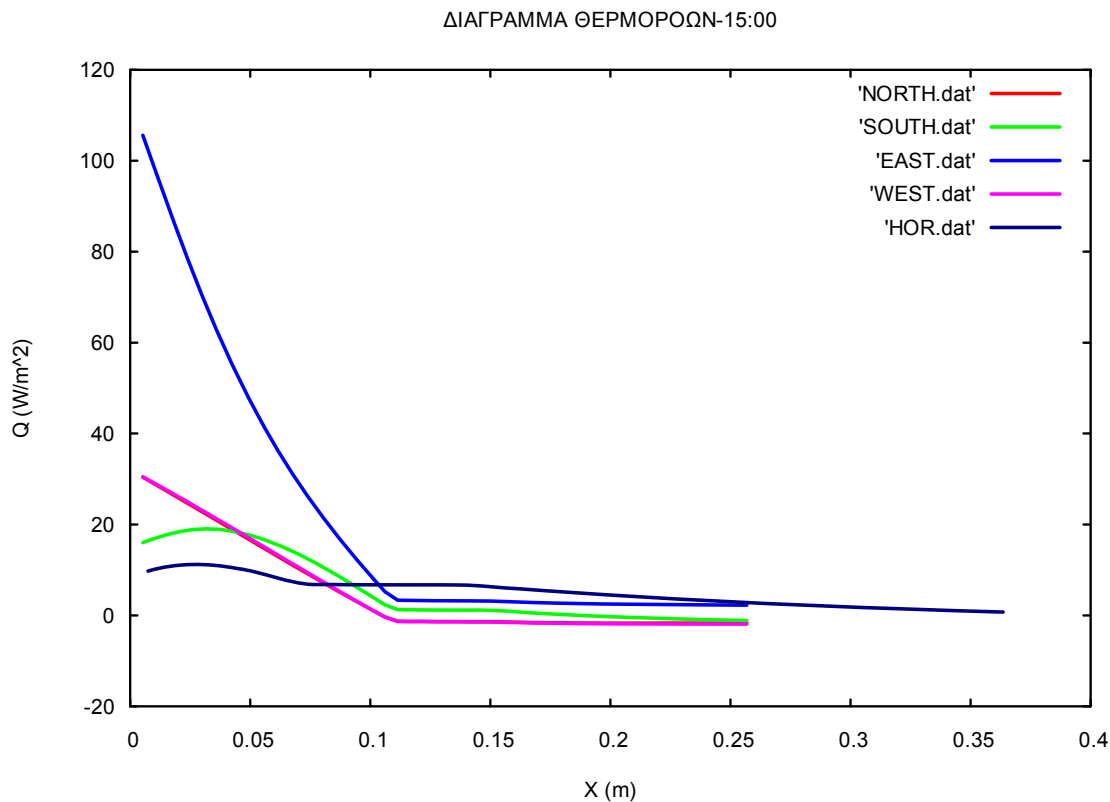
Διάγραμμα (2.8.12)-Κατανομή θερμοκρασιών



Διάγραμμα (2.8.13)-Κατανομή θερμορoών



Διάγραμμα (2.8.14)-Κατανομή θερμοκρασιών

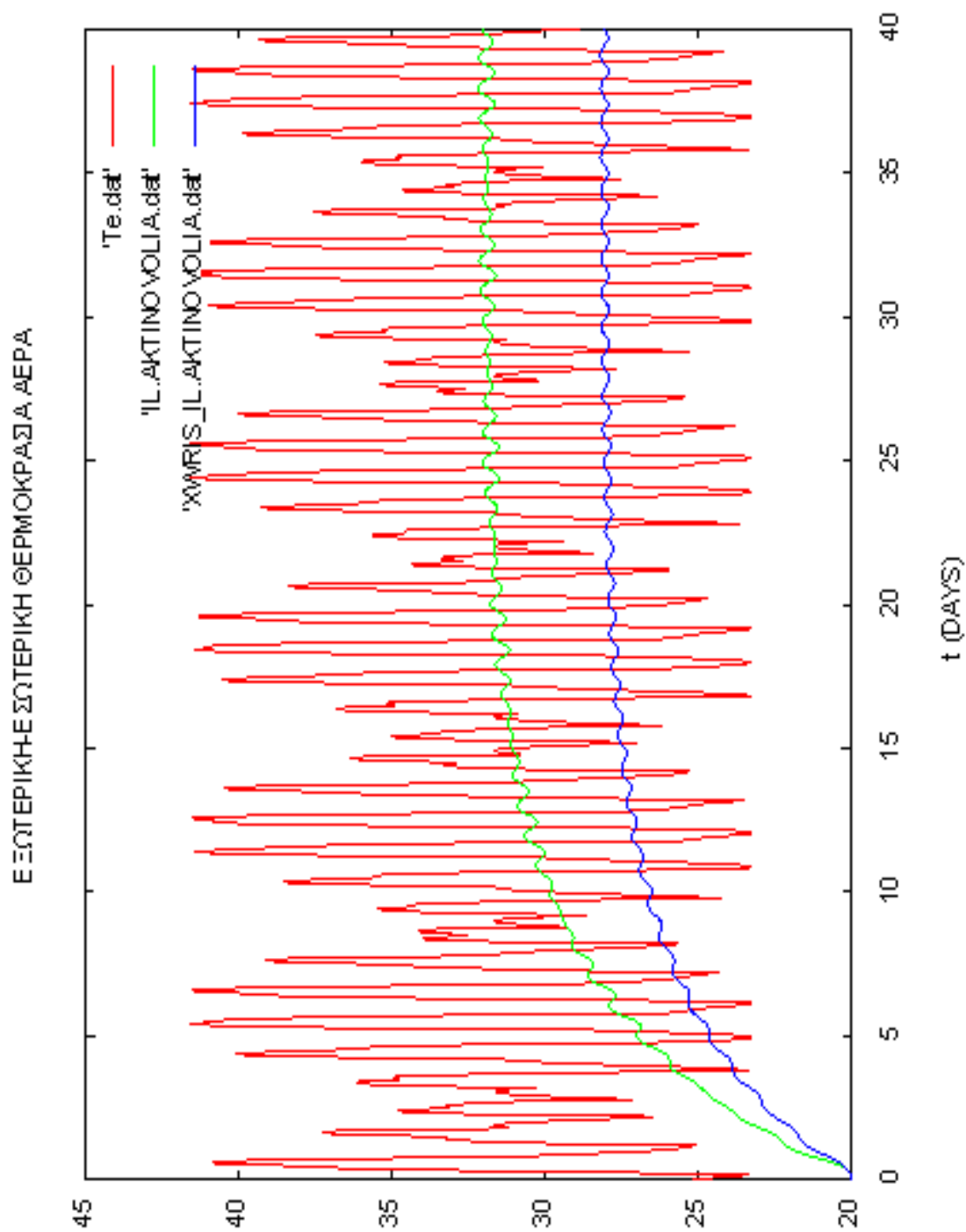


Διάγραμμα (2.8.15)-Κατανομή θερμορροών

Στα διαγράμματα των 24:00 (2.8.12),(2.8.13) παρατηρούμε αρνητικές θερμοροές σε όλο το πάχος του τοίχου για βόρειο, νότιο, δυτικό και οριζόντιο προσανατολισμό(θερμικές απώλειες)πράγμα που υποδεικνύει πως ο τοίχος και η οροφή αποδίδουν θερμότητα προς το εξωτερικό περιβάλλον. Η θερμότητα αυτή έχει αποθηκευτεί κατά τη διάρκεια της μέρας(πιο υψηλές εξωτερικές θερμοκρασίες λόγω ήλιου) και αποδίδεται προς το περιβάλλον με καθυστέρηση τη νύχτα χάρις στην θερμοχωρητικότητα του κάθε τοίχου και της οροφής. Γι αυτό και οι θερμοκρασίες τοίχου είναι υψηλότερες όσο κινούμαστε προς τα δεξιά μέχρι την αρχή της μόνωσης που έχουμε μηδενισμό των θερμοροών και πτώση θερμοκρασιών. Στην οροφή εξαιτίας του $(\epsilon\Delta R)/h_o = -3.9 \text{ C}$ που αφαιρείται από την T_e οι θερμοροές παραμένουν αρνητικές. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες παρατηρούνται στον ανατολικό τοίχο(δέχεται περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία) όπως επίσης και θετικές θερμοροές από τη μόνωση ως το τέλος του τοίχου.

Αντιθέτως στις 15:00 (2.8.14),(2.8.15) έχουμε υψηλότερες θερμοκρασίες στο εξωτερικό περιβάλλον και άρα εισερχόμενη θερμοροή από το περιβάλλον προς τα στρώματα των τοίχων-οροφής όσο κινούμαστε από τα αριστερά προς τα δεξιά. Δηλαδή προς τα εσωτερικά στρώματα τοίχου έχουμε πτώση θερμοκρασιών και θερμοροών που είναι πιο απότομη στη μόνωση για τους τοίχους. Η οροφή και ο ανατολικός τοίχος παρουσιάζουν υψηλότερες θερμοκρασίες ενώ ο ανατολικός και υψηλές θερμοροές.

Στο παρακάτω διάγραμμα(2.8.16) συγκρίνεται η εσωτερική θερμοκρασία αέρα του πλήρως μονωμένου κτιρίου με και χωρίς την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας. Ακόμα φαίνεται η εξωτερική ισοδύναμη θερμοκρασία ηλίου-αέρος με την διακύμανση της:



(C)1

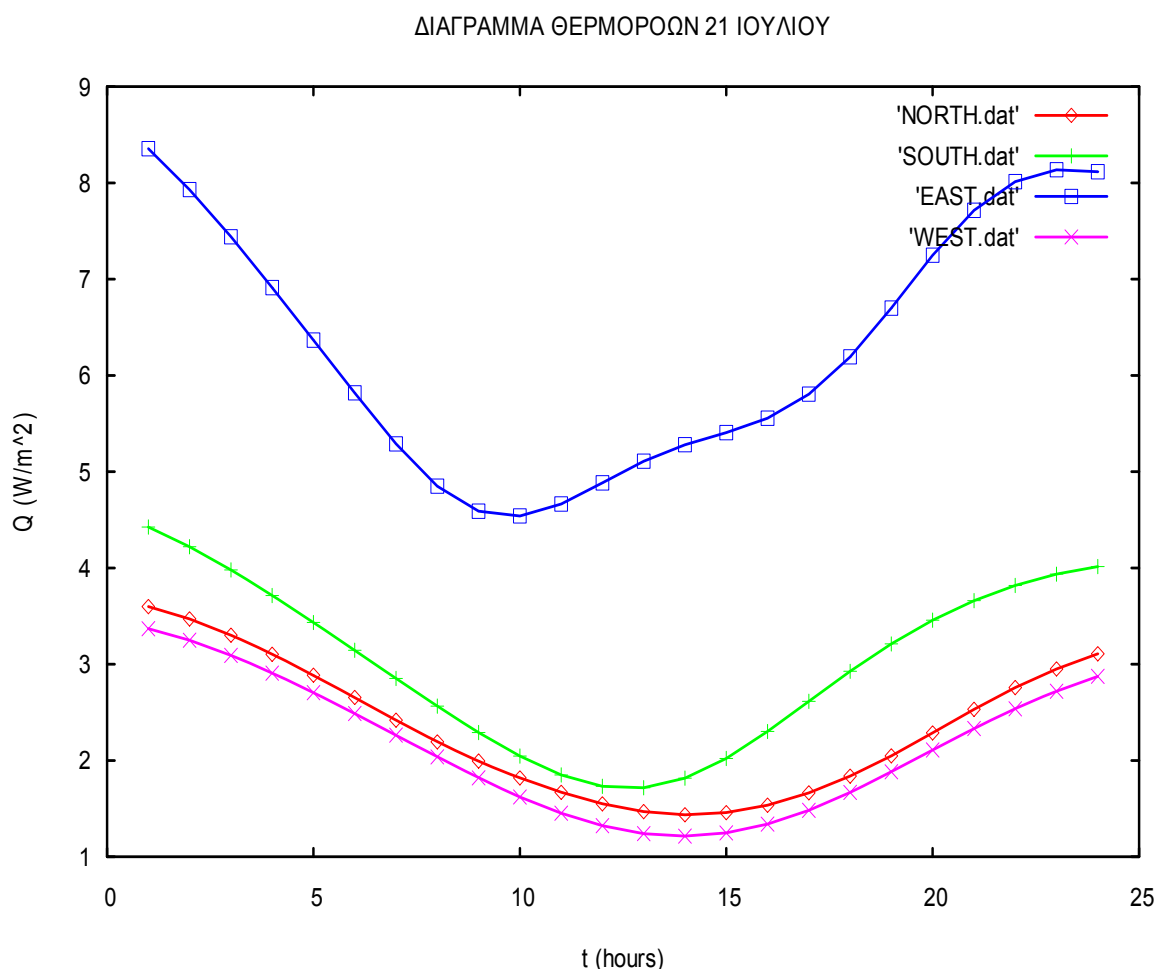
Διάγραμμα (2.8.16)-Μεταβολή εσωτερικής θερμοκρασίας

Παρατηρούμε πως στην περίπτωση που συμπεριλάβαμε την ηλιακή ακτινοβολία (πράσινη καμπύλη) έχουμε λίγο μεγαλύτερη διακύμανση και

κάποιες ανομοιομορφίες ως προς αυτήν. Έπιπλέον η εσωτερική θερμοκρασία του αέρα συγκλίνει στην μέση ισοδύναμη θερμοκρασία ηλίου-αέρος, ενώ η εσωτερική θερμοκρασία του αέρα με ηλιακή ακτινοβολία είναι της τάξεως των $4^{\circ}C$ παραπάνω από την αντίστοιχη χωρίς ηλιακή ακτινοβολία.

Τέλος η T_e παρουσιάζει περιοδικά κάποιες μεταβολές του πλάτους ταλάντωσης της γύρω από την μέση εξωτερική θερμοκρασία ηλίου-αέρος οι οποίες όπως φαίνεται και στο διάγραμμα επιδρούν στη διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας όταν συμπεριλαμβάνουμε την ηλιακή ακτινοβολία).

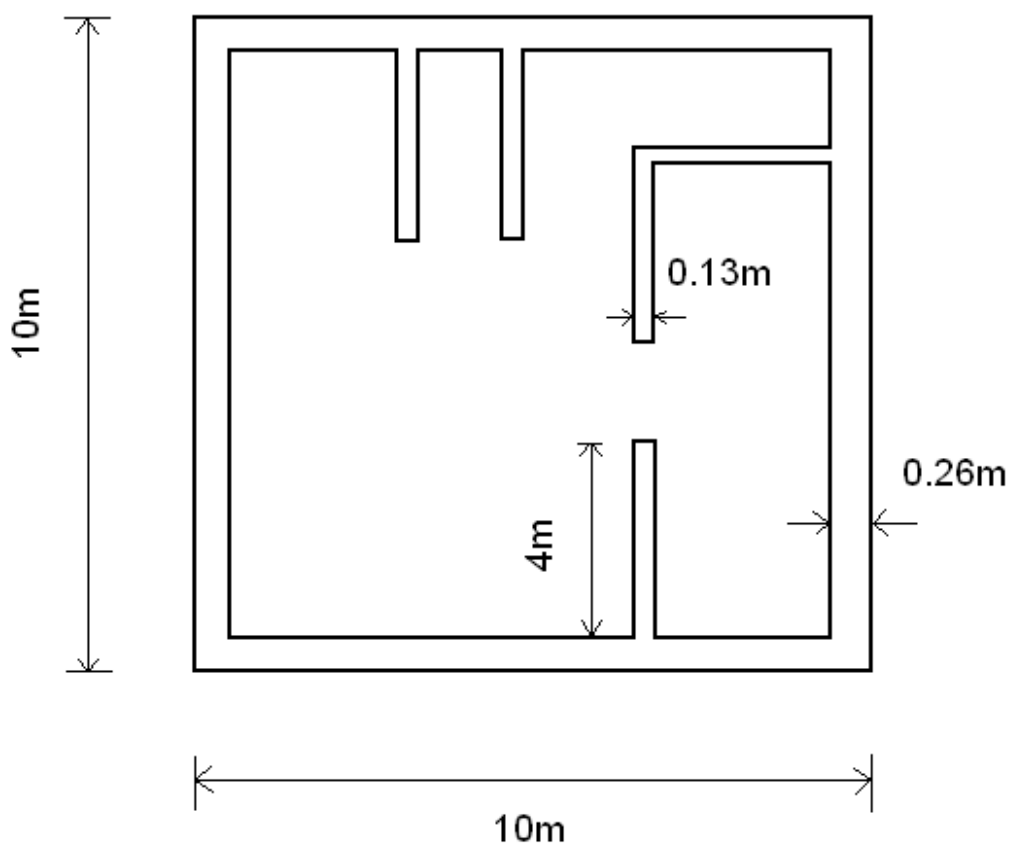
Στη συνέχεια (2.8.17) διατηρώντας σταθερή την εσωτερική θερμοκρασία $T_i = T_i(t) = 26^{\circ}C$ παρουσιάζουμε την θερμική ροή τοίχου G1 σ ένα 24ωρο ανά μία ώρα στη μεταβατικά μόνιμη κατάσταση ($t_{\text{φαιν}}=40$ days) για βόρειο, νότιο, ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό:



Διάγραμμα (2.8.17)-Μεταβολή εσωτερικής θερμοκρασίας

2.9 ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ

Εξετάζοντας την περίπτωση κτιρίου με εσωτερική τοιχοποιία θεωρούμε συνολική επιφάνεια εσωτερικών τοίχων εμβαδού $A_p = 60 \text{ m}^2$, δηλαδή 5 εσωτερικούς τοίχους μήκους 4m και ύψους 3m (όσο το ύψος του κτιρίου) ο καθένας από αυτούς. Στο παρακάτω σκίτσο (2.4) φαίνεται η κάτοψη του κτιρίου με τους εσωτερικούς τοίχους:



Σχήμα(2.4)-Κάτοψη κτιρίου

Η κατασκευή των εσωτερικών τοίχων αποτελείται από 3 στρώματα με χαρακτηριστικά:

ΥΛΙΚΟ	$l(m)$	$d(kg/m^3)$	$cp(J/kgK)$	$k(W/mK)$
Finishing layer	0.020	1860	835	1.200

(σοβάς)				
Brick(τούβλο)	0.090	1920	840	0.720
Finishing layer(σοβάς)	0.020	1860	835	1.200

Πίνακας.(2.9.1)- Χαρακτηριστικά υλικών εσωτερικών τοίχων

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ-ΔΙΑΚΡΙΤΟΠΟΙΗΣΗ

Η μεταβατική μονοδιάστατη αγωγή θερμότητας και οι αντίστοιχες οριακές και αρχικές συνθήκες στους εσωτερικούς τοίχους εκφράζονται από παρόμοιες εξισώσεις δηλαδή:

Το πάχος κάθε εσωτερικού τοίχου είναι $l_p = 0.13m$

Η δ.ε του προβλήματος των εσωτερικών τοίχων είναι:

$$\rho_{pj} c_{pj} \frac{\partial T_{pj}}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k_{pj} \frac{\partial T_{pj}}{\partial x} \right) \quad (2.24)$$

όπου j το στρώμα του εσωτερικού τοίχου με $j=1,2,3$

Για τις οριακές συνθήκες έχουμε:

$$i=1 \rightarrow h_p(T_i^n - T_1) = -k_p \frac{T_2 - T_1}{\Delta x_p} \Rightarrow \left(1 + \frac{h_p \Delta x_p}{k_p} \right) T_1 - T_2 = \frac{h_p T_i^n \Delta x_p}{k_p} \quad (2.25)$$

$$A_p = \left(1 + \frac{h_p \Delta x_p}{k_p} \right), A_E = -1, A = \frac{h_p T_i^n \Delta x_p}{k_p}$$

$$\text{με } k_p = \frac{2k_1 k_2}{k_1 + k_2}$$

(2.26)

$$i = N \rightarrow h_p(T_N - T_i^n) = -k_p \frac{T_N - T_{N-1}}{\Delta x_p} \Rightarrow \left(1 + \frac{h_p \Delta x_p}{k_p}\right) T_N - T_{N-1} = \frac{h_p T_i^n \Delta x_p}{k_p}$$

$$A_p = \left(1 + \frac{h_p \Delta x_p}{k_p}\right), A_w = -1, A = \frac{h_p T_i^n \Delta x_p}{k_p}$$

(2.27)

$$\mu \varepsilon \quad k_p = \frac{2k_{N-1}k_N}{k_{N-1} + k_N} \quad (2.28)$$

(όπου T η θερμοκρασία του εσωτερικού τοίχου στον αντίστοιχο κόμβο.

$$h_p = h_i = 8W/m^2K$$

Για τους εσωτερικούς κόμβους εφαρμόζεται η έμμεση διατύπωση της εξίσωσης πεπερασμένων διαφορών κατά τα γνωστά:

Η εξίσωση πεπερασμένων διαφορών (έμμεση διατύπωση) μπορεί να γραφεί:

$$A_w T_w + A_p T_p^{n+1} + A_e T_e = A \quad \text{για } i=2,3,\dots,N-1$$

$$\mu \varepsilon \quad A_e = -\frac{k_{pe}}{\Delta x_p}, \quad A_w = -\frac{k_{pw}}{\Delta x_p}, \quad A = \frac{\rho c \Delta x_p T_p^n}{\Delta t},$$

$$A_p = A_e + A_w + \frac{\rho c \Delta x_p}{\Delta t} \quad (2.29)$$

$$k_{pe} = \frac{2k_i k_{i+1}}{k_i + k_{i+1}}$$

$$k_{pw} = \frac{2k_{i-1} k_i}{k_{i-1} + k_i} \quad (2.30)$$

Αρχική συνθήκη: $t = 0 \rightarrow T(x) = 20^\circ C$

ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Η εξωτερική θερμοκρασία είναι μεταβαλλόμενη σύμφωνα με την 21^η Ιουλίου και είναι η ισοδύναμη θερμοκρασία ηλίου-αέρος κατά ASHRAE για κάθε προσανατολισμό.

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Η εσωτερική θερμοκρασία του αέρα υπολογίζεται από τον εσωτερικό ισολογισμό θερμικής ενέργειας. Στην περίπτωση που εξετάζουμε τα φορτία προέρχονται από 4 εξωτερικούς τοίχους, οροφή, εσωτερικούς τοίχους:

$$\rho_a \nu_a c_a \frac{\partial T_i}{\partial t} = (q_n + q_s + q_e + q_w) A_{\text{toix}} + q_{\text{hor}} A_{\text{hor}} + (q_{p1} + q_{p3}) A_p \Rightarrow$$

$$\frac{T_i^{n+1} - T_i^n}{\Delta t} = \frac{[(q_n + q_s + q_e + q_w) A_{\text{toix}} + q_{\text{hor}} A_{\text{hor}} + (q_{p1} + q_{p3}) A_p]}{\rho_a \nu_a c_a} \Rightarrow$$

$$T_i^{n+1} = \frac{[(q_n + q_s + q_e + q_w) A_{\text{toix}} + q_{\text{hor}} A_{\text{hor}} + (q_{p1} + q_{p3}) A_p] \Delta t}{\rho_a \nu_a c_a} + T_i^n, \quad (2.31)$$

$$t = 0 \rightarrow T_i(t) = 20^0 C$$

Η θερμοροή στην αριστερή πλευρά (j=1) του εσωτερικού τοίχου είναι:

$$q_{p1} = -k_p \frac{T_2^p - T_1^p}{\Delta x_p} \quad (2.32)$$

με

$$k_p = \frac{2k_1^p k_2^p}{k_1^p + k_2^p} \quad (2.33)$$

ρ:εσωτερικοί τοίχοι

Η θερμοροή στην δεξιά πλευρά(j=3) του εσωτερικού τοίχου είναι:

$$q_{p3} = -k_p \frac{T_N^p - T_{N-1}^p}{\Delta x_p} \quad (2.34)$$

με

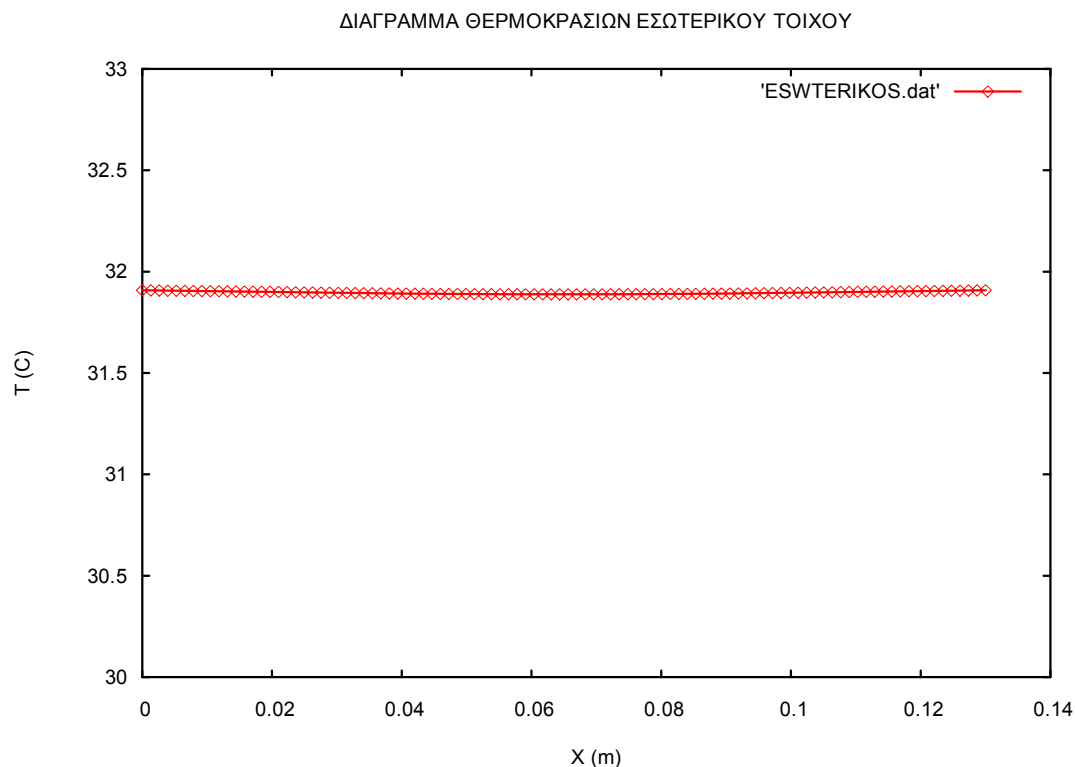
$$k_p = \frac{2k_{N-1}^p k_N^p}{k_{N-1}^p + k_N^p} \quad (2.35)$$

“Τρέχουμε” το κώδικα με:

Δx τοίχου(m) (ομοιόμορφου πλέγματος)	2.626×10^{-3}
Δx οροφής(m) (ομοιόμορφου πλέγματος)	3.686×10^{-3}
Δx εσωτερικού τοίχου(m)	1.313×10^{-3}
Δt(min)	5
τφαινομένου(days)	40
N(πλήθος κόμβων ομοιόμορφου πλέγματος)	100
Συντελεστής πύκνωσης(μόνωση)	0.2

Πίνακας.(2.9.2)- Χαρακτηριστικά κώδικα

Στη μόνιμη κατάσταση(2.9) για τον εσωτερικό τοίχο η θερμοκρασία του είναι παντου σχεδόν σταθερή με πολύ μικρές διακυμάνσεις και ίση με την μέση εσωτερική θερμοκρασία αέρα του κτιρίου που αποκαθίσταται στη μέση τιμή της ισοδύναμης ηλίου-αέρος.



Διάγραμμα (2.9)-Κατανομή θερμοκρασιών εσωτερικού τοίχου

2.10 ΕΠΙΠΛΩΣΗ

Σ αυτήν την ενότητα θα εξετάσουμε την προσθήκη επίπλωσης στο κτίριο που μελετάμε. Η επίδραση της θερμικής μάζας επίπλωσης μπορεί να προσομοιωθεί με μία **ισοδύναμη ξύλινη πλάκα** (ομογενές υλικό) πάχους L_f και επιφάνειας A_f με ιδιότητες ρ_f, c_f, k_f . Τα χαρακτηριστικά της είναι:

ΥΛΙΚΟ	$l(m)$	$d(kg/m^3)$	$cp(J/kgK)$	$k(W/mK)$
Wood(ξύλο)	0.05	592	699	0.166

Πίνακας.(2.10.1)- Χαρακτηριστικά υλικού πλάκας επίπλωσης

$$A_f = A_p = 60m^2$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ-ΔΙΑΚΡΙΤΟΠΟΙΗΣΗ

Η μεταβατική μονοδιάστατη αγωγή θερμότητας και οι αντίστοιχες οριακές και αρχικές συνθήκες στην **ισοδύναμη ξύλινη πλάκα** εκφράζονται από παρόμοιες με τα προηγούμενα εξισώσεις δηλαδή:

Η δ.ε του προβλήματος της ισοδύναμης ξύλινη πλάκας είναι:

$$\rho_f c_f \frac{\partial T_f}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k_f \frac{\partial T_f}{\partial x} \right) \quad (2.36)$$

Για τις οριακές συνθήκες έχουμε:

$$i=1 \rightarrow h_p(T_i^n - T_1) = -k_f \frac{T_2 - T_1}{\Delta x_f} \Rightarrow \left(1 + \frac{h_p \Delta x_f}{k_f} \right) T_1 - T_2 = \frac{h_p T_i^n \Delta x_f}{k_f}$$

$$A_p = \left(1 + \frac{h_p \Delta x_f}{k_f} \right), A_E = -1, A = \frac{h_p T_i^n \Delta x_f}{k_f} \quad (2.37)$$

$$\mu\epsilon \quad k_f = 0.166 \frac{W}{m^2 K}$$

$$i=N \rightarrow h_p(T_N - T_i^n) = -k_f \frac{T_N - T_{N-1}}{\Delta x_f} \Rightarrow \left(1 + \frac{h_p \Delta x_f}{k_f} \right) T_N - T_{N-1} = \frac{h_p T_i^n \Delta x_f}{k_f}$$

$$A_p = \left(1 + \frac{h_p \Delta x_f}{k_f} \right), A_W = -1, A = \frac{h_p T_i^n \Delta x_f}{k_f}$$

(2.38)

(όπου T η θερμοκρασία της ισοδύναμης πλάκας επίπλωσης στον αντίστοιχο κόμβο).

Για την ισοδύναμη πλάκα επίπλωσης εφαρμόζεται η έμμεση διατύπωση της εξίσωσης πεπερασμένων διαφορών κατά τα γνωστά:

$$A_W T_W + A_P T_P^{n+1} + A_E T_E = A \quad \text{για } i=2,3,\dots,N-1 \quad (\text{σχ.1.2})$$

$$\text{με } A_E = -\frac{k_f}{\Delta x_f}, \quad A_W = -\frac{k_f}{\Delta x_f}, \quad A = \frac{\rho c \Delta x_f T_P^n}{\Delta t},$$

$$A_P = A_E + A_W + \frac{\rho c \Delta x_f}{\Delta t} \quad (2.39)$$

Αρχική συνθήκη: $t = 0 \rightarrow T(x) = 20^{\circ}C$

ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Η εξωτερική θερμοκρασία είναι μεταβαλλόμενη σύμφωνα με την 21^η Ιουλίου και είναι η ισοδύναμη θερμοκρασία ηλίου-αέρος κατά ASHRAE για κάθε προσανατολισμό

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Στην περίπτωση που εξετάζουμε τα φορτία προέρχονται από 4 εξωτερικούς τοίχους, οροφή, εσωτερικούς τοίχους και ισοδύναμη πλάκα επίπλωσης:

$$\rho_a \nu_a c_a \frac{\partial T_i}{\partial t} = (q_n + q_s + q_e + q_w) A_{toix} + q_{hor} A_{hor} + (q_{p1} + q_{p3}) A_p + (q_{f1} + q_{f2}) A_f \Rightarrow$$

$$\frac{T_i^{n+1} - T_i^n}{\Delta t} = \frac{[(q_n + q_s + q_e + q_w) A_{toix} + q_{hor} A_{hor} + (q_{p1} + q_{p3}) A_p + (q_{f1} + q_{f2}) A_f]}{\rho_a \nu_a c_a} \Rightarrow$$

$$T_i^{n+1} = \frac{[(q_n + q_s + q_e + q_w) A_{toix} + q_{hor} A_{hor} + (q_{p1} + q_{p3}) A_p + (q_{f1} + q_{f2}) A_f] \Delta t}{\rho_a \nu_a c_a} + T_i^n,$$

$$t = 0 \rightarrow T_i(t) = 20^{\circ}C$$

(2..40)

Η θερμοροή στην αριστερή πλευρά της πλάκας είναι:

$$q_{f1} = -k_f \frac{T_2 - T_1}{\Delta x_f} \quad (2.41)$$

Η θερμοροή στη δεξιά πλευρά της πλάκας είναι

$$q_{f2} = -k_f \frac{T_N - T_{N-1}}{\Delta x_f} \quad (2.42)$$

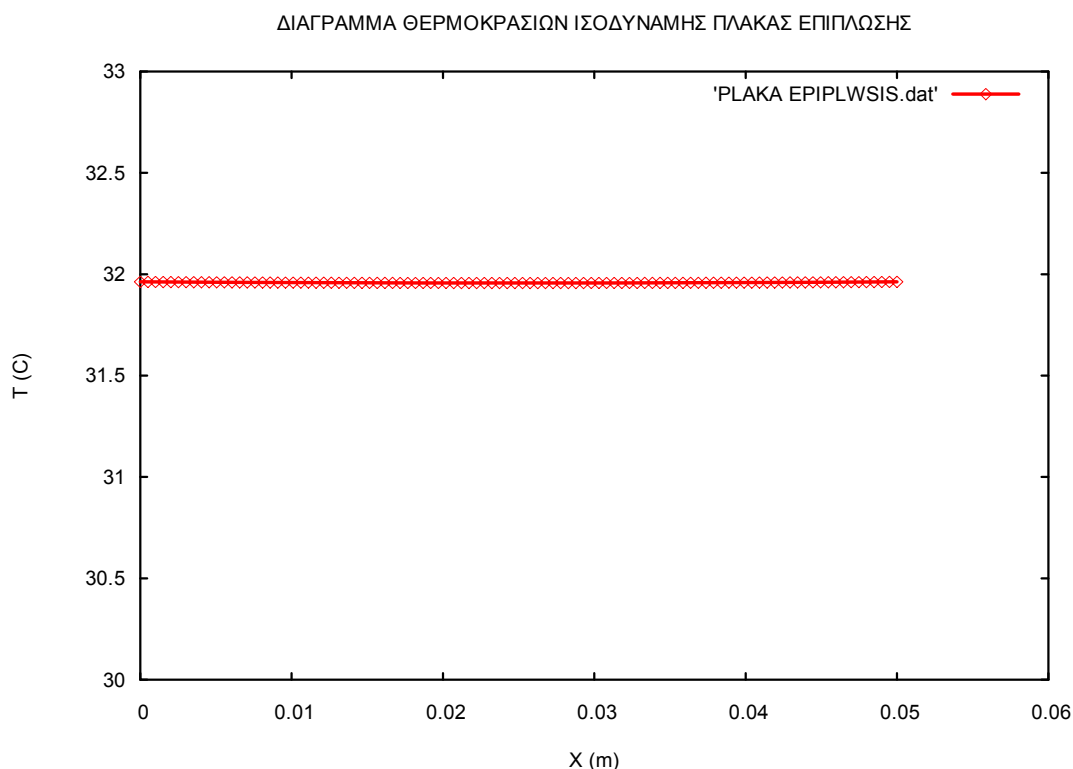
“Τρέχουμε” το κώδικα με:

Δx τοίχου(m) (ομοιόμορφου πλέγματος)	2.626×10^{-3}
Δx οροφής(m) (ομοιόμορφου πλέγματος)	3.686×10^{-3}
Δx εσωτερικού τοίχου(m)	1.313×10^{-3}
Δx πλάκας επίπλωσης(m)	5.050×10^{-4}
Δt(min)	5
τφαινομένου(days)	40
N(πλήθος κόμβων ομοιόμορφου πλέγματος)	100
Συντελεστής πύκνωσης(μόνωση)	0.2

Πίνακας.(2.10.2)- Χαρακτηριστικά κώδικα

Στη μόνιμη κατάσταση (2.10) για την ισοδύναμη πλάκα επίπλωσης η θερμοκρασία σ όλο το πάχος είναι σταθερή και ίση με την εσωτερική

θερμοκρασία αέρα του κτιρίου που αποκαθίσταται στη μέση τιμή της ισοδύναμης ηλίου-αέρος.



Διάγραμμα (2.10)-Κατανομή θερμοκρασιών πλάκας επίπλωσης

2.11 ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που διαμορφώνει την εσωτερική θερμοκρασία χώρου του κτιρίου εκτός αυτών που έχουν προαναφερθεί είναι η ύπαρξη υαλοπινάκων που θα εξετάσουμε σ αυτήν την ενότητα. Θα θεωρήσουμε σε κάθε έναν από τους τέσσερις τοίχους του κτιρίου υαλοπίνακες εμβαδού $A_w = 4.5m^2$. Αυτό σημαίνει πρακτικά πως η “καθαρή” επιφάνεια κάθε εξωτερικού τοίχου μειώνεται κατά $4.5m^2$.

Σ αυτό το σημείο αξίζει να αναφέρουμε πως οι υαλοπίνακες δεν θα επιλυθούν με πεπερασμένες διαφορές όπως συνέβαινε στους τοίχους, οροφή, επίπλωση εξαιτίας του μικρού πάχους που έχουν. Ακόμα το θερμικό κέρδος υαλοπινάκων διά ηλιακής ακτινοβολίας αμελείται καθώς γίνεται η παραδοχή πως οι υαλοπίνακες σε κάθε προσανατολισμό σκιάζονται

εσωτερικά. Συνεπώς εκτιμάται **μόνο το θερμικό κέρδος υαλοπινάκων διά**

αγωγής: $Q_w = U_w A_w (T_e - T_i)$ (2.43)

στην οποία $U_w = 4W/m^2K$ είναι ο ολικός συντελεστής θερμοπερατότητας υαλοπινάκων, ενώ T_e , $p=n,s,e,w$ είναι η ισοδύναμη θερμοκρασία ηλίου-αέρος σε κάθε προσανατολισμό.

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Η εσωτερική θερμοκρασία του αέρα υπολογίζεται από τον εσωτερικό ισολογισμό θερμικής ενέργειας:

$$\begin{aligned} \rho_a \nu_a c_a \frac{\partial T_i}{\partial t} &= (q_n + q_s + q_e + q_w)(A_{toix} - A_w) + q_{hor} A_{hor} + (q_{p1} + q_{p3}) A_p + (q_{f1} + q_{f2}) A_f + \\ &+ U_w A_w (T_e^{n+1} - T_i^{n+1}) + U_w A_w (T_e_s^{n+1} - T_i^{n+1}) + U_w A_w (T_e_e^{n+1} - T_i^{n+1}) + U_w A_w (T_e_w^{n+1} - T_i^{n+1}) \Rightarrow \\ \frac{\rho_a \nu_a c_a}{\Delta t} T_i^{n+1} - \frac{\rho_a \nu_a c_a}{\Delta t} T_i^n &= (q_n + q_s + q_e + q_w)(A_{toix} - A_w) + q_{hor} A_{hor} + (q_{p1} + q_{p3}) A_p + \\ &+ (q_{f1} + q_{f2}) A_f + U_w A_w (T_e_n^{n+1} + T_e_s^{n+1} + T_e_e^{n+1} + T_e_w^{n+1}) - 4U_w A_w T_i^{n+1} \Rightarrow \\ \left(\frac{\rho_a \nu_a c_a}{\Delta t} + 4U_w A_w \right) T_i^{n+1} &= (q_n + q_s + q_e + q_w)(A_{toix} - A_w) + q_{hor} A_{hor} + (q_{p1} + q_{p3}) A_p + \\ &+ (q_{f1} + q_{f2}) A_f + U_w A_w (T_e_n^{n+1} + T_e_s^{n+1} + T_e_e^{n+1} + T_e_w^{n+1}) + \frac{\rho_a \nu_a c_a}{\Delta t} T_i^n \Rightarrow \\ T_i^{n+1} &= \left[\frac{(q_n + q_s + q_e + q_w)(A_{toix} - A_w) + q_{hor} A_{hor} + (q_{p1} + q_{p3}) A_p + (q_{f1} + q_{f2}) A_f}{\left(\frac{\rho_a \nu_a c_a}{\Delta t} + 4U_w A_w \right)} + \frac{\rho_a \nu_a c_a}{\Delta t} T_i^n \right] \div \\ &\div \left(\frac{\rho_a \nu_a c_a}{\Delta t} + 4U_w A_w \right) \\ t = 0 \rightarrow T_i(t) &= 20^0 C \end{aligned}$$

(2.44)

ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Η εξωτερική θερμοκρασία είναι μεταβαλλόμενη σύμφωνα με την 21^η Ιουλίου και είναι η ισοδύναμη θερμοκρασία ηλίου-αέρος κατά ASHRAE για κάθε προσανατολισμό.

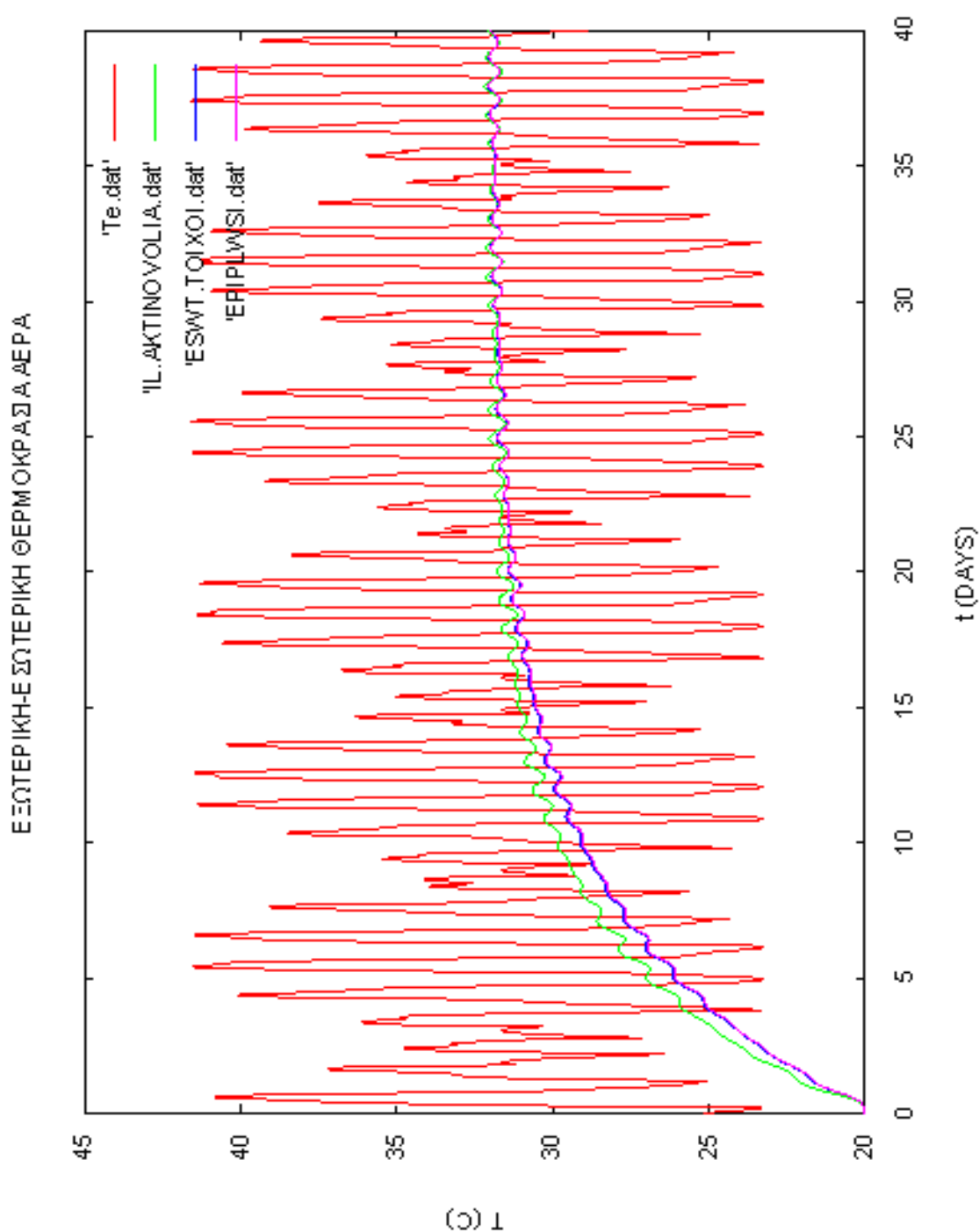
2.12 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΝΟΤΗΤΩΝ 2.9-2.11 **ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Από την επόμενη σελίδα παρουσιάζονται σε διάγραμμα οι καμπύλες της εσωτερικής θερμοκρασίας αέρα του κτιρίου για τις περιπτώσεις των ενότητων από 2.9-2.11.

Στο παρακάτω διάγραμμα(2.12.1) :

- Η πράσινη καμπύλη αναφέρεται σε κτίριο με εξωτερικούς τοίχους και οροφή παρουσία ηλιακής ακτινοβολίας.
- Η μπλε καμπύλη αναφέρεται σε κτίριο με εξωτερικούς τοίχους, οροφή και εσωτερικούς τοίχους παρουσία ηλιακής ακτινοβολίας.
- Η ροζ καμπύλη αναφέρεται σε κτίριο με εξωτερικούς τοίχους, οροφή, εσωτερικούς τοίχους και επίπλωση παρουσία ηλιακής ακτινοβολίας.

Παρατηρούμε ότι η προσθήκη εσωτερικών τοίχων προκαλεί μεγαλύτερη καθυστέρηση χρονικά στην αποκατάσταση της εσωτερικής θερμοκρασίας (λιγότερο απότομη καμπύλη). Όταν έχουμε επιπλέον και επίπλωση η εσωτερική θερμοκρασία αποκαθίσταται ακόμα πιο αργά (ροζ καμπύλη) αλλά με πολύ μικρές αποκλίσεις συγκρινόμενη με την περίπτωση των εσωτερικών τοίχων μπλε καμπύλη). Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως οι εσωτερικοί τοίχοι κατά κύριο βαθμό και κατά δεύτερο η επίπλωση προσδίδουν επιπλέον θερμοχωρητικότητα στο κτίριο η οποία επιβραδύνει την σύγκλιση της εσωτερικής θερμοκρασίας του αέρα.

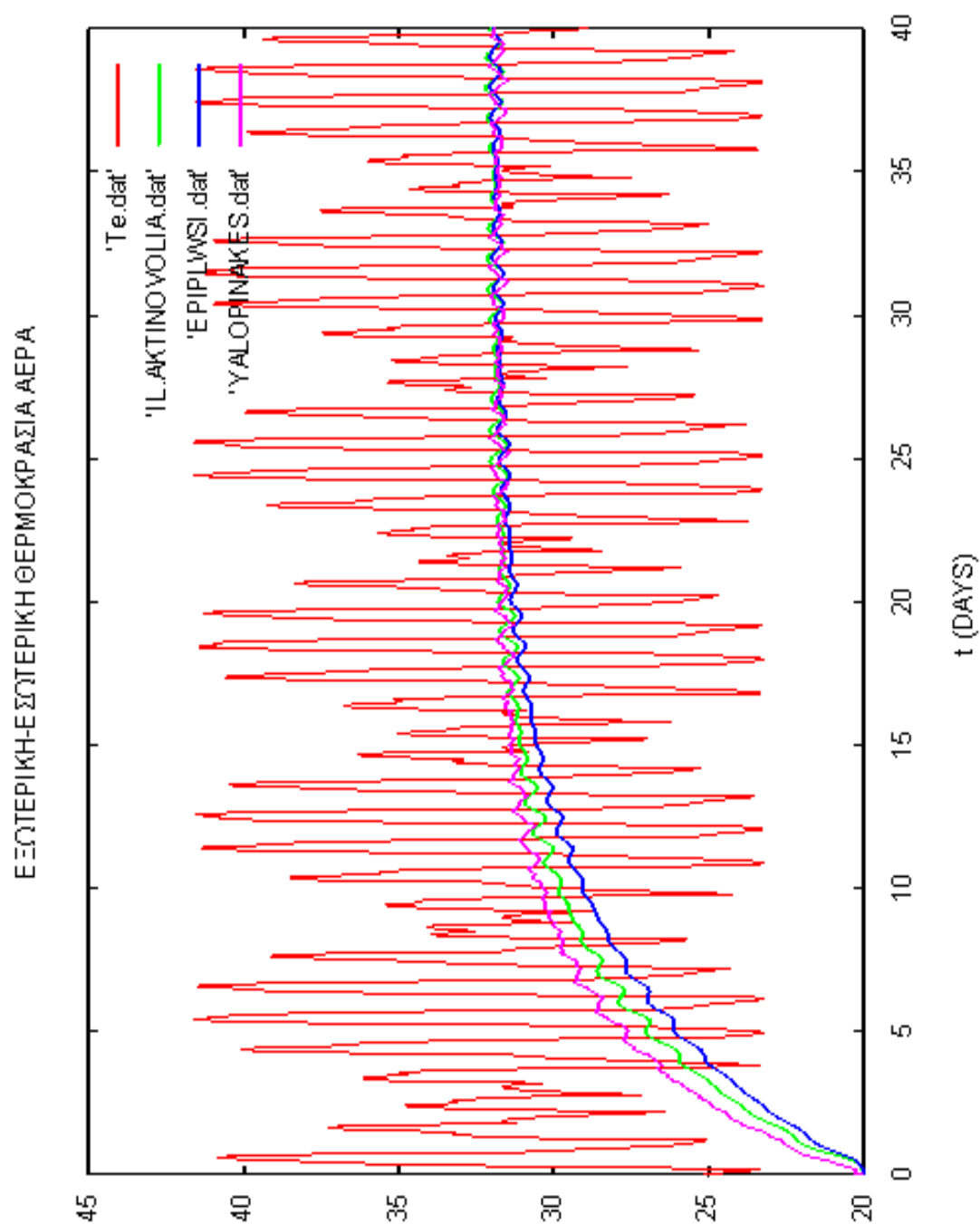


Διάγραμμα (2.12.1)-Μεταβολή εσωτερικής θερμοκρασίας αέρα

Στο παρακάτω διάγραμμα(2.12.2) :

- Η πράσινη καμπύλη αναφέρεται σε κτίριο με εξωτερικούς τοίχους και οροφή παρουσία ηλιακής ακτινοβολίας.

- Η μπλε καμπύλη αναφέρεται σε κτίριο με εξωτερικούς τοίχους, οροφή, εσωτερικούς τοίχους και επίπλωση παρουσία ηλιακής ακτινοβολίας.
- Η ροζ καμπύλη αναφέρεται σε κτίριο με εξωτερικούς τοίχους, οροφή, εσωτερικούς τοίχους, επίπλωση και υαλοπίνακες παρουσία ηλιακής ακτινοβολίας.



(c) 1

Διάγραμμα (2.12.2)-Μεταβολή εσωτερικής θερμοκρασίας αέρα

Σ αυτό το διάγραμμα είναι προφανές πως η προσθήκη υαλοπινάκων αύξησε κατά πολύ τα θερμικά φορτία που εισέρχονται στο κτίριο λόγω του υψηλού ολικού συντελεστή θερμικής διαπερατότητας $U_w = 4 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ που έχουν συγκριτικά με τους εξωτ. τοίχους όπου $U_{toix} = 0.66 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ και την οροφή όπου $U_{hor} = 0.46 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Έτσι δικαιολογείται γιατί η ροζ καμπύλη αποκαθίσταται πού πιο απότομα από τις άλλες δύο.

2.13 ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ

Σ αυτή την ενότητα θα μελετήσουμε τη μεταβολή της εσωτερικής θερμοκρασίας αέρα κτιρίου που αποτελείται από τέσσερις εξωτερικούς τοίχους, εσωτερικούς τοίχους, οροφή, επίπλωση και υαλοπίνακες (με χαρακτηριστικά που έχουν προαναφερθεί) όταν τοποθετήσουμε εντός αυτού κλιματιστική συσκευή η οποία θα παραλάβει τα φορτία του χώρου ψύχοντας τον.

Κατ αρχάς θεωρούμε ότι η υγρασία του αέρα περιβάλλοντος είναι πρακτικά ίση με την υγρασία του εσωτερικού αέρα. Η παραδοχή αυτή γίνεται για να απαλείψουμε τον παράγοντα του λανθάνοντος ψυκτικού φορτίου ώστε να μην περιπλακεί επιπλέον το πρόβλημα μας με ενθαλπίες και ψυχομετρικούς χάρτες. Έτσι και αλλιώς η επιρροή του λανθάνοντος φορτίου προς το ολικό είναι μικρή σε σχέση με το αισθητό.

Γνωρίζοντας προσεγγιστικά τον μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας U_m του κτιρίου, την συνολική επιφάνειά του A_{total} και την μέση εξωτερική θερμοκρασία ηλίου-αέρος Te_m μπορούμε με μία απλή αλγεβρική σχέση να βρούμε την απαιτούμενη ψυκτική ισχύ της κλιματιστικής συσκευής για μία επιθυμητή θερμοκρασία εσωτερικού χώρου T_i ή αντιστρόφως την τιμή T_i που θα αποκατασταθεί η εσωτερική θερμοκρασία για μία δεδομένη ισχύ κλιματιστικής:

$$Q_c = U_m A_{total} (T_e - T_i)$$

$$\dot{h} \quad (2.45)$$

$$T_i = \frac{U_m A_{total} T_e - Q_c}{A_{total} U_m}$$

Για την περίπτωση μας:

$$U_m = \frac{4(A_{toix} - A_w)}{A_{total}} \times U_{toix} + \frac{A_w}{A_{total}} \times U_w + \frac{A_{hor}}{A_{total}} \times U_{hor} \Rightarrow$$

$$U_m = \frac{102}{220} \times 0.66 + \frac{18}{220} \times 4 + \frac{100}{220} \times 0.46 \Rightarrow U_m = 0.841 \text{ W/m}^2 \text{ K} \quad (2.46)$$

(Η T_e υπολογίζεται στον κώδικα προγραμματισμού που αναπτύσσουμε).

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Στον εσωτερικό ισολογισμό θερμικής ενέργειας το ψυκτικό φορτίο Q_c αφαιρείται από το δεξί μέλος της εξίσωσης που περιλαμβάνει το σύνολο των φορτίων του εσωτερικού χώρου:

$$\rho_\alpha \nu_\alpha c_\alpha \frac{\delta T_i}{\delta t} = (q_n + q_s + q_e + q_w)(A_{toix} - A_w) + q_{hor} A_{hor} + (q_{p1} + q_{p3}) A_p + (q_{f1} + q_{f2}) A_f +$$

$$+ U_w A_w (T_e^{n+1} - T_i^{n+1}) + U_w A_w (T_s^{n+1} - T_i^{n+1}) + U_w A_w (T_e^{n+1} - T_i^{n+1}) + U_w A_w (T_w^{n+1} - T_i^{n+1}) - Q_c \Rightarrow$$

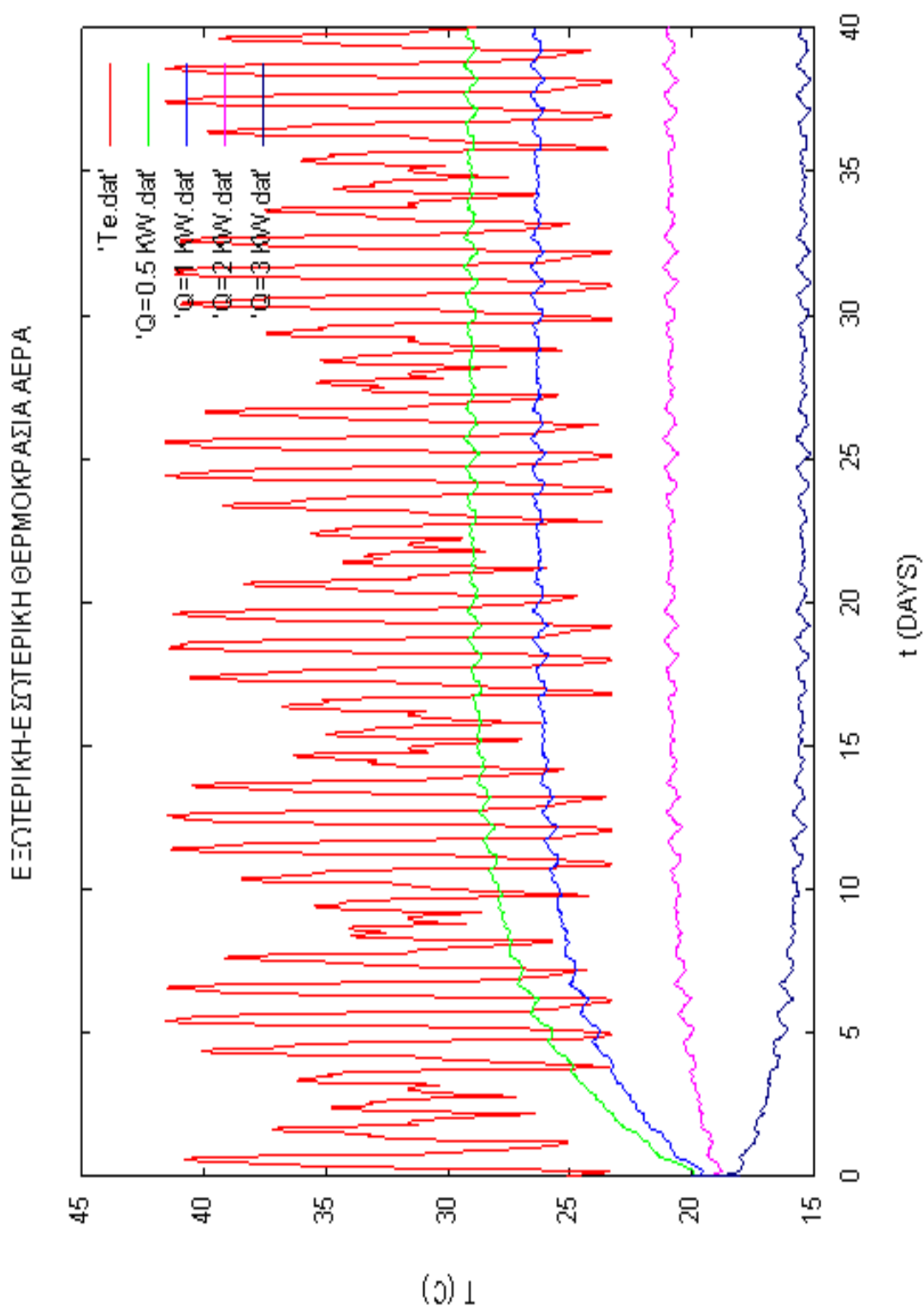
$$T_i^{n+1} = \left[\frac{(q_n + q_s + q_e + q_w)(A_{toix} - A_w) + q_{hor} A_{hor} + (q_{p1} + q_{p3}) A_p + (q_{f1} + q_{f2}) A_f}{+ U_w A_w (T_e^{n+1} + T_s^{n+1} + T_e^{n+1} + T_w^{n+1}) + \frac{\rho_\alpha \nu_\alpha c_\alpha}{\Delta t} T_i^n - Q_c} \right] \div$$

$$\div \left(\frac{\rho_\alpha \nu_\alpha c_\alpha}{\Delta t} + 4 U_w A_w \right)$$

$$t=0 \rightarrow T_i(t) = 20^\circ C$$

(2.47)

Στο παρακάτω διάγραμμα(2.13) απεικονίζονται οι καμπύλες μεταβολής της εσωτερικής θερμοκρασίας αέρα του κτιρίου για διάφορες τιμές ισχύος της κλιματιστικής συσκευής όπως προέκυψαν από τον αλγόριθμο επίλυσης. Στο διάγραμμα επίσης φαίνεται η T_e :

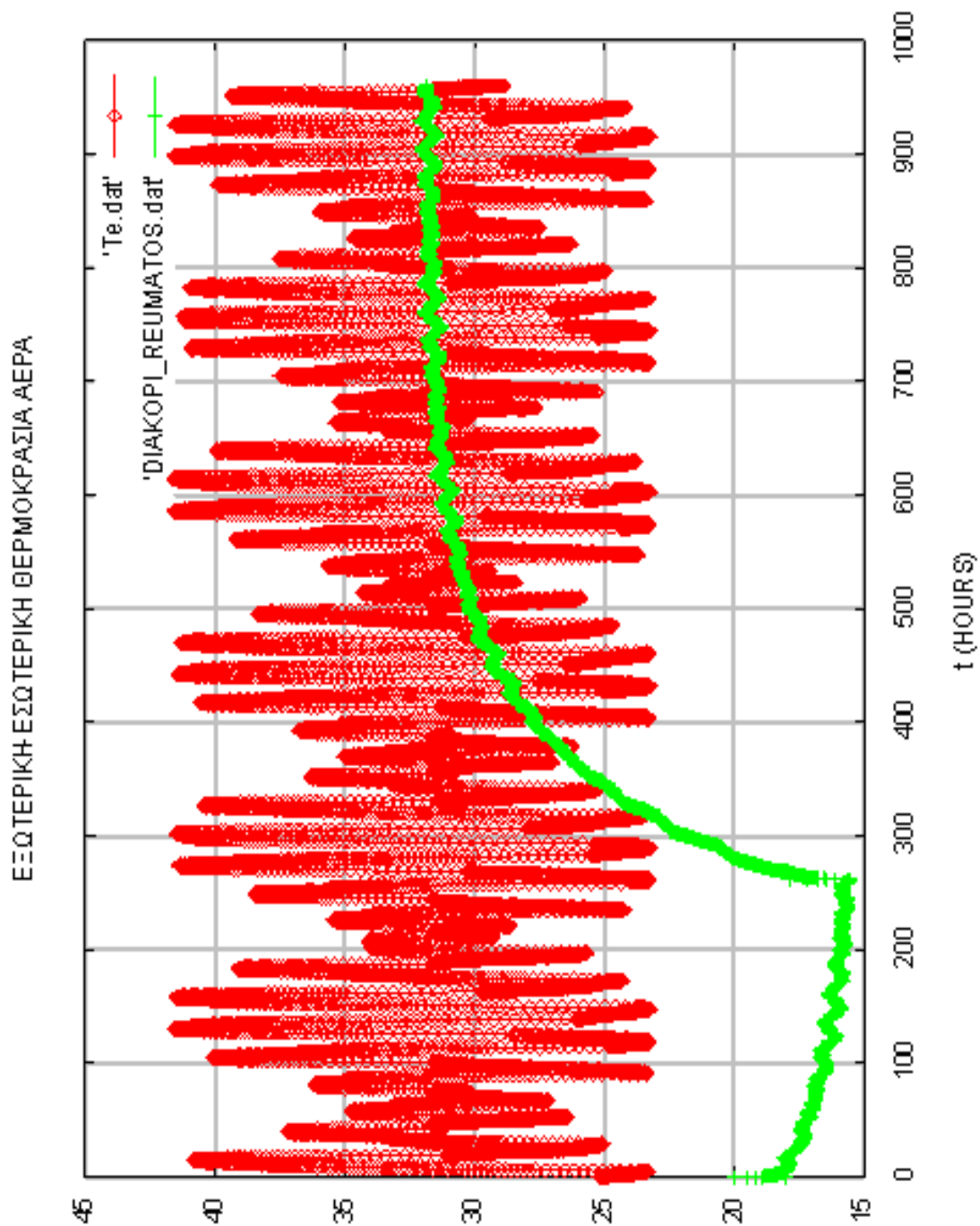


Διάγραμμα (2.13)-Μεταβολή εσωτερικής θερμοκρασίας αέρα

2.14 ΥΠΟΨΥΞΗ-ΔΙΑΚΟΠΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΗΣ

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η ειδική περίπτωση κατά την οποία κάνουμε υπόψυξη στον εσωτερικό χώρο με μία ισχύ κλιματιστικής συσκευής της τάξεως των $Q_c = 3 \text{ KW}$. Επομένως από την αρχική θερμοκρασία αέρα $t = 0 \rightarrow T_i = 20^\circ \text{C}$ η εσωτερική θερμοκρασία αποκαθίσταται περίπου στους $T_i = 15.5^\circ \text{C}$ έχοντας το κλιματιστικό να δουλεύει στην πλήρη ισχύ του. Μετά την αποκατάσταση της T_i διακόπτουμε τη λειτουργία του κλιματιστικού όταν η T_i πέσει ελάχιστα κάτω από την αναμενόμενη τιμή της και παρατηρούμε μετά από πόσο χρονικό διάστημα $T_i = 27^\circ \text{C}$ (που είναι μία υποφερτή θερμοκρασία για καλοκαίρι) δηλαδή πόσο χρόνο θα διαρκέσει μία άνοδος της εσωτερικής θερμοκρασίας του αέρα του κτιρίου της τάξεως των 11 με 11.5°C . Κάτι τέτοιο θα διαρκέσει περίπου 5 μέρες ή 120 ώρες.

Στο παρακάτω διάγραμμα(2.14) φαίνεται η μεταβολή της εσωτερικής θερμοκρασίας χάρις στην διακοπτόμενη λειτουργία του κλιματιστικού:



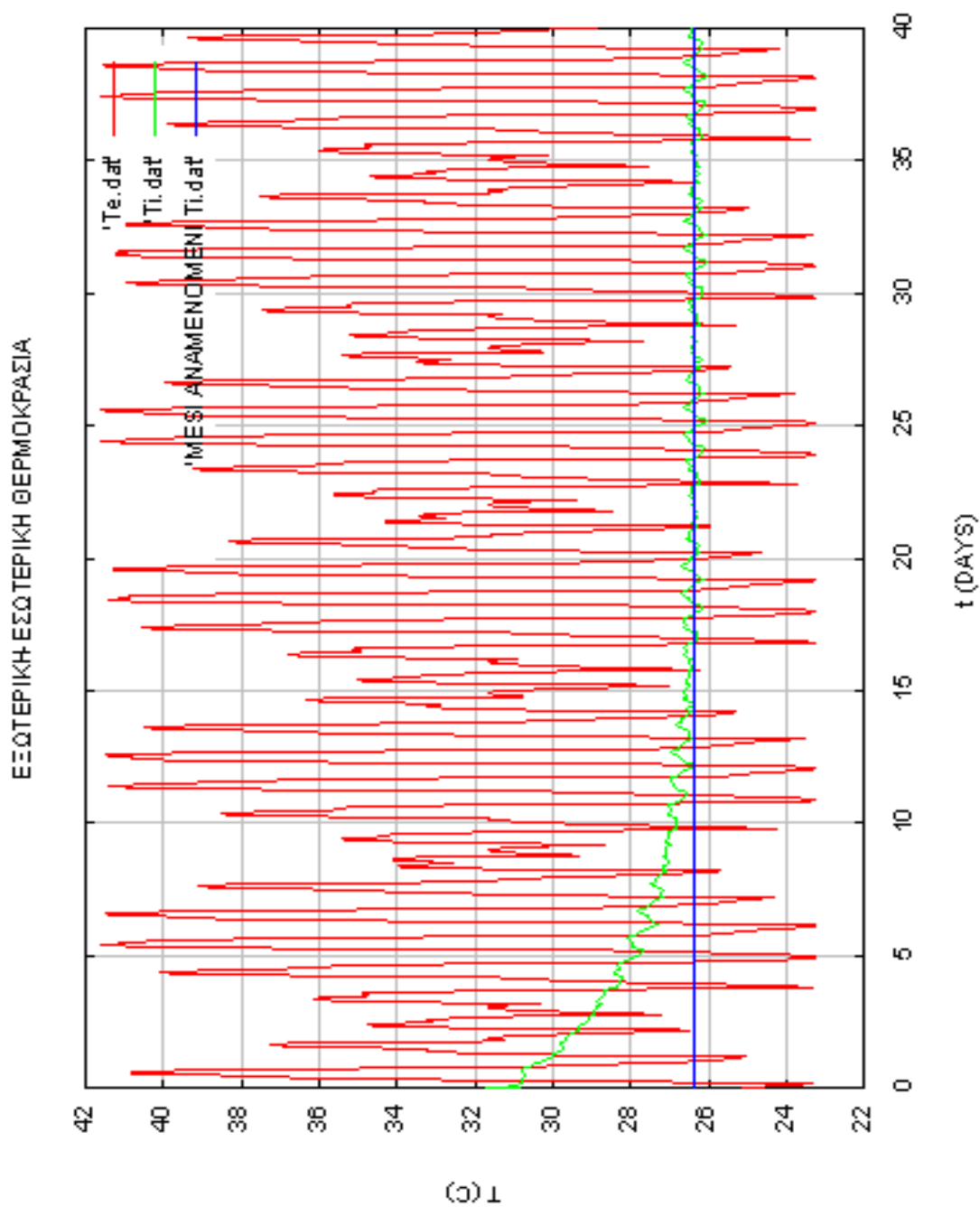
(C) 1

Διάγραμμα (2.14)-Μεταβολή εσωτερικής θερμοκρασίας αέρα

2.15 ΜΕΛΕΤΗ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΑΡΧΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η περίπτωση κατά την οποία λαμβάνουμε ως αρχικές τιμές θερμοκρασιών τοίχων, οροφής, επιπλώσης και θερμοκρασίας αέρα του εσωτερικού χώρου του κτιρίου τις τιμές που είχαν προκύψει για διάρκεια φαινομένου 40 ημερών. Έτσι η αρχική τιμή της εσωτερικής θερμοκρασίας του αέρα έχει αποκατασταθεί στην μέση ισοδύναμη ηλίου-αέρος (βλέπε διάγραμμα(2.12.2) όπως και των εσωτερικών τοίχων, επιπλώσης(2.9),(2.10), ενώ οι αρχικές κατανομές θερμοκρασιών στους εξωτερικούς τοίχους, οροφή λαμβάνονται αυτές που φαίνονται στο διάγραμμα(2.8.12).

Κλιματίζοντας τον εσωτερικό χώρο με μία ισχύς κλιματιστικής $P_{ch} Q_c = 1KW$ μελέταμε πόσος χρόνος χρειάζεται μέχρι αποκατάστασης στην μέση εσωτερική θερμοκρασία του χώρου. Στο ακόλουθο διάγραμμα(2.15) βλέπουμε πως απαιτούνται περίπου 15 μέρες για να έχουμε θερμοκρασία εσωτερικού χώρου λίγο πάνω από $26^{\circ}C$ που είναι μία φυσιολογική θερμοκρασία.



Διάγραμμα (2.15)-Μεταβολή εσωτερικής θερμοκρασίας αέρα

2.16 ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σ αυτήν την μελέτη προσομοιάσαμε με κάποιες παραδοχές την θερμική συμπεριφορά κτιρίου μέσω υπολογιστικών προγραμμάτων που αναπτύχθηκαν καθώς και την μεταβολή της σε διάφορες παραμέτρους. Προέκυψαν έτσι διαγράμματα που βγάζουν χρήσιμα συμπεράσματα:

- **Η μεταβολή της θερμοκρασίας** του εσωτερικού χώρου κτιρίου παρουσιάζει πολύ μικρότερη διακύμανση από την αντίστοιχη εξωτερική(περιβάλλοντος).
- **Η θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου στο πλήρως μονωμένο κτίριο χωρίς εξωτερική ηλ.ακτινοβολία** και χωρίς οροφή(αδιαβατικά μονωμένη) αποκαθίσταται πιο γρήγορα σε σχέση με την περίπτωση που συμπεριλαμβάνουμε οροφή με τα χαρακτηριστικά που έχουν αναφερθεί.Αυτό συμβαίνει γιατί η επιπλέον θερμοχωρητικότητα της οροφής υπερτέρει των θερμικών φορτίων που εισέρχονται στον χώρο μέσω της οροφής από το περιβάλλον.
- **Η θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου στο πλήρως αμονωμένο κτίριο χωρίς εξωτερική ηλ.ακτινοβολία** αποκαθίσταται πιο γρήγορα όταν συμπεριλαμβάνουμε την οροφή ως επιπλέον επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας με το περιβάλλον σε σχέση με την περίπτωση που είναι αδιαβατικά μόνωμένη.Η απουσία μόνωσης “δίνει” μεγαλύτερη διακύμανση στην μεταβολή της εσωτερικής θερμοκρασίας.
- **Η θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου** εξαρτάται άμεσα από το πάχος μόνωσης της οροφής.Αυξανόμενου του πάχους επιβραδύνεται η αποκατάστασή της στη μέση εξωτερική θερμοκρασία.
- **Η θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου χωρίς την ύπαρξη εξωτερικής ηλ.ακτινοβολία** σε κτίριο με μονωμένους τοίχους χωρίς οροφή παρουσιάζει σχεδόν την ίδια μεταβολή με κτίριο που έχει οροφή με πάχος μόνωσης 1.5 cm.Στο πάχος αυτό αντισταθμίζεται η

θερμοχωρητικότητα τις οροφής με τη θερμοροή που εισέρχεται στο χώρο μέσω αυτής.

- **Η ηλιακή ακτινοβολία** έχει μεγάλη επίδραση στην εσωτερική θερμοκρασία αέρα του κτιρίου.
- **Η θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου** αποκαθίσταται όλο και πιο αργά με την αύξηση της συνολικής θερμοχωρητικότητας του κτιρίου(προσθήκη εσωτ. τοίχων,επίπλωσης κτλ).
- **Η παρουσία υαλοπινάκων** στο κτίριο επιταχύνει την αποκατάσταση της εσωτερικής θερμοκρασίας του χώρου χάρις στην μεγάλη θερμοροή που επιτρέπουν να διέρχεται μέσω αυτών.(υψηλός δείκτης θερμοπερατότητας).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ
ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ(Συγγραφέας Κίμωνας Α.Αντωνόπουλος,Καθηγητής Ε.Μ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ)
- 2) ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ-ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ(Συγγραφέας Κίμωνας
Α.Αντωνόπουλος,Καθηγητής Ε.Μ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ)
- 3) ΑΡΧΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΜΑΖΗΣ(Έκδοση
Συμείων,Συγγραφέας Ξενοφών Κακατσιος,Καθηγητής Ε.Μ.Π)
- 4) ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΡΕΥΣΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ(Έκδοση Συμείων,Συγγραφέας
Γιώργος Μπεργελές,Καθηγητής Ε.Μ.Π)
- 5) ASHRAE 2001 HVAC Fundamentals Hanbook
- 6)Τ.Μο Shih “Numerical heat transfer” ,.Hemisphere Publ.Co.,1984
- 7)D.Anderson,J.Tannehill,R.Pletcher “Computational Fluid Mechanics and
Heat Transfer”.Hemisphere Publ.Co.,1984
- 8)Hoffman,J.D.Numerical Methods for Engineers and scientists,Mc Graw-
Hill,New York,1992.
- 9)Patankar,S.V.,Numerical Heat Transfer and Fluid Flow, Hemisphere
Publishing,New York 1980.
- 10)“Computational Heat Transfer”.Second edition,Yogesh Jaluria,Kenneth
E.Torrance.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΚΩΔΙΚΑ

```
program meros_1o   (ΚΩΔΙΚΑΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ 2.1)

!Metavatiki monodiasitati agwgi thermotitos me oriakes sunthikes dirichlet(statheres
thermokrasies ekaterothen toixou)

implicit double precision (a-h,o-z)
dimension
Aw(100),Ap(100),Ae(100),A(100),T(100),T_toixwn(58000,100),q_toixwn(58000,100),
q(100),xx(100)
real k,l,lepta
open (1,file='T.dat')
open (2,file='q.dat')
open (3,file='Thermokrasies.dat')
open (4,file='Thermoroos.dat')
open (5,file='Anal_Thermokrasies.dat')
open (6,file='Anal_Thermoroos.dat')

!Epilogi diastasewn plegmatos
write(*,*) 'Dwse xroniko diastima meletis fainomenou(se meres)'
write(*,*) 'meres='
read(*,*) meres
write(*,*) 'Dwse xroniko vima(se lepta)'
read(*,*) lepta
write(*,*) 'Dwse xwriki diamerisi'
read(*,*) n

!Orismos statherwn
!Eswteriki thermokrasia
Ti=20
!Ekswteriki thermokrasia
To=35
!Suntelestis thermikis agwgimotitas
k=0.72
!Puknotita
```

```
d=1920
!Eidiki thermoxwritikotita
cp=840
!Paxos toixou
lt=0.26
!Xroniki diarkeia fainomenou
tt=24*3600*meres
!Xroniko vima
dt=lepta*60
!Arithmos xronikwm komvwn
m=tt/dt+1
!Xwriko vima
dx=lt/(n-1)

!Kataxwrisi xwrou
do 10 i=1,n
xx(i)=(i-1)*dx
10 enddo

!Arxiki sunthiki
do 20 i=1,n
T_toixwn(1,i)=20
write(1,*) T_toixwn(1,i)
20 enddo

do 30 i=1,n-1
q_toixwn(1,i)=0
30 enddo

!Oriakes sunthikes
Ap(1)=1
Ae(1)=0
A(1)=35
Aw(n)=0
Ap(n)=1
A(n)=20
!Broxos xronikou vimatos fainomenou
```

```

do 40 j=1,m-1
!Υπολογισμος suntelestwn tridiagwniou sustimatos

!Broxos xwrikou vimatos eswterikwn simeiwv
do 50 i=2,n-1
Aw(i)=-k/dx
Ae(i)=-k/dx
A(i)=(d*cp*dx/dt)*T_toixwn(j,i)
Ap(i)=-Aw(i)-Ae(i)+d*cp*dx/dt
50 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)

!Kataxwrisi twv lusewn tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigmh
do 60 i=1,n
T_toixwn(j+1,i)=T(i)
write(1,*) T_toixwn(j+1,i)
60 enddo

!Υπολογισμος thermorown
do 70 i=1,n-1
q_toixwn(j+1,i)=-k*(T_toixwn(j+1,i+1)-T_toixwn(j+1,i))/dx
write(2,*) q_toixwn(j+1,i)
70 enddo

40 enddo

!Kataxwrisi dedomenwn opoiadipote meras,xronikis stigmis
write(*,*) 'Dwse wra tis imeras(1 ews 24) kai mera(1 ews meras)'
write(*,*) 'wra='
read(*,*) wra
write(*,*) 'mera='
read(*,*) mera
j=((mera-1)*24*3600+wra*3600)/dt+1

do 80 i=1,n
write(3,*) xx(i),T_toixwn(j,i)

```



```

80 enddo
do 90 i=1,n-1
write(4,*) xx(i+1),q_toixwn(j,i)
90 enddo

!Kataxwrisi thermokrasiwn kai thermorown analutiki lusi
do 100 i=1,n
x=(i-1)*dx
T(i)=-57.6923*x+35
write(5,*) xx(i),T(i)
100 enddo

do 110 i=1,n-1
q(i)=-k*(-57.6923)
write(6,*) xx(i+1),q(i)
110 enddo
end

SUBROUTINE TDMA(A6,B6,C6,R6,X6,N)
! SOLVES A SET OF N LINEAR TRIDIAGONAL EQUATIONS
! A,B,C ARE THE SUB,MAIN AND SUPER DIAGONAL ELEMENTS OF THE
MATRIX
! R THE RIGHT HAND VECTOR OF N ROWS
! X THE SOLUTION VECTOR
! A,B,C AND R VECTORS REMAIN UNCHANGED
implicit double precision (a-h,o-z)
DIMENSION GAM(1000),A6(1000),B6(1000),C6(1000),R6(1000),X6(1000)
BET=B6(1)
X6(1)=R6(1)/BET
! DECOMPOSITION
DO 70 J=2,N
GAM(J)=C6(J-1)/BET
BET=B6(J)-A6(J)*GAM(J)
IF(BET.EQ.0) stop 'ALGORITHM FAILS'
X6(J)=(R6(J)-A6(J)*X6(J-1))/BET
70 CONTINUE
! BACK SUBSTITUTION

```

```
DO 80 J=N-1,1,-1
X6(J)=X6(J)-GAM(J+1)*X6(J+1)
```

```
80 CONTINUE
```

```
RETURN
```

```
END
```

```
program meros_2o (ΚΩΔΙΚΑΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ 2.2)
```

```
!Metavatiki monodiasitati agwgi thermotitos me oriakes sunthikes
sunagwgis(statheres thermokrasies ekaterothen toixou)
```

```
implicit double precision (a-h,o-z)
```

```
dimension
```

```
Aw(100),Ap(100),Ae(100),A(100),T(100),T_toixwn(58000,100),q_toixwn(58000,100),
xx(100),q(100)
```

```
real k,lt,lepta
```

```
open (1,file='T.dat')
```

```
open (2,file='q.dat')
```

```
open (3,file='Thermokrasies.dat')
```

```
open (4,file='Thermoroies.dat')
```

```
open (5,file='Anal_Thermokrasies.dat')
```

```
open (6,file='Anal_Thermoroies.dat')
```

```
!Epilogi diastasewn plegmatos
```

```
write(*,*) 'Dwse xroniko diastima meletis fainomenou(se meres)'
```

```
write(*,*) 'meres='
```

```
read(*,*) meres
```

```
write(*,*) 'Dwse xroniko vima(se lepta)'
```

```
read(*,*) lepta
```

```
write(*,*) 'Dwse xwriki diamerisi'
```

```
read(*,*) n
```

```
!Orismos statherwn
!Eswteriki thermokrasia
Ti=20
!Ekswteriki thermokrasia
To=35
!Suntelestis thermikis agwgimotitas
k=0.72
!Puknotita
d=1920
!Eidiki thermoxwritikotita
cp=840
!Paxos toixou
lt=0.26
!Xroniki diarkeia fainomenou
tt=24*3600*meres
!Suntelestes sunagwgis
ho=16
hi=8
!Xroniko vima
dt=lepta*60
!Arithmos xronikwn komvwn
m=tt/dt+1
!Xwriko vima
dx=lt/(n-1)

!Kataxwrisi xwrou
do 10 i=1,n
xx(i)=(i-1)*dx
10 enddo

!Arxiki sunthiki
do 20 i=1,n
T_toixwn(1,i)=20
write(1,*) T_toixwn(1,i)
20 enddo

do 30 i=1,n-1
```

```

q_toixwn(1,i)=0
write(2,*) q_toixwn(1,i)
30 enddo

!Oriakes sunthikes
Ap(1)=ho*dx/k+1
Ae(1)=-1
A(1)=ho*dx/k*To
Aw(n)=-1
Ap(n)=dx*hi/k+1
A(n)=dx*hi/k*Ti

!Broxos xronikou vimatou fainomenou
do 40 j=1,m-1

!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos
!Broxos xwrikou vimatou eswterikwn simeiwv

do 50 i=2,n-1
Aw(i)=-k/dx
Ae(i)=-k/dx
A(i)=(d*cp*dx/dt)*T_toixwn(j,i)
Ap(i)=-Aw(i)-Ae(i)+d*cp*dx/dt
50 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)

!Kataxwrisi twv lusewn tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigmi
do 60 i=1,n
T_toixwn(j+1,i)=T(i)
write(1,*) T_toixwn(j+1,i)
60 enddo

!Ypologismos thermorown
do 70 i=1,n-1
q_toixwn(j+1,i)=-k*(T_toixwn(j+1,i+1)-T_toixwn(j+1,i))/dx
write(2,*) q_toixwn(j+1,i)
70 enddo

```

```
40 enddo
```

```
!Kataxwrisi dedomenwn opoiastipote meras,xronikis stigmis
```

```
write(*,*) 'Dwse wra tis imeras(1 ews 24) kai mera(1 ews meres)'
```

```
write(*,*) 'wra='
```

```
read(*,*) wra
```

```
write(*,*) 'mera='
```

```
read(*,*) mera
```

```
j=((mera-1)*24*3600+wra*3600)/dt+1
```

```
do 80 i=1,n
```

```
write(3,*) xx(i),T_toixwn(j,i)
```

```
80 enddo
```

```
do 90 i=1,n-1
```

```
write(4,*) xx(i+1),q_toixwn(j,i)
```

```
90 enddo
```

```
!Kataxwrisi thermokrasiwn kai thermorown analutiki lusic
```

```
do 100 i=1,n
```

```
x=(i-1)*dx
```

```
T(i)=-37.97468354*x+33.29113924
```

```
write(5,*) xx(i),T(i)
```

```
100 enddo
```

```
do 110 i=1,n-1
```

```
q(i)=-k*(-37.97468354)
```

```
write(6,*) xx(i+1),q(i)
```

```
110 enddo
```

```
end
```

```
SUBROUTINE TDMA(A6,B6,C6,R6,X6,N)
```

```
! SOLVES A SET OF N LINEAR TRIDIAGONAL EQUATIONS
```

```
! A,B,C ARE THE SUB,MAIN AND SUPER DIAGONAL ELEMENTS OF THE
MATRIX
```

```
! R THE RIGHT HAND VECTOR OF N ROWS
```

```
! X THE SOLUTION VECTOR
```

```
! A,B,C AND R VECTORS REMAIN UNCHANGED
```

```
implicit double precision (a-h,o-z)
```

```
DIMENSION GAM(1000),A6(1000),B6(1000),C6(1000),R6(1000),X6(1000)
```

```
BET=B6(1)
```

```
X6(1)=R6(1)/BET
```

```
! DECOMPOSITION
```

```
DO 70 J=2,N
```

```
GAM(J)=C6(J-1)/BET
```

```
BET=B6(J)-A6(J)*GAM(J)
```

```
IF(BET.EQ.0) stop 'ALGORITHM FAILS'
```

```
X6(J)=(R6(J)-A6(J)*X6(J-1))/BET
```

```
70 CONTINUE
```

```
! BACK SUBSTITUTION
```

```
+
```

```
DO 80 J=N-1,1,-1
```

```
X6(J)=X6(J)-GAM(J+1)*X6(J+1)
```

```
80 CONTINUE
```

```
RETURN
```

```
END
```

```
program meros_3o
```

```
(ΚΩΔΙΚΑΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ 2.3)
```

```
!Metavatiki monodiasitati agwgi thermotitos se toixo enos strwmatos(touvlo)
me oriakes sunthikes sunagwgis
```

```
!me metavallomeni ekswteriki thermokrasia(thermokrasia Athinas gia mina
loulio) kai statheri eswteriki

implicit double precision (a-h,o-z)
dimension
Aw(300),Ap(300),Ae(300),A(300),T(300),T_toixwn(58000,300),q_toixwn(58000,300),
To(58000),xx(300)
dimension c(3),s(3),time(58000)
real k,lt,lepta
open (1,file='T.dat')
open (2,file='q.dat')
open (3,file='Thermokrasies.dat')
open (4,file='Thermoroos.dat')
open (5,file='To.dat')
open (7,file='S_Jul.txt')
open (9,file='C_Jul.txt')
!Epilogi diastasewn plegmatos
write(*,*) 'Dwse xroniko diastima meletis fainomenou(se meres)'
write(*,*) 'meres='
read(*,*) meres
write(*,*) 'Dwse xroniko vima(se lepta)'
read(*,*) lepta
write(*,*) 'Dwse xwriki diamerisi'
read(*,*) n
!Orismos statherwn

!Eswteriki thermokrasia
Ti=20
!Suntelestis thermikis agwgimotitas
k=0.72
!Puknotita
d=1920
!Eidiki thermoxwritikotita
cp=840
!Paxos toixou
lt=0.26
!Xroniki diarkeia fainomenou
```

```
tt=24*3600*meres
!Suntelestes sunagwgis
ho=16
hi=8
!Syntelestis M gia Ioulio
M_Jul=28.080
!Xroniko vima
dt=lepta*60
!Arithmos xronikwn komvwn
m=tt/dt+1
!Xwriko vima
dx=lt/(n-1)

!Kataxwrisi xwrou kai xronou
do 10 i=1,n
xx(i)=(i-1)*dx
10 enddo

do 20 j=1,m
time(j)=((j-1)*dt)/(24*3600)
20 enddo

!Metavoli ekswterikis thermokrasias To
do 30 j=1,m
!Xroniko diastima se sec
t1=(j-1)*dt
sum1=0
sum2=0
rewind(7)
rewind(9)

do 40 i=1,3
read(9,*) c(i)
read(7,*) s(i)
40 enddo

do 50 i=1,3
```



```

sum1=sum1+c(i)*cos(i*4*atan(4.00)/(24*3600)*(t1-0.5d0*3600))
sum2=sum2+s(i)*sin(i*4*atan(4.00)/(24*3600)*(t1-0.5d0*3600))
50 enddo

```

```

To(j)=M_Jul+sum1+sum2
write(5,*) time(j),To(j)
30 enddo

```

!Arxiki sunthiki

```

do 80 i=1,n
T_toixwn(1,i)=20
write(1,*) T_toixwn(1,i)
80 enddo

```

```

do 90 i=1,n-1
q_toixwn(1,i)=0
write(2,*) q_toixwn(1,i)
90 enddo

```

!Broxos xronikou vimatos fainomenou

```

do 100 j=1,m-1

```

!Oriakes sunthikes

```

Ap(1)=ho*dx/k+1
Ae(1)=-1
A(1)=ho*dx/k*To(j)
Aw(n)=-1
Ap(n)=dx*hi/k+1
A(n)=dx*hi/k*Ti

```

!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos

!Broxos xwrikou vimatos eswterikwn simeiwv

```

do 110 i=2,n-1
Aw(i)=-k/dx
Ae(i)=-k/dx
A(i)=(d*cp*dx/dt)*T_toixwn(j,i)
Ap(i)=-Aw(i)-Ae(i)+d*cp*dx/dt

```

```
110 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)

!Kataxwrisi tw n lusewn tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigmh
do 120 i=1,n
T_toixwn(j+1,i)=T(i)
write(1,*) T_toixwn(j+1,i)
120 enddo

!Ypologismos thermorown
do 130 i=1,n-1
q_toixwn(j+1,i)=-k*(T_toixwn(j+1,i+1)-T_toixwn(j+1,i))/dx
write(2,*) q_toixwn(j,i)
130 enddo

100 enddo

do 160 i=1,n
write(*,*)T_toixwn(m,i)
160 enddo

!Kataxwrisi dedomenwn opoiadipote meras,xronikis stigmis
write(*,*) 'Dwse wra tis imeras(1 ews 24) kai mera(1 ews meres)'
write(*,*) 'wra='
read(*,*) wra
write(*,*) 'mera='
read(*,*) mera
j=((mera-1)*24*3600+wra*3600)/dt+1

do 140 i=1,n
write(3,*) xx(i),T_toixwn(j,i)
140 enddo

do 150 i=1,n-1
write(4,*) xx(i+1),q_toixwn(j,i)
150 enddo
```

```
end

SUBROUTINE TDMA(A6,B6,C6,R6,X6,N)
! SOLVES A SET OF N LINEAR TRIDIAGONAL EQUATIONS
! A,B,C ARE THE SUB,MAIN AND SUPER DIAGONAL ELEMENTS OF
THE MATRIX
! R THE RIGHT HAND VECTOR OF N ROWS
! X THE SOLUTION VECTOR
! A,B,C AND R VECTORS REMAIN UNCHANGED

implicit double precision (a-h,o-z)
DIMENSION
GAM(1000),A6(1000),B6(1000),C6(1000),R6(1000),X6(1000)
BET=B6(1)
X6(1)=R6(1)/BET
! DECOMPOSITION
DO 70 J=2,N
GAM(J)=C6(J-1)/BET
BET=B6(J)-A6(J)*GAM(J)
IF(BET.EQ.0) stop 'ALGORITHM FAILS'
X6(J)=(R6(J)-A6(J)*X6(J-1))/BET
70 CONTINUE
! BACK SUBSTITUTION

DO 80 J=N-1,1,-1
X6(J)=X6(J)-GAM(J+1)*X6(J+1)

80 CONTINUE

RETURN
END
```

```
program meros_4o      (ΚΩΔΙΚΑΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ 2.4)

!Metavatiki monodiasitati agwgi thermotitos se toixo pollwn strwmatwn me oriakes
sunthikes sunagwgis,
!metavallomeni eswteriki kai ekswteriki thermokrasia(thermokrasia Athinas gia mina
loulio)
!se dwmatio me tesseris toixous kai adiavatika monwmeni orofi kai patwma

implicit double precision (a-h,o-z)
dimension To(58000),Aw(300),Ap(300),Ae(300),A(300),d_e(300),cp_e(300),T(300),
Ti(58000), c(3)
dimension d(5),cp(5),T_toixwn(58000,300),q_toixwn(58000,300),xx(300),
time(58000),s(3)
real,dimension(5)::k,l
real,dimension(300)::k_e
real lt,M_Jul
open (1,file='k.txt')
open (2,file='d.txt')
open (3,file='cp.txt')
open (4,file='l.txt')
open (6,file='S_Jul.txt')
open (8,file='C_Jul.txt')
open (9,file='T.dat')
open (10,file='q.dat')
open (11,file='To.dat')
open (12,file='Ti.dat')
open (13,file='Thermokrasies.dat')
open (14,file='Thermoroos.dat')

!Epilogi diastasewn plegmatos
write(*,*) 'Dwse xroniko diastima meletis fainomenou(se meres)'
write(*,*) 'meres='
read(*,*) meres
write(*,*) 'Dwse xroniko vima(se lepta)'
read(*,*) lepta
write(*,*) 'Dwse xwriki diamerisi'
```

```
read(*,*) n
```

```
!Orismos statherwn
```

```
!Paxos toixou
```

```
lt=0.26
```

```
!Xroniki diarkeia fainomenou
```

```
tt=24*3600*meres
```

```
!Suntelestes sunagwgis
```

```
ho=16
```

```
hi=8
```

```
!Puknotita aera
```

```
da=1.186
```

```
!Eidiki thermoxwritikotita aera
```

```
cpa=1024
```

```
!Diastaseis dwmatiou
```

```
mikos=10
```

```
platos=10
```

```
ypsos=3
```

```
!Epifaneia toixwn
```

```
At=mikos*ypsos
```

```
!Ogkos dwmatiou
```

```
va=mikos*platos*ypsos
```

```
!Syntelestis M gia Ioulio
```

```
M_Jul=28.080
```

```
!Xroniko vima
```

```
dt=lepta*60
```

```
!Arithmos xronikwn komwn
```

```
m=tt/dt+1
```

```
!Xwriko vima
```

```
dx=lt/(n-1)
```

```
!Kataxwrisi tw n idiotitwn tou toixou analoga me ti xwriki diamerisi
```

```
rewind(1)
```

```
rewind(2)
```

```
rewind(3)
```

```
rewind(4)
```

```
do 10 j=1,5
read(1,*) k(j)
read(2,*) d(j)
read(3,*) cp(j)
read(4,*) l(j)
10 enddo

do 20 i=1,n
x=(i-1)*dx

if (x.ge.0.and.x.le.l(1)) then
k_e(i)=k(1)
d_e(i)=d(1)
cp_e(i)=cp(1)
elseif (x.gt.l(1).and.x.le.(l(1)+l(2))) then
k_e(i)=k(2)
d_e(i)=d(2)
cp_e(i)=cp(2)
elseif (x.gt.(l(1)+l(2)).and.x.le.(l(1)+l(2)+l(3))) then
k_e(i)=k(3)
d_e(i)=d(3)
cp_e(i)=cp(3)
elseif (x.gt.(l(1)+l(2)+l(3)).and.x.le.(l(1)+l(2)+l(3)+l(4))) then
k_e(i)=k(4)
d_e(i)=d(4)
cp_e(i)=cp(4)
elseif (x.gt.(l(1)+l(2)+l(3)+l(4)).and.x.le.lt) then
k_e(i)=k(5)
d_e(i)=d(5)
cp_e(i)=cp(5)
endif

20 enddo

!Kataxwrisi xwrou kai xronou
do 30 i=1,n
xx(i)=(i-1)*dx
```

```
30 enddo

do 40 j=1,m
time(j)=(j-1)*dt/(24*3600)
40 enddo

!Metavoli ekswterikis thermokrasias To
do 50 j=1,m
!Xroniko diastima se sec
t1=(j-1)*dt
sum1=0
sum2=0
rewind(6)
rewind(8)

do 60 i=1,3
read(8,*) c(i)
read(6,*) s(i)
60 enddo

do 70 i=1,3
sum1=sum1+c(i)*cos(i*4*atan(4.00)/(24*3600)*(t1-0.5d0*3600))
sum2=sum2+s(i)*sin(i*4*atan(4.00)/(24*3600)*(t1-0.5d0*3600))
70 enddo

To(j)=M_Jul+sum1+sum2
write(11,*) time(j),To(j)
50 enddo

!Arxiki sunthiki
Ti(1)=20
write(12,*) time(1),Ti(1)

do 100 i=1,n
T_toixwn(1,i)=20
write(9,*) T_toixwn(1,i)
100 enddo
```

```

do 110 i=1,n-1
q_toixwn(1,i)=0
write(10,*) q_toixwn(1,i)
110 enddo
!Broxos xronikou vimatos fainomenou
do 120 j=1,m-1

!Oriakes sunthikes
Ap(1)=(ho*dx)/((2*k_e(1)*k_e(2))/(k_e(1)+k_e(2)))+1
Ae(1)=-1
A(1)=(ho*dx)/((2*k_e(1)*k_e(2))/(k_e(1)+k_e(2)))*To(j)
Aw(n)=-1
Ap(n)=(dx*hi)/((2*k_e(n)*(k_e(n-1)))/(k_e(n)+k_e(n-1)))+1
A(n)=(dx*hi)/((2*k_e(n)*(k_e(n-1)))/(k_e(n)+k_e(n-1)))*Ti(j)

!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos
!Broxos xwrikou vimatos eswterikwn simeiwv
do 130 i=2,n-1
Aw(i)=-((2*k_e(i)*k_e(i-1))/(k_e(i)+k_e(i-1)))/dx
Ae(i)=-((2*k_e(i)*k_e(i+1))/(k_e(i)+k_e(i+1)))/dx
A(i)=(d_e(i)*cp_e(i)*dx/dt)*T_toixwn(j,i)
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(i)*cp_e(i)*dx/dt
130 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)

!Kataxwrisi twv lusevwn tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigmh
do 140 i=1,n
T_toixwn(j+1,i)=T(i)
write(9,*) T_toixwn(j+1,i)
140 enddo

!Ypologismos thermorown
do 150 i=1,n-1
q_toixwn(j+1,i)=-(((2*k_e(i)*k_e(i+1))/(k_e(i)+k_e(i+1)))*(T_toixwn(j+1,i+1)-
T_toixwn(j+1,i)))/dx

```



```

write(10,*) q_toixwn(j+1,i)
150 enddo
!Υπολογισμος eswterikis thermokrasias aera
Ti(j+1)=(4d0*q_toixwn(j+1,n-1)*At*dt)/(va*da*cpa)+Ti(j)
write(12,*) time(j+1),Ti(j+1)
120 enddo

!Kataxwrisi dedomenwn opoiasdipote meras,xronikis stigmis
write(*,*) 'Dwse wra tis imeras(1 ews 24) kai mera(1 ews meres)'
write(*,*) 'wra='
read(*,*) wra
write(*,*) 'mera='
read(*,*) mera
j=((mera-1)*24*3600+wra*3600)/dt+1

do 160 i=1,n
write(13,*) xx(i),T_toixwn(j,i)
160 enddo

do 170 i=1,n-1
write(14,*) xx(i+1),q_toixwn(j,i)
170 enddo

end

SUBROUTINE TDMA(A6,B6,C6,R6,X6,N)
! SOLVES A SET OF N LINEAR TRIDIAGONAL EQUATIONS
! A,B,C ARE THE SUB,MAIN AND SUPER DIAGONAL ELEMENTS OF THE
MATRIX
! R THE RIGHT HAND VECTOR OF N ROWS
! X THE SOLUTION VECTOR
! A,B,C AND R VECTORS REMAIN UNCHANGED
implicit double precision (a-h,o-z)
DIMENSION GAM(1000),A6(1000),B6(1000),C6(1000),R6(1000),X6(1000)
BET=B6(1)
X6(1)=R6(1)/BET
! DECOMPOSITION

```

```

DO 70 J=2,N
GAM(J)=C6(J-1)/BET
BET=B6(J)-A6(J)*GAM(J)
IF(BET.EQ.0) stop 'ALGORITHM FAILS'
X6(J)=(R6(J)-A6(J)*X6(J-1))/BET
70 CONTINUE
! BACK SUBSTITUTION

DO 80 J=N-1,1,-1
X6(J)=X6(J)-GAM(J+1)*X6(J+1)

80 CONTINUE

RETURN
END

program meros_5o (ΚΩΔΙΚΑΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ 2.4)

!Metavatiki monodiasitati agwgi thermotitos se toixo pollwn strwmatwn me puknwnsi
plegmatos stin perioxi tis monwsis,
loriakies sunthikes sunagwgis,metavallomeni eswteriki kai ekswteriki
thermokrasia(thermokrasia Athinas gia mina Iouliao)
Ise dwmatio me tesseris toixous kai adiavatika monwmeni orofi kai patwma

implicit double precision (a-h,o-z)
dimension To(58000),Aw(300),Ap(300),Ae(300),A(300),d_e(300),cp_e(300),T(300),
Ti(58000),c(3)
dimension d(5),cp(5),T_toixwn(58000,300),q_toixwn(58000,300),xx(300),
time(58000), s(3),dx(300)
real,dimension(5)::k,l
real,dimension(300)::k_e
integer counter
real It,M_Jul
open (1,file='k.txt')
open (2,file='d.txt')

```

```
open (3,file='cp.txt')
open (4,file='l.txt')
open (6,file='S_Jul.txt')
open (8,file='C_Jul.txt')
open (9,file='T.dat')
open (10,file='q.dat')
open (11,file='To.dat')
open (12,file='Ti.dat')
open (13,file='Thermokrasies.dat')
open (14,file='Thermoroos.dat')
write(*,*) 'Dwse xroniko diastima meletis fainomenou(se meres)'
write(*,*) 'meres='
read(*,*) meres

!Epilogi diastasewn plegmatos
write(*,*) 'Dwse xroniko vima(se lepta)'
read(*,*) lepta
write(*,*) 'Dwse arithmo komvwn omoiomorfou plegmatos'
read(*,*) n
write(*,*) 'Dwse pou ksekinai kai pou teleiwnei to strwma pou thes na exeis
puknwsis plegmatos'
write(*,*) 'Arxi='
read(*,*) arxi
write(*,*) 'Telos='
read(*,*) telos
write(*,*) 'Dwse suntelesti puknwsis plegmatos'
read(*,*) f

!Orismos statherwn
!Paxos toixou
lt=0.26
!Xroniki diarkeia fainomenou
tt=24*3600*meres
!Suntelestes sunagwgis
ho=16
hi=8
!Puknotita aera
```

```
da=1.186
!Eidiki thermoxwritikotita aera
cpa=1024
!Diastaseis dwmatiou
mikos=10
platos=10
ypsos=3
!Epifaneia toixwn
At=mikos*ypsos
!Ogkos dwmatiou
va=mikos*platos*ypsos
!Syntelestis M gia Ioulia
M_Jul=28.080
!Xroniko vima
dt=lepta*60
!Arithmos xronikwn komvwn
m=tt/dt+1
!Xwriko vima
dx_t=lt/(n-1)

!Puknwnsi plegmatos kai kataxwrisi tw n idiotitwn tou toixou analoga me ti xwriki
diamerisi
!Metritis komvwn xwrikou plegmatos ekswtirikwn toixwn
counter=0
x=0
rewind(1)
rewind(2)
rewind(3)
rewind(4)

do 10 j=1,5
read(1,*) k(j)
read(2,*) d(j)
read(3,*) cp(j)
read(4,*) l(j)
10 enddo
```

```
do 20 i=1,1000

if (x.le.lt) then
counter=counter+1

if (x.ge.arxi.and.x.le.telos) then
dx(i)=lt/(n-1)*f
else
dx(i)=lt/(n-1)
endif

if (x.ge.0.and.x.le.l(1)) then
k_e(i)=k(1)
d_e(i)=d(1)
cp_e(i)=cp(1)
elseif (x.gt.l(1).and.x.le.(l(1)+l(2))) then
k_e(i)=k(2)
d_e(i)=d(2)
cp_e(i)=cp(2)
elseif (x.gt.(l(1)+l(2)).and.x.le.(l(1)+l(2)+l(3))) then
k_e(i)=k(3)
d_e(i)=d(3)
cp_e(i)=cp(3)
elseif (x.gt.(l(1)+l(2)+l(3)).and.x.le.(l(1)+l(2)+l(3)+l(4))) then
k_e(i)=k(4)
d_e(i)=d(4)
cp_e(i)=cp(4)
elseif (x.gt.(l(1)+l(2)+l(3)+l(4)).and.x.le.lt) then
k_e(i)=k(5)
d_e(i)=d(5)
cp_e(i)=cp(5)
endif
x=x+dx(i)
else
exit
endif
20 enddo
```

```
!Kataxwrisi xwrou kai xronou
```

```
do 30 j=1,m
```

```
time(j)=(j-1)*dt)/(24*3600)
```

```
30 enddo
```

```
xx(1)=0
```

```
do 40 i=2,counter
```

```
xx(i)=xx(i-1)+dx(i-1)
```

```
40 enddo
```

```
!Metavoli ekswterikis thermokrasias To
```

```
do 50 j=1,m
```

```
!Xroniko diastima se sec
```

```
t1=(j-1)*dt
```

```
sum1=0
```

```
sum2=0
```

```
rewind(6)
```

```
rewind(8)
```

```
do 60 i=1,3
```

```
read(8,*) c(i)
```

```
read(6,*) s(i)
```

```
60 enddo
```

```
do 70 i=1,3
```

```
sum1=sum1+c(i)*cos(i*4*atan(4.00))/(24*3600)*(t1-0.5d0*3600))
```

```
sum2=sum2+s(i)*sin(i*4*atan(4.00))/(24*3600)*(t1-0.5d0*3600))
```

```
70 enddo
```

```
To(j)=M_Jul+sum1+sum2
```

```
write(11,*) time(j),To(j)
```

```
50 enddo
```

```
!Arxiki sunthiki
```

```
Ti(1)=20
```

```
write(12,*) time(1),Ti(1)
```

```
do 100 i=1,counter
```

```
T_toixwn(1,i)=20
```

```
write(9,*) T_toixwn(1,i)
```

```
100 enddo
```

```
do 110 i=1,counter-1
```

```
q_toixwn(1,i)=0
```

```
write(10,*) q_toixwn(1,i)
```

```
110 enddo
```

```
!Broxos xronikou vimatos fainomenou
```

```
do 120 j=1,m-1
```

```
!Oriakes sunthikes
```

```
Ap(1)=(ho*dx(1))/((2*k_e(1)*k_e(2))/(k_e(1)+k_e(2)))+1
```

```
Ae(1)=-1
```

```
A(1)=(ho*dx(1))/((2*k_e(1)*k_e(2))/(k_e(1)+k_e(2)))*To(j)
```

```
Aw(counter)=-1
```

```
Ap(counter)=(dx(counter)*hi)/((2*k_e(counter)*(k_e(counter-1)))/(k_e(counter)+k_e(counter-1)))+1
```

```
A(counter)=(dx(counter)*hi)/((2*k_e(counter)*(k_e(counter-1)))/(k_e(counter)+k_e(counter-1)))*Ti(j)
```

```
!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos
```

```
!Broxos xwrikou vimatos eswterikwn simeiwv
```

```
do 130 i=2,counter-1
```

```
Aw(i)=-((2*k_e(i)*k_e(i-1))/(k_e(i)+k_e(i-1)))/dx(i-1)
```

```
Ae(i)=-((2*k_e(i)*k_e(i+1))/(k_e(i)+k_e(i+1)))/dx(i)
```

```
A(i)=(d_e(i)*cp_e(i)*(dx(i)/2+dx(i+1)/2)/dt)*T_toixwn(j,i)
```

```
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(i)*cp_e(i)*(dx(i)/2+dx(i+1)/2)/dt
```

```
130 enddo
```

```
call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,counter)
```

```
!Kataxwrisi twv lusewv tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigmi
```

```

do 140 i=1,counter
T_toixwn(j+1,i)=T(i)
write(9,*) T_toixwn(j+1,i)

140 enddo

!Υπολογισμος thermorown
do 150 i=1,counter-1
q_toixwn(j+1,i)=-(((2*k_e(i)*k_e(i+1))/(k_e(i)+k_e(i+1)))*(T_toixwn(j+1,i+1)-
T_toixwn(j+1,i)))/dx(i)
write(10,*) q_toixwn(j+1,i)
150 enddo

!Υπολογισμος eswterikis thermokrasias aera
Ti(j+1)=(4d0*q_toixwn(j+1,counter-1)*At*dt)/(va*da*cpa)+Ti(j)
write(12,*) time(j+1),Ti(j+1)
120 enddo

!Kataxwrisi dedomenwn opoiadipote xroniki stigmati
write(*,*) 'Dwse wra tis imeras(1 ews 24) kai mera(1 ews meres)'
write(*,*) 'wra='
read(*,*) wra
write(*,*) 'mera='
read(*,*) mera
j=((mera-1)*24*3600+wra*3600)/dt+1

do 160 i=1,counter
write(13,*) xx(i),T_toixwn(j,i)
160 enddo

do 170 i=1,counter-1
write(14,*) xx(i+1),q_toixwn(j,i)
170 enddo
end
SUBROUTINE TDMA(A6,B6,C6,R6,X6,N)
! SOLVES A SET OF N LINEAR TRIDIAGONAL EQUATIONS

```



```
! A,B,C ARE THE SUB,MAIN AND SUPER DIAGONAL ELEMENTS OF THE
MATRIX
```

```
! R THE RIGHT HAND VECTOR OF N ROWS
```

```
! X THE SOLUTION VECTOR
```

```
! A,B,C AND R VECTORS REMAIN UNCHANGED
```

```
implicit double precision (a-h,o-z)
```

```
DIMENSION GAM(1000),A6(1000),B6(1000),C6(1000),R6(1000),X6(1000)
```

```
BET=B6(1)
```

```
X6(1)=R6(1)/BET
```

```
! DECOMPOSITION
```

```
DO 70 J=2,N
```

```
GAM(J)=C6(J-1)/BET
```

```
BET=B6(J)-A6(J)*GAM(J)
```

```
IF(BET.EQ.0) stop 'ALGORITHM FAILS'
```

```
X6(J)=(R6(J)-A6(J)*X6(J-1))/BET
```

```
70 CONTINUE
```

```
! BACK SUBSTITUTION
```

```
DO 80 J=N-1,1,-1
```

```
X6(J)=X6(J)-GAM(J+1)*X6(J+1)
```

```
80 CONTINUE
```

```
RETURN
```

```
END
```

```
program meros_6o (ΚΩΔΙΚΑΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ 2.5)
```

```
!Metavatiki monodiasitati agwgi thermotitos se toixo pollwn strwmatwn me puknwnsi
plegmatos stin perioxi tis monwnsis,
```

```
!oriakes sunthikes sunagwgis,metavallomeni eswteriki kai ekswteriki
thermokratia(thermokratia Athinas gia mina Ioulío)
```

```
!se dwmatio me tesseris toixous,orofi kai adiatatika monwmeno patwma
```

```
implicit double precision (a-h,o-z)
```

```
dimension dx(2,300),d_e(2,300),cp_e(2,300),d_t(5),cp_t(5),Ti(58000),To(58000)
```

```
dimension A(300),Aw(300),Ap(300),Ae(300),T(300),xx(2,300),time(58000),s(3),c(3)
```

```
dimension T_toixwn(58000,300),T_hor(58000,300),q_toixwn(58000,300),
q_hor(58000,300)
dimension d_o(6),cp_o(6)
real,dimension(2,300)::k_e
real,dimension(6)::k_o,l_o
real,dimension(5)::k_t,l_t
integer counter1,counter2,e
real lt,lo,M_Jul
open (1,file='k_t.txt')
open (2,file='d_t.txt')
open (3,file='cp_t.txt')
open (4,file='l_t.txt')
open (5,file='k_o.txt')
open (6,file='d_o.txt')
open (7,file='cp_o.txt')
open (8,file='l_o.txt')
open (10,file='S_Jul.txt')
open (12,file='C_Jul.txt')
open (13,file='T_toixwn.dat')
open (14,file='T_hor.dat')
open (15,file='q_toixwn.dat')
open (16,file='q_hor.dat')
open (17,file='To.dat')
open (18,file='Ti.dat')
open (19,file='Thermokrasies.dat')
open (20,file='Thermoroos.dat')

!Epilogi diastasewn plegmatos
write(*,*) 'Dwse xroniko diastima meletis fainomenou(se meres)'
write(*,*) 'meres='
read(*,*) meres
write(*,*) 'Dwse xroniko vima(se lepta)'
read(*,*) lepta
write(*,*) 'Dwse arithmo komvwn omoiomorfou plegmatos'
read(*,*) n
write(*,*) 'Dwse pou ksekinaei kai pou teleiwnei to strwma pou thes na exeis
puknws i plegmatos stous tesseris toixous'
```

```
write(*,*) 'Arxi_toixou='
read(*,*) arxi_toixou
write(*,*) 'Telos_toixou='
read(*,*) telos_toixou
write(*,*) 'Dwse pou ksekinaei kai pou teleiwnei to strwma pou thes na exeis
puknwnsi plegmatos stin orofi'
write(*,*) 'Arxi_orofis='
read(*,*) arxi_orofis
write(*,*) 'Telos_orofis='
read(*,*) telos_orofis
write(*,*) 'Dwse suntelesti puknwnsis plegmatos'
read(*,*) f

!Orismos statherwn
!Paxos ekswterikwn toixwn
lt=0.26
!Paxos orofis
lo=0.365
!Xroniki diarkeia fainomenou
tt=24*3600*meres
!Suntelestes sunagwgis
ho=16
hi=8
!Puknotita aera
da=1.186
!Eidiki thermoxwritikotita aera
cpa=1024
!Diastaseis dwmatiou
mikos=10
platos=10
ypsos=3
!Epifaneia ekswterikwn toixwn
At=mikos*ypsos
!Epifaneia orofis
Ar=mikos*platos
!Ogkos dwmatiou
va=mikos*platos*ypsos
```

```
!Syntelestis M gia Ioulio
M_Jul=28.080
!Xroniko vima
dt=lepta*60
!Xwriko vima omoiomorfou plegmatos
!Toixwn
dx_t=lt/(n-1)
!Orofis
dx_o=lo/(n-1)
!Arithmos xronikwm komvwn
m=tt/dt+1
!Metritis komvwn xwriku plegmatos orofis
counter1=0
!Metritis komvwn xwriku plegmatos ekswterikwn toixwn
counter2=0

!Puknwnsi plegmatos kai kataxwrisi tw n idiotitwn tou toixou analoga me ti xwriki
diamerisi
rewind(1)
rewind(2)
rewind(3)
rewind(4)
rewind(5)
rewind(6)
rewind(7)
rewind(8)

do 10 e=1,2

if (e.eq.1) then
x=0
do 20 j=1,6
read(5,*) k_o(j)
read(6,*) d_o(j)
read(7,*) cp_o(j)
read(8,*) l_o(j)
20 enddo
```

```
do 30 i=1,1000

if (x.le.lo) then

if (x.ge.arxi_orofis.and.x.le.telos_orofis) then
dx(e,i)=lo/(n-1)*f
else
dx(e,i)=lo/(n-1)
endif

counter1=counter1+1

if (x.ge.0.and.x.le.l_o(1)) then
k_e(e,i)=k_o(1)
d_e(e,i)=d_o(1)
cp_e(e,i)=cp_o(1)
elseif (x.gt.l_o(1).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2))) then
k_e(e,i)=k_o(2)
d_e(e,i)=d_o(2)
cp_e(e,i)=cp_o(2)
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3))) then
k_e(e,i)=k_o(3)
d_e(e,i)=d_o(3)
cp_e(e,i)=cp_o(3)
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4))) then
k_e(e,i)=k_o(4)
d_e(e,i)=d_o(4)
cp_e(e,i)=cp_o(4)
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4)).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4)+l_o(5)))
then
k_e(e,i)=k_o(5)
d_e(e,i)=d_o(5)
cp_e(e,i)=cp_o(5)
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4)+l_o(5)).and.x.le.lo) then
k_e(e,i)=k_o(6)
d_e(e,i)=d_o(6)
```

```
cp_e(e,i)=cp_o(6)
endif

x=x+dx(e,i)
else
exit
endif

30 enddo

else
x=0

do 40 j=1,5
read(1,*) k_t(j)
read(2,*) d_t(j)
read(3,*) cp_t(j)
read(4,*) l_t(j)
40 enddo

do 50 i=1,1000

if (x.le.lt) then

if (x.ge.arxi_toixou.and.x.le.telos_toixou) then
dx(e,i)=lt/(n-1)*f
else
dx(e,i)=lt/(n-1)
endif

counter2=counter2+1

if (x.ge.0.and.x.le.l_t(1)) then
k_e(e,i)=k_t(1)
d_e(e,i)=d_t(1)
cp_e(e,i)=cp_t(1)
elseif (x.gt.l_t(1).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2))) then
```

```
k_e(e,i)=k_t(2)
d_e(e,i)=d_t(2)
cp_e(e,i)=cp_t(2)
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3))) then
k_e(e,i)=k_t(3)
d_e(e,i)=d_t(3)
cp_e(e,i)=cp_t(3)
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)+l_t(4))) then
k_e(e,i)=k_t(4)
d_e(e,i)=d_t(4)
cp_e(e,i)=cp_t(4)
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)+l_t(4)).and.x.le.lt) then
k_e(e,i)=k_t(5)
d_e(e,i)=d_t(5)
cp_e(e,i)=cp_t(5)
endif

x=x+dx(e,i)
else
exit
endif

50 enddo

endif

10 enddo

!Kataxwrisi xwrou kai xronou
do 60 j=1,m
time(j)=(j-1)*dt)/(24*3600)
60 enddo

xx(1,1)=0
xx(2,1)=0

do 70 e=1,2
```

```
if (e.eq.1) then

do 80 i=2,counter1
xx(e,i)=xx(e,i-1)+dx(e,i-1)
80 enddo

else

do 90 i=2,counter2
xx(e,i)=xx(e,i-1)+dx(e,i-1)
90 enddo

endif

70 enddo

!Metavoli ekswterikis thermokrasias To
do 100 j=1,m
!Xroniko diastima se sec
t1=(j-1)*dt
sum1=0
sum2=0
rewind(10)
rewind(12)

do 110 i=1,3
read(12,*) c(i)
read(10,*) s(i)
110 enddo

do 120 i=1,3
sum1=sum1+c(i)*cos(i*4*atan(4.00)/(24*3600)*(t1-0.5d0*3600))
sum2=sum2+s(i)*sin(i*4*atan(4.00)/(24*3600)*(t1-0.5d0*3600))
120 enddo

To(j)=M_Jul+sum1+sum2
```



```
write(17,*) time(j),To(j)
100 enddo

!Arxiki sunthiki
Ti(1)=20
write(18,*) time(1),Ti(1)

do 150 e=1,2

if (e.eq.1) then

do 160 i=1,counter1
T_hor(1,i)=20
write(14,*) T_hor(1,i)
160 enddo

do 170 i=1,counter1-1
q_hor(1,i)=0
write(16,*) q_hor(1,i)
170 enddo

else

do 180 i=1,counter2
T_toixwn(1,i)=20
write(13,*) T_toixwn(1,i)
180 enddo

do 190 i=1,counter2-1
q_toixwn(1,i)=0
write(15,*) q_toixwn(1,i)
190 enddo

endif

150 enddo
```

```
!Broxos xronikou vimatos fainomenou
```

```
do 200 j=1,m-1
```

```
!Broxos toixou-orofis
```

```
do 210 e=1,2
```

```
if (e.eq.1) then
```

```
!Oriakes sunthikes
```

```
Ap(1)=(ho*dx(e,1))/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))+1
```

```
Ae(1)=-1
```

```
A(1)=(ho*dx(e,1))/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))*To(j)
```

```
Aw(counter1)=-1
```

```
Ap(counter1)=(dx(e,counter1)*hi)/((2*k_e(e,counter1)*(k_e(e,(counter1-1)))/(k_e(e,counter1)+k_e(e,(counter1-1)))))+1
```

```
A(counter1)=(dx(e,counter1)*hi)/((2*k_e(e,counter1)*(k_e(e,(counter1-1)))/(k_e(e,counter1)+k_e(e,(counter1-1)))))*Ti(j)
```

```
!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos
```

```
!Broxos xwrikou vimatos eswterikwn simeiw
```

```
do 220 i=2,counter1-1
```

```
Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx(e,i-1)
```

```
Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx(e,i)
```

```
A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt)*T_hor(j,i)
```

```
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt
```

```
220 enddo
```

```
call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,counter1)
```

```
!Kataxwrisi tw n lusewn tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigma
```

```
do 230 i=1,counter1
```

```
T_hor(j+1,i)=T(i)
```

```
write(14,*) T_hor(j+1,i)
```

```
230 enddo
```

```
!Ypologismos thermorown
```

```

do 240 i=1,counter1-1
q_hor(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))*(T_hor(j+1,i+1)-
T_hor(j+1,i)))/dx(e,i)
write(16,*) q_hor(j+1,i)
240 enddo

else

!Oriakes sunthikes
Ap(1)=(ho*dx(e,1))/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))+1
Ae(1)=-1
A(1)=(ho*dx(e,1))/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))*To(j)
Aw(counter2)=-1
Ap(counter2)=(dx(e,counter2)*hi)/((2*k_e(e,counter2)*k_e(e,(counter2-
1)))/(k_e(e,counter2)+k_e(e,(counter2-1))))+1
A(counter2)=(dx(e,counter2)*hi)/((2*k_e(e,counter2)*k_e(e,(counter2-
1)))/(k_e(e,counter2)+k_e(e,(counter2-1))))*Ti(j)

!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos
!Broxos xwrikou vimatos eswterikwn simeiwv
do 250 i=2,counter2-1
Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx(e,i-1)
Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx(e,i)
A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt)*T_toixwn(j,i)
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt
250 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,counter2)

!Kataxwrisi twv lusewv tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigmi
do 260 i=1,counter2
T_toixwn(j+1,i)=T(i)
write(13,*) T_toixwn(j+1,i)
260 enddo

!Ypologismos thermorown
do 270 i=1,counter2-1

```

```

q_toixwn(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))*(T_toixwn(j+1,i+1)-
T_toixwn(j+1,i)))/dx(e,i)
write(15,*) q_toixwn(j+1,i)
270 enddo

```

```
endif
```

```
210 enddo
```

!Υπολογισμος eswterikis thermokrasias aera

```

Ti(j+1)=((4d0*q_toixwn(j+1,counter2-1)*At+q_hor(j+1,counter1-
1)*Ar)*dt)/(va*da*cpa)+Ti(j)
write(18,*) time(j+1),Ti(j+1)
200 enddo

```

!Kataxwrisi dedomenwn opoiasdipote meras,xronikis stigmis opoioudipote prosanatolismou

```
write(*,*) 'Dwse wra tis imeras(1 ews 24) kai mera(1 ews meres)'
```

```
write(*,*) 'wra='
```

```
read(*,*) wra
```

```
write(*,*) 'mera='
```

```
read(*,*) mera
```

```
write(*,*) 'Dwse toixos i orofi(orofi=1,toixos=2)'
```

```
write(*,*) 'e='
```

```
read(*,*) e
```

```
j=((mera-1)*24*3600+wra*3600)/dt+1
```

```
if (e.eq.1) then
```

```
do 280 i=1,counter1
```

```
write(19,*) xx(e,i),T_hor(j,i)
```

```
280 enddo
```

```
do 290 i=1,counter1-1
```

```
write(20,*) xx(e,i+1),q_hor(j,i)
```

```
290 enddo
```

```
else

do 300 i=1,counter2
write(19,*) xx(e,i),T_toixwn(j,i)
300 enddo

do 310 i=1,counter2-1
write(20,*) xx(e,i+1),q_toixwn(j,i)
310 enddo

endif

end

SUBROUTINE TDMA(A6,B6,C6,R6,X6,N)
! SOLVES A SET OF N LINEAR TRIDIAGONAL EQUATIONS
! A,B,C ARE THE SUB,MAIN AND SUPER DIAGONAL ELEMENTS OF THE
MATRIX
! R THE RIGHT HAND VECTOR OF N ROWS
! X THE SOLUTION VECTOR
! A,B,C AND R VECTORS REMAIN UNCHANGED

      implicit double precision (a-h,o-z)

      DIMENSION GAM(1000),A6(1000),B6(1000),C6(1000),R6(1000),X6(1000)
      BET=B6(1)
      X6(1)=R6(1)/BET
! DECOMPOSITION
      DO 70 J=2,N
      GAM(J)=C6(J-1)/BET
      BET=B6(J)-A6(J)*GAM(J)
      IF(BET.EQ.0) stop 'ALGORITHM FAILS'
      X6(J)=(R6(J)-A6(J)*X6(J-1))/BET
70 CONTINUE
! BACK SUBSTITUTION
```

```
DO 80 J=N-1,1,-1
X6(J)=X6(J)-GAM(J+1)*X6(J+1)
```

```
80 CONTINUE
```

```
RETURN
```

```
END
```

```
program meros_5o_amonwto_ktirio (ΚΩΔΙΚΑΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ 2.6)
```

!Metavatiki monodiasitati agwgi thermotitos se toixo pollwn strwmatwn me oriakes sunthikes sunagwgis,

!metavallomeni eswteriki kai ekswteriki thermokrasia(thermokrasia Athinas gia mina Ioulio)

!se dwmatio me tesseris toixous kai adiavatika monwmeni orofi kai patwma

```
implicit double precision (a-h,o-z)
```

```
dimension To(58000),Aw(100),Ap(100),Ae(100),A(100),d_e(100),cp_e(100),T(100),  
Ti(58000),c(3)
```

```
dimension d(4),cp(4),T_toixwn(58000,100),q_toixwn(58000,100),  
xx(100),time(58000),s(3)
```

```
real,dimension(4)::k,l
```

```
real,dimension(100)::k_e
```

```
real It,M_Jul
```

```
open (1,file='k.txt')
```

```
open (2,file='d.txt')
```

```
open (3,file='cp.txt')
```

```
open (4,file='l.txt')
```

```
open (6,file='S_Jul.txt')
```

```
open (8,file='C_Jul.txt')
```

```
open (9,file='T.dat')
```

```
open (10,file='q.dat')
```

```
open (11,file='To.dat')
```

```
open (12,file='Ti.dat')
```

```
open (13,file='Thermokrasies.dat')
```

```
open (14,file='Thermoroos.dat')
```

```
!Epilogi diastasewn plegmatos
write(*,*) 'Dwse xroniko diastima meletis fainomenou(se meres)'
write(*,*) 'meres='
read(*,*) meres
write(*,*) 'Dwse xroniko vima(se lepta)'
read(*,*) lepta
write(*,*) 'Dwse xwriki diamerisi'
read(*,*) n

!Orismos statherwn
!Paxos toixou
lt=0.22
!Xroniki diarkeia fainomenou
tt=24*3600*meres
!Suntelestes sunagwgis
ho=16
hi=8
!Puknotita aera
da=1.186
!Eidiki thermoxwritikotita aera
cpa=1024
!Diastaseis dwmatiou
mikos=10
platos=10
ypsos=3
!Epifaneia toixwn
At=mikos*ypsos
!Ogkos dwmatiou
va=mikos*platos*ypsos
!Syntelestis M gia Iouliao
M_Jul=28.080
!Xroniko vima
dt=lepta*60
!Arithmos xronikwn komvwn
m=tt/dt+1
!Xwriko vima
```

```
dx=l/(n-1)
```

```
!Kataxwrisi tw n idiotitwn tou toixou analoga me ti xwriki diamerisi
```

```
rewind(1)
```

```
rewind(2)
```

```
rewind(3)
```

```
rewind(4)
```

```
do 10 j=1,4
```

```
read(1,*) k(j)
```

```
read(2,*) d(j)
```

```
read(3,*) cp(j)
```

```
read(4,*) l(j)
```

```
10 enddo
```

```
do 20 i=1,n
```

```
x=(i-1)*dx
```

```
if (x.ge.0.and.x.le.l(1)) then
```

```
k_e(i)=k(1)
```

```
d_e(i)=d(1)
```

```
cp_e(i)=cp(1)
```

```
elseif (x.gt.l(1).and.x.le.(l(1)+l(2))) then
```

```
k_e(i)=k(2)
```

```
d_e(i)=d(2)
```

```
cp_e(i)=cp(2)
```

```
elseif (x.gt.(l(1)+l(2)).and.x.le.(l(1)+l(2)+l(3))) then
```

```
k_e(i)=k(3)
```

```
d_e(i)=d(3)
```

```
cp_e(i)=cp(3)
```

```
else
```

```
k_e(i)=k(4)
```

```
d_e(i)=d(4)
```

```
cp_e(i)=cp(4)
```

```
endif
```

```
20 enddo
```



```
!Kataxwrisi xwrou kai xronou
```

```
do 30 i=1,n
```

```
xx(i)=(i-1)*dx
```

```
30 enddo
```

```
do 40 j=1,m
```

```
time(j)=((j-1)*dt)/(24*3600)
```

```
40 enddo
```

```
!Metavoli ekswterikis thermokrasias To
```

```
do 50 j=1,m
```

```
!Xroniko diastima se sec
```

```
t1=(j-1)*dt
```

```
sum1=0
```

```
sum2=0
```

```
rewind(6)
```

```
rewind(8)
```

```
do 60 i=1,3
```

```
read(8,*) c(i)
```

```
read(6,*) s(i)
```

```
60 enddo
```

```
do 70 i=1,3
```

```
sum1=sum1+c(i)*cos(i*4*atan(4.00)/(24*3600)*(t1-0.5d0*3600))
```

```
sum2=sum2+s(i)*sin(i*4*atan(4.00)/(24*3600)*(t1-0.5d0*3600))
```

```
70 enddo
```

```
To(j)=M_Jul+sum1+sum2
```

```
write(11,*) time(j),To(j)
```

```
50 enddo
```

```
!Arxiki sunthiki
```

```
Ti(1)=20
```

```
write(12,*) time(1),Ti(1)
```

```
do 100 i=1,n
```

```

T_toixwn(1,i)=20
write(9,*) T_toixwn(1,i)
100 enddo

do 110 i=1,n-1
q_toixwn(1,i)=0
write(10,*) q_toixwn(1,i)
110 enddo

!Broxos xronikou vimatos fainomenou
do 120 j=1,m-1

!Oriakes sunthikes
Ap(1)=(ho*dx)/((2*k_e(1)*k_e(2))/(k_e(1)+k_e(2)))+1
Ae(1)=-1
A(1)=(ho*dx)/((2*k_e(1)*k_e(2))/(k_e(1)+k_e(2)))*To(j)
Aw(n)=-1
Ap(n)=(dx*hi)/((2*k_e(n)*k_e(n-1))/(k_e(n)+k_e(n-1)))+1
A(n)=(dx*hi)/((2*k_e(n)*k_e(n-1))/(k_e(n)+k_e(n-1)))*Ti(j)

!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos
!Broxos xwrikou vimatos eswterikwn simeiwv
do 130 i=2,n-1
Aw(i)=-((2*k_e(i)*k_e(i-1))/(k_e(i)+k_e(i-1)))/dx
Ae(i)=-((2*k_e(i)*k_e(i+1))/(k_e(i)+k_e(i+1)))/dx
A(i)=(d_e(i)*cp_e(i)*dx/dt)*T_toixwn(j,i)
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(i)*cp_e(i)*dx/dt
130 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)

!Kataxwrisi twv lusewv tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigmi
do 140 i=1,n
T_toixwn(j+1,i)=T(i)
write(9,*) T_toixwn(j+1,i)
140 enddo

```

```
!Ypologismos thermorown
```

```
do 150 i=1,n-1
q_toixwn(j+1,i)=-(((2*k_e(i)*k_e(i+1))/(k_e(i)+k_e(i+1)))*(T_toixwn(j+1,i+1)-
T_toixwn(j+1,i)))/dx
write(10,*) q_toixwn(j+1,i)
150 enddo
```

```
!Ypologismos eswterikis thermokrasias aera
```

```
Ti(j+1)=(4d0*q_toixwn(j+1,n-1)*At*dt)/(va*da*cpa)+Ti(j)
write(12,*) time(j+1),Ti(j+1)
120 enddo
```

```
!Kataxwrisi dedomenwn opoiasdipote meras,xronikis stigmis
```

```
write(*,*) 'Dwse wra tis imeras(1 ews 24) kai mera(1 ews meres)'
```

```
write(*,*) 'wra='
```

```
read(*,*) wra
```

```
write(*,*) 'mera='
```

```
read(*,*) mera
```

```
j=((mera-1)*24*3600+wra*3600)/dt+1
```

```
do 160 i=1,n
write(13,*) xx(i),T_toixwn(j,i)
160 enddo
```

```
do 170 i=1,n-1
write(14,*) xx(i+1),q_toixwn(j,i)
170 enddo
```

```
end
```

```
SUBROUTINE TDMA(A6,B6,C6,R6,X6,N)
```

```
! SOLVES A SET OF N LINEAR TRIDIAGONAL EQUATIONS
```

```
! A,B,C ARE THE SUB,MAIN AND SUPER DIAGONAL ELEMENTS OF THE
MATRIX
```

! R THE RIGHT HAND VECTOR OF N ROWS

! X THE SOLUTION VECTOR

! A,B,C AND R VECTORS REMAIN UNCHANGED

implicit double precision (a-h,o-z)

DIMENSION GAM(1000),A6(1000),B6(1000),C6(1000),R6(1000),X6(1000)

BET=B6(1)

X6(1)=R6(1)/BET

! DECOMPOSITION

DO 70 J=2,N

GAM(J)=C6(J-1)/BET

BET=B6(J)-A6(J)*GAM(J)

IF(BET.EQ.0) stop 'ALGORITHM FAILS'

X6(J)=(R6(J)-A6(J)*X6(J-1))/BET

70 CONTINUE

! BACK SUBSTITUTION

DO 80 J=N-1,1,-1

X6(J)=X6(J)-GAM(J+1)*X6(J+1)

80 CONTINUE

RETURN

END

program meros_6o_amonwto_ktirio (ΚΩΔΙΚΑΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ 2.6)

!Metavatiki monodiasitati agwgi thermotitos se toixo pollwn strwmatwn me puknwnsi plegmatos stin perioxi tis monwnsis,

!oriakes sunthikes sunagwgis,metavallomeni eswteriki kai ekswteriki thermokrasia(thermokrasia Athinas gia mina Iouliao)

!se dwmatio me tesseriis toixous,orofi kai adiatatika monwmeno patwma

```
implicit double precision (a-h,o-z)
dimension
d_e(2,300),cp_e(2,300),d_t(4),cp_t(4),Ti(58000),To(58000),d_o(2),cp_o(2)
dimension A(300),Aw(300),Ap(300),Ae(300),T(300),xx(2,300),time(58000),s(3),c(3)
dimension T_toixwn(58000,300),T_hor(58000,300),q_toixwn(58000,300),
q_hor(58000,300)
real,dimension(4)::k_t,l_t
real,dimension(2)::k_o,l_o
real,dimension(2,300)::k_e
integer e
real lt,lo,M_Jul
open (1,file='k_t.txt')
open (2,file='d_t.txt')
open (3,file='cp_t.txt')
open (4,file='l_t.txt')
open (5,file='k_o.txt')
open (6,file='d_o.txt')
open (7,file='cp_o.txt')
open (8,file='l_o.txt')
open (10,file='S_Jul.txt')
open (12,file='C_Jul.txt')
open (13,file='T_toixwn.dat')
open (14,file='T_hor.dat')
open (15,file='q_toixwn.dat')
open (16,file='q_hor.dat')
open (17,file='To.dat')
open (18,file='Ti.dat')
open (19,file='Thermokrasies.dat')
open (20,file='Thermoroos.dat')

!Epilogi diastasewn plegmatos
write(*,*) 'Dwse xroniko diastima meletis fainomenou(se meres)'
write(*,*) 'meres='
read(*,*) meres
write(*,*) 'Dwse xroniko vima(se lepta)'
read(*,*) lepta
write(*,*) 'Dwse arithmo komvwn omoiomorfou plegmatos'
```

```
read(*,*) n
```

```
!Orismos statherwn
```

```
!Paxos ekswterikwn toixwn
```

```
lt=0.22
```

```
!Paxos orofis
```

```
lo=0.155
```

```
!Xroniki diarkeia fainomenou
```

```
tt=24*3600*meres
```

```
!Suntelestes sunagwgis
```

```
ho=16
```

```
hi=8
```

```
!Puknotita aera
```

```
da=1.186
```

```
!Eidiki thermoxwritikotita aera
```

```
cpa=1024
```

```
!Diastaseis dwmatiou
```

```
mikos=10
```

```
platos=10
```

```
ypsos=3
```

```
!Epifaneia ekswterikwn toixwn
```

```
At=mikos*ypsos
```

```
!Epifaneia orofis
```

```
Ar=mikos*platos
```

```
!Ogkos dwmatiou
```

```
va=mikos*platos*ypsos
```

```
!Syntelestis M gia Ianouario Ioulio
```

```
M_Jan=9.384
```

```
M_Jul=28.080
```

```
!Xroniko vima
```

```
dt=lepta*60
```

```
!Xwriko vima omoiomorfou plegmatos
```

```
!Toixwn
```

```
dx_t=lt/(n-1)
```

```
!Orofis
```

```
dx_o=lo/(n-1)
```

```
!Arithmos xronikwm komvwn
```

```
m=tt/dt+1
```

```
!Kataxwrisi twn idiotitwn tou toixou analoga me ti xwriki diamerisi
```

```
rewind(1)
```

```
rewind(2)
```

```
rewind(3)
```

```
rewind(4)
```

```
rewind(5)
```

```
rewind(6)
```

```
rewind(7)
```

```
rewind(8)
```

```
do 10 e=1,2
```

```
if (e.eq.1) then
```

```
do 20 j=1,2
```

```
read(5,*) k_o(j)
```

```
read(6,*) d_o(j)
```

```
read(7,*) cp_o(j)
```

```
read(8,*) l_o(j)
```

```
20 enddo
```

```
do 30 i=1,n
```

```
x=(i-1)*dx_o
```

```
if (x.ge.0.and.x.le.l_o(1)) then
```

```
k_e(e,i)=k_o(1)
```

```
d_e(e,i)=d_o(1)
```

```
cp_e(e,i)=cp_o(1)
```

```
elseif (x.gt.l_o(1).and.x.le.lo) then
```

```
k_e(e,i)=k_o(2)
```

```
d_e(e,i)=d_o(2)
```

```
cp_e(e,i)=cp_o(2)
```

```
endif
```

```
30 enddo
```

```
else

do 40 j=1,4
read(1,*) k_t(j)
read(2,*) d_t(j)
read(3,*) cp_t(j)
read(4,*) l_t(j)
40 enddo

do 50 i=1,n
x=(i-1)*dx_t
if (x.ge.0.and.x.le.l_t(1)) then
k_e(e,i)=k_t(1)
d_e(e,i)=d_t(1)
cp_e(e,i)=cp_t(1)
elseif (x.gt.l_t(1).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2))) then
k_e(e,i)=k_t(2)
d_e(e,i)=d_t(2)
cp_e(e,i)=cp_t(2)
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3))) then
k_e(e,i)=k_t(3)
d_e(e,i)=d_t(3)
cp_e(e,i)=cp_t(3)
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)).and.x.le.lt) then
k_e(e,i)=k_t(4)
d_e(e,i)=d_t(4)
cp_e(e,i)=cp_t(4)
endif

50 enddo

endif

10 enddo

!Kataxwrisi xwrou kai xronou
```



```
do 60 j=1,m
time(j)=((j-1)*dt)/(24*3600)
60 enddo

do 70 e=1,2

if (e.eq.1) then

do 80 i=1,n
xx(e,i)=(i-1)*dx_o
80 enddo

else

do 90 i=1,n
xx(e,i)=(i-1)*dx_t
90 enddo

endif

70 enddo

!Metavoli ekswterikis thermokrasias To
do 100 j=1,m
!Xroniko diastima se sec
t1=(j-1)*dt
sum1=0
sum2=0
rewind(10)
rewind(12)

do 110 i=1,3
read(12,*) c(i)
read(10,*) s(i)
110 enddo

do 120 i=1,3
```

```

sum1=sum1+c(i)*cos(i*4*atan(4.00)/(24*3600)*(t1-0.5d0*3600))
sum2=sum2+s(i)*sin(i*4*atan(4.00)/(24*3600)*(t1-0.5d0*3600))
120 enddo

```

```

To(j)=M_Jul+sum1+sum2
write(17,*) time(j),To(j)
100 enddo

```

!Arxiki sunthiki

```

Ti(1)=20
write(18,*) time(1),Ti(1)

```

```

do 160 i=1,n
T_toixwn(1,i)=20
write(13,*) T_toixwn(1,i)
T_hor(1,i)=20
write(14,*) T_hor(1,i)
160 enddo

```

```

do 170 i=1,n-1
q_toixwn(1,i)=0
write(15,*) q_toixwn(1,i)
q_hor(1,i)=0
write(16,*) q_hor(1,i)
170 enddo

```

!Broxos xronikou vimatos fainomenou

```

do 200 j=1,m-1

```

!Broxos toixou-orofis

```

do 210 e=1,2

```

```

if (e.eq.1) then

```

!Oriakes sunthikes

```

Ap(1)=(ho*dx_o)/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))+1
Ae(1)=-1

```

```

A(1)=(ho*dx_o)/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))*To(j)
Aw(n)=-1
Ap(n)=(dx_o*hi)/((2*k_e(e,n)*k_e(e,(n-1)))/(k_e(e,n)+k_e(e,(n-1))))+1
A(n)=(dx_o*hi)/((2*k_e(e,n)*k_e(e,(n-1)))/(k_e(e,n)+k_e(e,(n-1))))*Ti(j)

```

!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos

!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiw

```

do 220 i=2,n-1
Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx_o
Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx_o
A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_o/dt)*T_hor(j,i)
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_o/dt
220 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)

```

!Kataxwrisi tw

```

do 230 i=1,n
T_hor(j+1,i)=T(i)
write(14,*) T_hor(j+1,i)
230 enddo

```

!Ypologismos thermorown

```

do 240 i=1,n-1
q_hor(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))*(T_hor(j+1,i+1)-
T_hor(j+1,i)))/dx_o
write(16,*) q_hor(j+1,i)
240 enddo

```

else

!Oriakes sunthikes

```

Ap(1)=(ho*dx_t)/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))+1
Ae(1)=-1
A(1)=(ho*dx_t)/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))*To(j)
Aw(n)=-1

```

```

Ap(n)=(dx_t*hi)/((2*k_e(e,n)*(k_e(e,(n-1))))/(k_e(e,n)+k_e(e,(n-1))))+1
A(n)=(dx_t*hi)/((2*k_e(e,n)*(k_e(e,(n-1))))/(k_e(e,n)+k_e(e,(n-1))))*Ti(j)

```

!Υπολογισμος suntelestwn tridiagwniou sustimatos

!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiwvn

```

do 250 i=2,n-1
Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx_t
Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx_t
A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_t/dt)*T_toixwn(j,i)
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*dx_t/dt
250 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)

```

!Kataxwrisi twv lusewn tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigmh

```

do 260 i=1,n
T_toixwn(j+1,i)=T(i)
write(13,*) T_toixwn(j+1,i)
260 enddo

```

!Υπολογισμος thermorown

```

do 270 i=1,n-1
q_toixwn(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))*(T_toixwn(j+1,i+1)-
T_toixwn(j+1,i)))/dx_t
write(15,*) q_toixwn(j+1,i)
270 enddo

```

endif

210 enddo

!Υπολογισμος eswterikis thermokrasias aera

```

Ti(j+1)=((4d0*q_toixwn(j+1,n-1)*At+q_hor(j+1,n-1)*Ar)*dt)/(va*da*cpa)+Ti(j)
write(18,*) time(j+1),Ti(j+1)

```

```
200 enddo

!Kataxwrisi dedomenwn opoiasdipote meras,xronikis stigmis opoioudipote
prosanatolismou
write(*,*) 'Dwse wra tis imeras(1 ews 24) kai mera(1 ews meres)'
write(*,*) 'wra='
read(*,*) wra
write(*,*) 'mera='
read(*,*) mera
write(*,*) 'Dwse toixos i orofi(orofi=1,toixos=2)'
write(*,*) 'e='
read(*,*) e
j=((mera-1)*24*3600+wra*3600)/dt+1

if (e.eq.2) then

do 280 i=1,n
write(19,*) xx(e,i),T_toixwn(j,i)
280 enddo

do 290 i=1,n-1
write(20,*) xx(e,i+1),q_toixwn(j,i)
290 enddo

else

do 300 i=1,n
write(19,*) xx(e,i),T_hor(j,i)
300 enddo

do 310 i=1,n-1
write(20,*) xx(e,i+1),q_hor(j,i)
310 enddo

endif
```

```
end

SUBROUTINE TDMA(A6,B6,C6,R6,X6,N)
! SOLVES A SET OF N LINEAR TRIDIAGONAL EQUATIONS
! A,B,C ARE THE SUB,MAIN AND SUPER DIAGONAL ELEMENTS OF THE
MATRIX
! R THE RIGHT HAND VECTOR OF N ROWS
! X THE SOLUTION VECTOR
! A,B,C AND R VECTORS REMAIN UNCHANGED

      implicit double precision (a-h,o-z)

      DIMENSION GAM(1000),A6(1000),B6(1000),C6(1000),R6(1000),X6(1000)
      BET=B6(1)
      X6(1)=R6(1)/BET
! DECOMPOSITION
      DO 70 J=2,N
      GAM(J)=C6(J-1)/BET
      BET=B6(J)-A6(J)*GAM(J)
      IF(BET.EQ.0) stop 'ALGORITHM FAILS'
      X6(J)=(R6(J)-A6(J)*X6(J-1))/BET
70 CONTINUE
! BACK SUBSTITUTION

      DO 80 J=N-1,1,-1
      X6(J)=X6(J)-GAM(J+1)*X6(J+1)

80 CONTINUE

      RETURN
      END
```

```
program meros_7o (ΚΩΔΙΚΑΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ 2.8)
```

!Metavatiki monodiasitati agwgi thermotitos se toixo pollwn strwmatwn me puknwnsi plegmatos stin perioxi tis monwnsis,
!oriakes sunthikes sunagwgis,metavallomeni eswteriki kai ekswteriki thermokrasia(thermokrasia Athinas gia mina Iouliao
!sumperilamvanomenis kai tis hliakis aktinovolias) se dwmatio me tesseris toixous(prosanatolismou voriou,
!notiou,anatolikou,dutikou antistoixa),orofi kai adiavatika monwmeno patwma

```
implicit double precision (a-h,o-z)
dimension dx(2,300),d_e(2,300),cp_e(2,300),d_t(5),cp_t(5),Ti(58000),To(58000)
dimension A(300),Aw(300),Ap(300),Ae(300),T(300),xx(2,300),
time(58000),s(3),c(3),SHGF(58000),Te(5,58000)
dimension T_n(58000,300),T_s(58000,300),T_e(58000,300),
T_w(58000,300),T_hor(58000,300)
dimension q_n(58000,300),q_s(58000,300),q_e(58000,300),
q_w(58000,300),q_hor(58000,300)
dimension d_o(6),cp_o(6)
real,dimension(2,300)::k_e
real,dimension(6)::k_o,l_o
real,dimension(5)::k_t,l_t
integer counter1,counter2,e
real lt,lo,M_Jul
open (1,file='k_t.txt')
open (2,file='d_t.txt')
open (3,file='cp_t.txt')
open (4,file='l_t.txt')
open (5,file='k_o.txt')
open (6,file='d_o.txt')
open (7,file='cp_o.txt')
open (8,file='l_o.txt')
open (10,file='S_Jul.txt')
open (12,file='C_Jul.txt')
open (18,file='SHGF_NJul.dat')
open (19,file='SHGF_SJul.dat')
open (20,file='SHGF_EJul.dat')
open (21,file='SHGF_WJul.dat')
```

```
open (22,file='SHGF_HORJul.dat')
open (23,file='T_north.dat')
open (24,file='T_south.dat')
open (25,file='T_east.dat')
open (26,file='T_west.dat')
open (27,file='T_hor.dat')
open (28,file='q_north.dat')
open (29,file='q_south.dat')
open (30,file='q_east.dat')
open (31,file='q_west.dat')
open (32,file='q_hor.dat')
open (33,file='To.dat')
open (34,file='Ti.dat')
open (35,file='Thermokrasies.dat')
open (36,file='Thermoroos.dat')

!Epilogi diastasewn plegmatos
write(*,*) 'Dwse xroniko diastima meletis fainomenou(se meres)'
write(*,*) 'meres='
read(*,*) meres
write(*,*) 'Dwse xroniko vima(se lepta)'
read(*,*) lepta
write(*,*) 'Dwse arithmo komvwn omoiomorfou plegmatos'
read(*,*) n
write(*,*) 'Dwse pou ksekinaei kai pou teleiwnei to strwma pou thes na exeis
puknwnsi plegmatos stous tesseris toixous'
write(*,*) 'Arxi_toixou='
read(*,*) arxi_toixou
write(*,*) 'Telos_toixou='
read(*,*) telos_toixou
write(*,*) 'Dwse pou ksekinaei kai pou teleiwnei to strwma pou thes na exeis
puknwnsi plegmatos stin orofi'
write(*,*) 'Arxi_orofis='
read(*,*) arxi_orofis
write(*,*) 'Telos_orofis='
read(*,*) telos_orofis
write(*,*) 'Dwse suntelesti puknwnsis plegmatos'
```



```
read(*,*) f
```

```
!Orismos statherwn
```

```
!Paxos ekswterikwn toixwn
```

```
lt=0.26
```

```
!Paxos orofis
```

```
lo=0.365
```

```
!Xroniki diarkeia fainomenou
```

```
tt=24*3600*meres
```

```
!Suntelestes sunagwgis
```

```
ho=16
```

```
hi=8
```

```
!Puknotita aera
```

```
da=1.186
```

```
!Eidiki thermoxwritikotita aera
```

```
cpa=1024
```

```
!Diasaseis dwmatiou
```

```
mikos=10
```

```
platos=10
```

```
ypsos=3
```

```
!Epifaneia ekswterikwn toixwn
```

```
At=mikos*ypsos
```

```
!Epifaneia orofis
```

```
Ar=mikos*platos
```

```
!Ogkos dwmatiou
```

```
va=mikos*platos*ypsos
```

```
!Syntelestis M gia Ioulia
```

```
M_Jul=28.080
```

```
!Xroniko vima
```

```
dt=lepta*60
```

```
!Xwriko vima omoiomorfou plegmatos
```

```
!Toixwn
```

```
dx_t=lt/(n-1)
```

```
!Orofis
```

```
dx_o=lo/(n-1)
```

```
!Arithmos xronikwm komvwn
```

```
m=tt/dt+1
```

```
!Metritis komwn xwriku plegmatos orofis
counter1=0
!Metritis komwn xwriku plegmatos ekswterikwn toixwn
counter2=0

!Puknwnsi plegmatos kai kataxwrisi tw n idiotitwn tou toixou analoga me ti xwriki
diamerisi
rewind(1)
rewind(2)
rewind(3)
rewind(4)
rewind(5)
rewind(6)
rewind(7)
rewind(8)

do 10 e=1,2

if (e.eq.1) then
x=0

do 20 j=1,6
read(5,*) k_o(j)
read(6,*) d_o(j)
read(7,*) cp_o(j)
read(8,*) l_o(j)
20 enddo

do 30 i=1,1000

if (x.le.lo) then

if (x.ge.arxi_orofis.and.x.le.telos_orofis) then
dx(e,i)=lo/(n-1)*f
else
dx(e,i)=lo/(n-1)
endif
```

```
counter1=counter1+1

if (x.ge.0.and.x.le.l_o(1)) then
k_e(e,i)=k_o(1)
d_e(e,i)=d_o(1)
cp_e(e,i)=cp_o(1)
elseif (x.gt.l_o(1).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2))) then
k_e(e,i)=k_o(2)
d_e(e,i)=d_o(2)
cp_e(e,i)=cp_o(2)
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3))) then
k_e(e,i)=k_o(3)
d_e(e,i)=d_o(3)
cp_e(e,i)=cp_o(3)
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4))) then
k_e(e,i)=k_o(4)
d_e(e,i)=d_o(4)
cp_e(e,i)=cp_o(4)
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4)).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4)+l_o(5)))
then
k_e(e,i)=k_o(5)
d_e(e,i)=d_o(5)
cp_e(e,i)=cp_o(5)
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4)+l_o(5)).and.x.le.lo) then
k_e(e,i)=k_o(6)
d_e(e,i)=d_o(6)
cp_e(e,i)=cp_o(6)
endif

x=x+dx(e,i)
else
exit
endif

30 enddo
```

```
else
x=0

do 40 j=1,5
read(1,*) k_t(j)
read(2,*) d_t(j)
read(3,*) cp_t(j)
read(4,*) l_t(j)
40 enddo

do 50 i=1,1000

if (x.le.lt) then

if (x.ge.arxi_toixou.and.x.le.telos_toixou) then
dx(e,i)=lt/(n-1)*f
else
dx(e,i)=lt/(n-1)
endif

counter2=counter2+1

if (x.ge.0.and.x.le.l_t(1)) then
k_e(e,i)=k_t(1)
d_e(e,i)=d_t(1)
cp_e(e,i)=cp_t(1)
elseif (x.gt.l_t(1).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2))) then
k_e(e,i)=k_t(2)
d_e(e,i)=d_t(2)
cp_e(e,i)=cp_t(2)
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3))) then
k_e(e,i)=k_t(3)
d_e(e,i)=d_t(3)
cp_e(e,i)=cp_t(3)
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)+l_t(4))) then
k_e(e,i)=k_t(4)
d_e(e,i)=d_t(4)
```

```
cp_e(e,i)=cp_t(4)
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)+l_t(4)).and.x.le.lt) then
k_e(e,i)=k_t(5)
d_e(e,i)=d_t(5)
cp_e(e,i)=cp_t(5)
endif

x=x+dx(e,i)
else
exit
endif

50 enddo

endif

10 enddo

!Kataxwrisi xwrou kai xronou

do 60 j=1,m
time(j)=((j-1)*dt)/(24*3600)
60 enddo

xx(1,1)=0
xx(2,1)=0

do 70 e=1,2

if (e.eq.1) then

do 80 i=2,counter1
xx(e,i)=xx(e,i-1)+dx(e,i-1)
80 enddo
```

```
else

do 90 i=2,counter2
xx(e,i)=xx(e,i-1)+dx(e,i-1)
90 enddo

endif

70 enddo

!Metavoli ekswterikis thermokrasias To

do 100 j=1,m

!Xroniko diastima se sec
t1=(j-1)*dt
sum1=0
sum2=0
rewind(10)
rewind(12)

do 110 i=1,3
read(12,*) c(i)
read(10,*) s(i)
110 enddo

do 120 i=1,3
sum1=sum1+c(i)*cos(i*4*atan(4.00)/(24*3600)*(t1-0.5d0*3600))
sum2=sum2+s(i)*sin(i*4*atan(4.00)/(24*3600)*(t1-0.5d0*3600))
120 enddo

To(j)=M_Jul+sum1+sum2
write(33,*) time(j),To(j)
100 enddo

!Ypologismos isodynamis thermokrasia iliou-aeros
rewind(18)
```

```
rewind(19)
rewind(20)
rewind(21)
rewind(22)
!Broxos prosanatolismou(p=1 north,p=2,south,p=3 east,p=4 west,p=5 hor)

do 150 p=1,5

if (p.eq.1) then

do 160 j=1,m
read(18,*) SHGF(j)
160 enddo

do 170 j=1,m
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)
170 enddo

elseif (p.eq.2) then

do 180 j=1,m
read(19,*) SHGF(j)
180 enddo

do 190 j=1,m
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)
190 enddo

elseif (p.eq.3) then

do 200 j=1,m
read(20,*) SHGF(j)
200 enddo
```

```
do 210 j=1,m
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)
210 enddo

elseif (p.eq.4) then

do 220 j=1,m
read(21,*) SHGF(j)
220 enddo

do 230 j=1,m
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)
230 enddo

else

do 240 j=1,m
read(22,*) SHGF(j)
240 enddo

do 250 j=1,m
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)-3.9
250 enddo

endif

150 enddo

!Arxiki sunthiki
Ti(1)=20
write(34,*) time(1),Ti(1)
do 370 p=1,5

if (p.ge.1.and.p.le.4) then

do 380 i=1,counter2
T_n(1,i)=20
```



```
T_s(1,i)=20
T_e(1,i)=20
T_w(1,i)=20
write(23,*) T_n(1,i)
write(24,*) T_s(1,i)
write(25,*) T_e(1,i)
write(26,*) T_w(1,i)
380 enddo

do 390 i=1,counter2-1
q_n(1,i)=0
q_s(1,i)=0
q_e(1,i)=0
q_w(1,i)=0
write(28,*) q_n(1,i)
write(29,*) q_s(1,i)
write(30,*) q_e(1,i)
write(31,*) q_w(1,i)
390 enddo

else

do 400 i=1,counter1
T_hor(1,i)=20
write(27,*) T_hor(1,i)
400 enddo

do 410 i=1,counter1-1
q_hor(1,i)=0
write(32,*) q_hor(1,i)
410 enddo

endif

370 enddo
```

!Broxos xronikou vimatou fainomenou

```

do 420 j=1,m-1
!Broxos prosanatolismou(p=1 north,p=2,south,p=3 east,p=4 west,p=5 hor)

do 430 p=1,5

if (p.ge.1.and.p.le.4) then
e=2

!Oriakes sunthikes
Ap(1)=(ho*dx(e,1))/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))+1
Ae(1)=-1
A(1)=(ho*dx(e,1))/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))*Te(p,j)
Aw(counter2)=-1
Ap(counter2)=(dx(e,counter2)*hi)/((2*k_e(e,counter2)*(k_e(e,(counter2-1))))/(k_e(e,counter2)+k_e(e,(counter2-1))))+1
A(counter2)=(dx(e,counter2)*hi)/((2*k_e(e,counter2)*(k_e(e,(counter2-1))))/(k_e(e,counter2)+k_e(e,(counter2-1))))*Ti(j)

if (p.eq.1) then
!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos
!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiwvn

do 440 i=2,counter2-1
Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx(e,i-1)
Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx(e,i)
A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt)*T_n(j,i)
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt
440 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,counter2)

elseif (p.eq.2) then

!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos
!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiwvn
do 450 i=2,counter2-1

```

```

Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx(e,i-1)
Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx(e,i)
A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt)*T_s(j,i)
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt
450 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,counter2)
elseif (p.eq.3) then

!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos
!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiwvn

do 460 i=2,counter2-1
Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx(e,i-1)
Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx(e,i)
A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt)*T_e(j,i)
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt
460 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,counter2)
else

!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos
!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiwvn

do 470 i=2,counter2-1
Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx(e,i-1)
Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx(e,i)
A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt)*T_w(j,i)
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt
470 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,counter2)
endif

!Kataxwrisi twvn lusewn tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigmi

```

```
do 480 i=1,counter2
```

```
if (p.eq.1) then
```

```
T_n(j+1,i)=T(i)
```

```
write(23,*) T_n(j+1,i)
```

```
elseif (p.eq.2) then
```

```
T_s(j+1,i)=T(i)
```

```
write(24,*) T_s(j+1,i)
```

```
elseif (p.eq.3) then
```

```
T_e(j+1,i)=T(i)
```

```
write(25,*) T_e(j+1,i)
```

```
else
```

```
T_w(j+1,i)=T(i)
```

```
write(26,*) T_w(j+1,i)
```

```
endif
```

```
480 enddo
```

!Υπολογισμος thermorown

```
do 490 i=1,counter2-1
```

```
if (p.eq.1) then
```

```
q_n(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))*(T_n(j+1,i+1)-  
T_n(j+1,i)))/dx(e,i)
```

```
write(28,*) q_n(j+1,i)
```

```
if (i.eq.counter2-1) then
```

```
q1=q_n(j+1,i)
```

```
endif
```

```
elseif (p.eq.2) then
```

```
q_s(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))*(T_s(j+1,i+1)-  
T_s(j+1,i)))/dx(e,i)
```

```

write(29,*) q_s(j+1,i)

if (i.eq.counter2-1) then
q2=q_s(j+1,i)
endif

elseif (p.eq.3) then
q_e(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))*(T_e(j+1,i+1)-
T_e(j+1,i)))/dx(e,i)
write(30,*) q_e(j+1,i)

if (i.eq.counter2-1) then
q3=q_e(j+1,i)
endif

else
q_w(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))*(T_w(j+1,i+1)-
T_w(j+1,i)))/dx(e,i)
write(31,*) q_w(j+1,i)

if (i.eq.counter2-1) then
q4=q_w(j+1,i)
endif

endif
490 enddo

else
e=1

!Oriakes sunthikes
Ap(1)=(ho*dx(e,1))/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))+1
Ae(1)=-1
A(1)=(ho*dx(e,1))/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))*Te(p,j)
Aw(counter1)=-1
Ap(counter1)=(dx(e,counter1)*hi)/((2*k_e(e,counter1)*k_e(e,(counter1-
1)))/(k_e(e,counter1)+k_e(e,(counter1-1)))+1

```

```
A(counter1)=(dx(e,counter1)*hi)/((2*k_e(e,counter1)*(k_e(e,(counter1-1))))/(k_e(e,counter1)+k_e(e,(counter1-1))))*Ti(j)
```

```
!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos
```

```
!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiw
```

```
do 500 i=2,counter1-1
```

```
Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx(e,i-1)
```

```
Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx(e,i)
```

```
A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt)*T_hor(j,i)
```

```
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt
```

```
500 enddo
```

```
call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,counter1)
```

```
!Kataxwrisi tw n lusewn tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigm
```

```
do 510 i=1,counter1
```

```
T_hor(j+1,i)=T(i)
```

```
write(27,*) T_hor(j+1,i)
```

```
510 enddo
```

```
!Ypologismos thermorown
```

```
do 520 i=1,counter1-1
```

```
q_hor(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))*(T_hor(j+1,i+1)-T_hor(j+1,i)))/dx(e,i)
```

```
write(32,*) q_hor(j+1,i)
```

```
520 enddo
```

```
q5=q_hor(j+1,counter1-1)
```

```
endif
```

```
430 enddo
```

```
!Ypologismos eswterikis thermokrasias aera
```

```
Ti(j+1)=(((q1+q2+q3+q4)*At+q5*Ar)*dt)/(va*da*cpa)+Ti(j)
```

```
write(34,*) time(j+1),Ti(j+1)
```

```
420 enddo

!Kataxwrisi dedomenwn opoiasdipote meras,xronikis stigmis opoioudipote
prosanatolismou
write(*,*) 'Dwse wra tis imeras(1 ews 24) kai mera(1 ews meres)'
write(*,*) 'wra='
read(*,*) wra
write(*,*) 'mera='
read(*,*) mera
write(*,*) 'Dwse prosanatolismo (p=1 north,p=2 south,p=3 east,p=4 west,p=5
hor)'
write(*,*) 'pros='
read(*,*) p
j=((mera-1)*24*3600+wra*3600)/dt+1

if (p.eq.1) then
e=2
do 530 i=1,counter2
write(35,*) xx(e,i),T_n(j,i)
530 enddo

do 540 i=1,counter2-1
write(36,*) xx(e,i+1),q_n(j,i)
540 enddo

elseif (p.eq.2) then
e=2

do 550 i=1,counter2
write(35,*) xx(e,i),T_s(j,i)
550 enddo

do 560 i=1,counter2-1
write(36,*) xx(e,i+1),q_s(j,i)
560 enddo

elseif (p.eq.3) then
```

```
e=2

do 570 i=1,counter2
write(35,*) xx(e,i),T_e(j,i)
570 enddo

do 580 i=1,counter2-1
write(36,*) xx(e,i+1),q_e(j,i)
580 enddo

elseif (p.eq.4) then
e=2

do 590 i=1,counter2
write(35,*) xx(e,i),T_w(j,i)
590 enddo

do 600 i=1,counter2-1
write(36,*) xx(e,i+1),q_w(j,i)
600 enddo

else
e=1

do 610 i=1,counter1
write(35,*) xx(e,i),T_hor(j,i)
610 enddo
do 620 i=1,counter1-1
write(36,*) xx(e,i+1),q_hor(j,i)
620 enddo
endif
end

SUBROUTINE TDMA(A6,B6,C6,R6,X6,N)
! SOLVES A SET OF N LINEAR TRIDIAGONAL EQUATIONS
! A,B,C ARE THE SUB,MAIN AND SUPER DIAGONAL ELEMENTS OF THE
MATRIX
```



```

! R THE RIGHT HAND VECTOR OF N ROWS
! X THE SOLUTION VECTOR
! A,B,C AND R VECTORS REMAIN UNCHANGED
  implicit double precision (a-h,o-z)
  DIMENSION GAM(1000),A6(1000),B6(1000),C6(1000),R6(1000),X6(1000)
  BET=B6(1)
  X6(1)=R6(1)/BET
! DECOMPOSITION
  DO 70 J=2,N
  GAM(J)=C6(J-1)/BET
  BET=B6(J)-A6(J)*GAM(J)
  IF(BET.EQ.0) stop 'ALGORITHM FAILS'
  X6(J)=(R6(J)-A6(J)*X6(J-1))/BET
70 CONTINUE
! BACK SUBSTITUTION

  DO 80 J=N-1,1,-1
  X6(J)=X6(J)-GAM(J+1)*X6(J+1)

80 CONTINUE

  RETURN
  END

program Ypologismos_shgf (ΚΩΔΙΚΑΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ 2.8)

!Algorithmos ypologismou tou paragonta iliakou thermikou kerdous xrisimopoiwntas
!methodo grammikis paremvolis

implicit double precision(a-h,o-z)

dimension SHGF(58000),SHGF_loulios(5,25)
open(7,file='SHGF_loulios.txt')
open(8,file='SHGF_NJul.dat')
open(9,file='SHGF_SJul.dat')

```

```
open(10,file='SHGF_EJul.dat')
open(11,file='SHGF_WJul.dat')
open(12,file='SHGF_HOR.dat')
write(*,*) 'Dwse xroniko vima(se lepta)'
read(*,*) lepta
write(*,*) 'Dwse meres upologismou'
read(*,*) meres
tt=meres*24*3600
dt=lepta*60
m=tt/dt+1
rewind(1)
rewind(7)

do 10 p=1,5

do 20 h=1,25
read(7,*) SHGF_loulios(p,h)
20 enddo

10 enddo

!Broxos prosanatolismou(p=1 north,p=2,south,p=3 east,p=4 west,p=5 hor)

do 40 p=1,5
counter=0
!Broxos imerwn
do 50 k=1,meres
!Broxos wrwn imeras

do 60 h=2,25
!Broxos xronikou vimatou

do 70 j=1,3600/dt
counter=counter+1
t1=(j-1)*dt
!Pososto tis wras pou exoume dianusei
f=t1/(3600)
```

```
!Tupos grammikis parremvolis
```

```
SHGF(counter)=f*SHGF_loulios(p,h)+(1-f)*SHGF_loulios(p,h-1)
```

```
70 enddo
```

```
60 enddo
```

```
50 enddo
```

```
!Kataxwrisi apotelesmatwn
```

```
do 80 j=1,m-1
```

```
if (p.eq.1) then
```

```
write(8,*) SHGF(j)
```

```
elseif (p.eq.2) then
```

```
write(9,*) SHGF(j)
```

```
elseif (p.eq.3) then
```

```
write(10,*) SHGF(j)
```

```
elseif (p.eq.4) then
```

```
write(11,*) SHGF(j)
```

```
else
```

```
write(12,*) SHGF(j)
```

```
endif
```

```
80 enddo
```

```
40 enddo
```

```
SHGF(m)=0
```

```
write(8,*) SHGF(m)
```

```
write(9,*) SHGF(m)
```

```
write(10,*) SHGF(m)
```

```
write(11,*) SHGF(m)
```

```
write(12,*) SHGF(m)
```

```
end
```

```

program meros_8o      (ΚΩΔΙΚΑΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ 2.9)
!Metavatiki monodiasitati agwgi thermotitos se toixo pollwn strwmatwn me puknwnsi
plegmatos stin perioxi tis monwnsis,
!oriakes sunthikes sunagwgis,metavallomeni eswteriki kai ekswteriki
thermokrasia(thermokrasia Athinas gia mina loulio
! sumperilamvanomenis kai tis hliakis aktinovolias) se dwmatio me tesseriis
toixous(prosanatolismou voriou,
!notiou,anatolikou,dutikou antistoixa),orofi,adiavatika monwmeno patwma kai
eswterikous toixous sunolikis epifaneias
!60 tetragwnikwn metrwn

implicit double precision (a-h,o-z)
dimension dx(2,300),d_e(2,300),cp_e(2,300),d_t(5),cp_t(5),Ti(58000),To(58000)
dimension A(300),Aw(300),Ap(300),Ae(300),T(300),xx(2,300),time(58000),s(3),c(3),
SHGF(58000),Te(5,58000)
dimension d_p(300),cp_p(300),T_n(58000,300),T_s(58000,300),T_e(58000,300),
T_w(58000,300),T_hor(58000,300)
dimension T_eswt(58000,300),q_n(58000,300),q_s(58000,300),q_e(58000,300),
q_w(58000,300),q_hor(58000,300)
dimension q_eswt(58000,300),d_o(6),cp_o(6),x_p(300)
real,dimension(2,300)::k_e
real,dimension(300)::k_p
real,dimension(6)::k_o,l_o
real,dimension(5)::k_t,l_t
integer counter1,counter2,e
real lt,lo,M_Jul,lp
open (1,file='k_t.txt')
open (2,file='d_t.txt')
open (3,file='cp_t.txt')
open (4,file='l_t.txt')
open (5,file='k_o.txt')
open (6,file='d_o.txt')
open (7,file='cp_o.txt')
open (8,file='l_o.txt')

```

```
open (9,file='k_p.txt')
open (10,file='d_p.txt')
open (11,file='cp_p.txt')
open (12,file='l_p.txt')
open (14,file='S_Jul.txt')
open (16,file='C_Jul.txt')
open (22,file='SHGF_NJul.dat')
open (23,file='SHGF_SJul.dat')
open (24,file='SHGF_EJul.dat')
open (25,file='SHGF_WJul.dat')
open (26,file='SHGF_HORJul.dat')
open (27,file='T_north.dat')
open (28,file='T_south.dat')
open (29,file='T_east.dat')
open (30,file='T_west.dat')
open (31,file='T_hor.dat')
open (32,file='T_eswterikwn.dat')
open (33,file='q_north.dat')
open (34,file='q_south.dat')
open (35,file='q_east.dat')
open (36,file='q_west.dat')
open (37,file='q_hor.dat')
open (38,file='q_eswt.dat')
open (39,file='To.dat')
open (40,file='Ti.dat')
open (41,file='Thermokrasies.dat')
open (42,file='Thermoroos.dat')
open (43,file='Thermokrasies_eswt.dat')
open (44,file='Thermoroos_eswt.dat')

!Epilogi diastasewn plegmatos
write(*,*) 'Dwse xroniko diastima meletis fainomenou(se meres)'
write(*,*) 'meres='
read(*,*) meres
write(*,*) 'Dwse xroniko vima(se lepta)'
read(*,*) lepta
write(*,*) 'Dwse arithmo komvwn omoiomorfou plegmatos'
```

```
read(*,*) n
write(*,*) 'Dwse pou ksekinai kai pou teleiwnei to strwma pou thes na exeis
puknwnsi plegmatos stous tesseris toixous'
write(*,*) 'Arxi_toixou='
read(*,*) arxi_toixou
write(*,*) 'Telos_toixou='
read(*,*) telos_toixou
write(*,*) 'Dwse pou ksekinai kai pou teleiwnei to strwma pou thes na exeis
puknwnsi plegmatos stin orofi'
write(*,*) 'Arxi_orofis='
read(*,*) arxi_orofis
write(*,*) 'Telos_orofis='
read(*,*) telos_orofis
write(*,*) 'Dwse suntelesti puknwnsis plegmatos'
read(*,*) f

!Orismos statherwn
!Paxos ekswterikwn toixwn
lt=0.26
!Paxos orofis
lo=0.365
!Paxos eswterikwn toixwn
lp=0.13
!Xroniki diarkeia fainomenou
tt=24*3600*meres
!Suntelestes sunagwgis
ho=16
hi=8
hp=8
!Puknotita aera
da=1.186
!Eidiki thermoxwritikotita aera
cpa=1024
!Diasaseis dwmatiou
mikos=10
platos=10
ypsos=3
```

!Epifaneia ekswterikwn toixwn

At=mikos*ypsos

!Epifaneia eswterikwn toixwn

A_p=60

!Epifaneia orofis

Ar=mikos*platos

!Ogkos dwmatiou

va=mikos*platos*ypsos

!Syntelestis M gia Ioulio

M_Jul=28.080

!Xroniko vima

dt=lepta*60

!Xwriko vima omoiomorfou plegmatos

!Toixwn

dx_t=lt/(n-1)

!Orofis

dx_o=lo/(n-1)

!Eswterikwn toixwn

dx_p=lp/(n-1)

!Arithmos xronikwm komvwn

m=tt/dt+1

!Metritis komvwn xwrikou plegmatos orofis

counter1=0

!Metritis komvwn xwrikou plegmatos ekswterikwn toixwn

counter2=0

!Puknwnsi plegmatos kai kataxwrisi twv idiotitwn tou toixou analoga me ti xwriki

diamerisi

rewind(1)

rewind(2)

rewind(3)

rewind(4)

rewind(5)

rewind(6)

rewind(7)

rewind(8)

rewind(9)

```
rewind(10)
rewind(11)
rewind(12)

do 10 e=1,2

if (e.eq.1) then
x=0

do 20 j=1,6
read(5,*) k_o(j)
read(6,*) d_o(j)
read(7,*) cp_o(j)
read(8,*) l_o(j)
20 enddo

do 30 i=1,1000

if (x.le.lo) then

if (x.ge.arxi_orofis.and.x.le.telos_orofis) then
dx(e,i)=lo/(n-1)*f
else
dx(e,i)=lo/(n-1)
endif

counter1=counter1+1

if (x.ge.0.and.x.le.l_o(1)) then
k_e(e,i)=k_o(1)
d_e(e,i)=d_o(1)
cp_e(e,i)=cp_o(1)
elseif (x.gt.l_o(1).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2))) then
k_e(e,i)=k_o(2)
d_e(e,i)=d_o(2)
cp_e(e,i)=cp_o(2)
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3))) then
```



```
k_e(e,i)=k_o(3)
d_e(e,i)=d_o(3)
cp_e(e,i)=cp_o(3)
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4))) then
k_e(e,i)=k_o(4)
d_e(e,i)=d_o(4)
cp_e(e,i)=cp_o(4)
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4)).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4)+l_o(5)))
then
k_e(e,i)=k_o(5)
d_e(e,i)=d_o(5)
cp_e(e,i)=cp_o(5)
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4)+l_o(5)).and.x.le.lo) then
k_e(e,i)=k_o(6)
d_e(e,i)=d_o(6)
cp_e(e,i)=cp_o(6)
endif

x=x+dx(e,i)
else
exit
endif

30 enddo

else
x=0

do 40 j=1,5
read(1,*) k_t(j)
read(2,*) d_t(j)
read(3,*) cp_t(j)
read(4,*) l_t(j)
40 enddo

do 50 i=1,1000
```

```
if (x.le.lt) then

if (x.ge.arxi_toixou.and.x.le.telos_toixou) then
dx(e,i)=lt/(n-1)*f
else
dx(e,i)=lt/(n-1)
endif

counter2=counter2+1

if (x.ge.0.and.x.le.l_t(1)) then
k_e(e,i)=k_t(1)
d_e(e,i)=d_t(1)
cp_e(e,i)=cp_t(1)
elseif (x.gt.l_t(1).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2))) then
k_e(e,i)=k_t(2)
d_e(e,i)=d_t(2)
cp_e(e,i)=cp_t(2)
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3))) then
k_e(e,i)=k_t(3)
d_e(e,i)=d_t(3)
cp_e(e,i)=cp_t(3)
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)+l_t(4))) then
k_e(e,i)=k_t(4)
d_e(e,i)=d_t(4)
cp_e(e,i)=cp_t(4)
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)+l_t(4)).and.x.le.lt) then
k_e(e,i)=k_t(5)
d_e(e,i)=d_t(5)
cp_e(e,i)=cp_t(5)
endif

x=x+dx(e,i)
else
exit
endif
```

```
50 enddo

endif

10 enddo

do 60 j=1,3
read(9,*) k_t(j)
read(10,*) d_t(j)
read(11,*) cp_t(j)
read(12,*) l_t(j)
60 enddo

do 70 i=1,n
x=(i-1)*dx_p

if (x.ge.0.and.x.le.l_t(1)) then
k_p(i)=k_t(1)
d_p(i)=d_t(1)
cp_p(i)=cp_t(1)
elseif (x.gt.l_t(1).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2))) then
k_p(i)=k_t(2)
d_p(i)=d_t(2)
cp_p(i)=cp_t(2)
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)).and.x.le.lp) then
k_p(i)=k_t(3)
d_p(i)=d_t(3)
cp_p(i)=cp_t(3)
endif

70 enddo

!Kataxwrisi xwrou kai xronou
do 80 j=1,m
time(j)=((j-1)*dt)/(24*3600)
80 enddo
```

```
xx(1,1)=0
xx(2,1)=0

do 90 e=1,2

if (e.eq.1) then

do 100 i=2,counter1
xx(e,i)=xx(e,i-1)+dx(e,i-1)
100 enddo

else

do 110 i=2,counter2
xx(e,i)=xx(e,i-1)+dx(e,i-1)
110 enddo

endif

90 enddo

!Metavoli ekswterikis thermokrasias To

do 120 j=1,m
!Xroniko diastima se sec
t1=(j-1)*dt
sum1=0
sum2=0
rewind(14)
rewind(16)

do 130 i=1,3
read(16,*) c(i)
read(14,*) s(i)
130 enddo

do 140 i=1,3
```

```
sum1=sum1+c(i)*cos(i*4*atan(4.00)/(24*3600)*(t1-0.5d0*3600))
sum2=sum2+s(i)*sin(i*4*atan(4.00)/(24*3600)*(t1-0.5d0*3600))
140 enddo
```

```
To(j)=M_Jul+sum1+sum2
write(39,*) time(j),To(j)
120 enddo
```

!Υπολογισμος isodynamis thermokrasia iliou-aeros

```
rewind(22)
rewind(23)
rewind(24)
rewind(25)
rewind(26)
```

!Broxos prosanatolismou(p=1 north,p=2,south,p=3 east,p=4 west,p=5 hor)

```
do 170 p=1,5
```

```
if (p.eq.1) then
```

```
do 180 j=1,m
read(22,*) SHGF(j)
180 enddo
```

```
do 190 j=1,m
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)
190 enddo
```

```
elseif (p.eq.2) then
```

```
do 200 j=1,m
read(23,*) SHGF(j)
200 enddo
```

```
do 210 j=1,m
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)
210 enddo
```

```
elseif (p.eq.3) then

do 220 j=1,m
read(24,*) SHGF(j)
220 enddo

do 230 j=1,m
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)
230 enddo

elseif (p.eq.4) then

do 240 j=1,m
read(25,*) SHGF(j)
240 enddo

do 250 j=1,m
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)
250 enddo

else

do 260 j=1,m
read(26,*) SHGF(j)
260 enddo

do 270 j=1,m
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)-3.9
270 enddo

endif

170 enddo

!Arxiki sunthiki
Ti(1)=20
```

```
write(40,*) time(1),Ti(1)
```

```
do 390 p=1,5
```

```
if (p.ge.1.and.p.le.4) then
```

```
do 400 i=1,counter2
```

```
T_n(1,i)=20
```

```
T_s(1,i)=20
```

```
T_e(1,i)=20
```

```
T_w(1,i)=20
```

```
write(27,*) T_n(1,i)
```

```
write(28,*) T_s(1,i)
```

```
write(29,*) T_e(1,i)
```

```
write(30,*) T_w(1,i)
```

```
400 enddo
```

```
else
```

```
do 410 i=1,counter1
```

```
T_hor(1,i)=20
```

```
write(31,*) T_hor(1,i)
```

```
410 enddo
```

```
endif
```

```
390 enddo
```

```
do 420 i=1,n
```

```
T_eswt(1,i)=20
```

```
write(32,*) T_eswt(1,i)
```

```
420 enddo
```

```
do 430 p=1,5
```

```
if (p.ge.1.and.p.le.4) then
```

```
do 440 i=1,counter2-1
q_n(1,i)=0
q_s(1,i)=0
q_e(1,i)=0
q_w(1,i)=0
write(33,*) q_n(1,i)
write(34,*) q_s(1,i)
write(35,*) q_e(1,i)
write(36,*) q_w(1,i)
440 enddo
```

```
else
```

```
do 450 i=1,counter1-1
q_hor(1,i)=0
write(37,*) q_hor(1,i)
450 enddo
```

```
endif
```

```
430 enddo
```

```
do 460 i=1,n-1
q_eswt(1,i)=0
write(38,*) q_eswt(1,i)
460 enddo
```

```
!Broxos xronikou vimatatos fainomenou
```

```
do 470 j=1,m-1
```

```
!Broxos prosanatolismou(p=1 north,p=2,south,p=3 east,p=4 west,p=5 hor)
```

```
do 480 p=1,5
```

```
if (p.ge.1.and.p.le.4) then
```

```
e=2
```


!Oriakes sunthikes

$$Ap(1)=(ho*dx(e,1))/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))+1$$

$$Ae(1)=-1$$

$$A(1)=(ho*dx(e,1))/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))*Te(p,j)$$

$$Aw(counter2)=-1$$

$$Ap(counter2)=(dx(e,counter2)*hi)/((2*k_e(e,counter2)*(k_e(e,(counter2-1))))/(k_e(e,counter2)+k_e(e,(counter2-1))))+1$$

$$A(counter2)=(dx(e,counter2)*hi)/((2*k_e(e,counter2)*(k_e(e,(counter2-1))))/(k_e(e,counter2)+k_e(e,(counter2-1))))*Ti(j)$$

if (p.eq.1) then

!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos

!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiwvn

do 490 i=2,counter2-1

$$Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx(e,i-1)$$

$$Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx(e,i)$$

$$A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt)*T_n(j,i)$$

$$Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt$$

490 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,counter2)

elseif (p.eq.2) then

!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos

!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiwvn

do 500 i=2,counter2-1

$$Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx(e,i-1)$$

$$Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx(e,i)$$

$$A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt)*T_s(j,i)$$

$$Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt$$

500 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,counter2)

elseif (p.eq.3) then

!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos

!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiwvn

```

do 510 i=2,counter2-1
Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx(e,i-1)
Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx(e,i)
A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt)*T_e(j,i)
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt
510 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,counter2)
else
!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos
!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiwv

do 520 i=2,counter2-1
Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx(e,i-1)
Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx(e,i)
A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt)*T_w(j,i)
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt
520 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,counter2)
endif

!Kataxwrisi twv lusewn tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigmi
do 530 i=1,counter2

if (p.eq.1) then
T_n(j+1,i)=T(i)
write(27,*) T_n(j+1,i)
elseif (p.eq.2) then
T_s(j+1,i)=T(i)
write(28,*) T_s(j+1,i)
elseif (p.eq.3) then
T_e(j+1,i)=T(i)
write(29,*) T_e(j+1,i)
else
T_w(j+1,i)=T(i)

```

```
write(30,*) T_w(j+1,i)
endif

530 enddo

!Υπολογισμος thermorown

do 540 i=1,counter2-1

if (p.eq.1) then
q_n(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))*(T_n(j+1,i+1)-
T_n(j+1,i)))/dx(e,i)
write(33,*) q_n(j+1,i)

if (i.eq.counter2-1) then
q1=q_n(j+1,i)
endif

elseif (p.eq.2) then
q_s(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))*(T_s(j+1,i+1)-
T_s(j+1,i)))/dx(e,i)
write(34,*) q_s(j+1,i)

if (i.eq.counter2-1) then
q2=q_s(j+1,i)
endif

elseif (p.eq.3) then
q_e(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))*(T_e(j+1,i+1)-
T_e(j+1,i)))/dx(e,i)
write(35,*) q_e(j+1,i)

if (i.eq.counter2-1) then
q3=q_e(j+1,i)
endif

else
```

```

q_w(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))*(T_w(j+1,i+1)-
T_w(j+1,i)))/dx(e,i)
write(36,*) q_w(j+1,i)

if (i.eq.counter2-1) then
q4=q_w(j+1,i)
endif

endif

540 enddo

else
e=1

!Oriakes sunthikes
Ap(1)=(ho*dx(e,1))/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))+1
Ae(1)=-1
A(1)=(ho*dx(e,1))/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))*Te(p,j)
Aw(counter1)=-1
Ap(counter1)=(dx(e,counter1)*hi)/((2*k_e(e,counter1)*(k_e(e,(counter1-
1))))/(k_e(e,counter1)+k_e(e,(counter1-1))))+1
A(counter1)=(dx(e,counter1)*hi)/((2*k_e(e,counter1)*(k_e(e,(counter1-
1))))/(k_e(e,counter1)+k_e(e,(counter1-1))))*Ti(j)

!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos
!Broxos xwrikou vimatw eswterikwn simeiw

do 550 i=2,counter1-1
Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx(e,i-1)
Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx(e,i)
A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt)*T_hor(j,i)
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt
550 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,counter1)

!Kataxwrisi tw n lusewn tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigm

```

```
do 560 i=1,counter1
```

```
T_hor(j+1,i)=T(i)
```

```
write(31,*) T_hor(j+1,i)
```

```
560 enddo
```

!Υπολογισμος thermorown

```
do 570 i=1,counter1-1
```

```
q_hor(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))*(T_hor(j+1,i+1)-  
T_hor(j+1,i)))/dx(e,i)
```

```
write(37,*) q_hor(j+1,i)
```

```
570 enddo
```

```
q5=q_hor(j,counter1-1)
```

```
endif
```

```
480 enddo
```

!Eswterikoi toixoi

!Oriakes sunthikes

```
Ap(1)=(hp*dx_p)/((2*k_p(1)*k_p(2))/(k_p(1)+k_p(2)))+1
```

```
Ae(1)=-1
```

```
A(1)=(hp*dx_p)/((2*k_p(1)*k_p(2))/(k_p(1)+k_p(2)))*Ti(j)
```

```
Aw(n)=-1
```

```
Ap(n)=(hp*dx_p)/((2*k_p(n-1)*k_p(n))/(k_p(n-1)+k_p(n)))+1
```

```
A(n)=(hp*dx_p)/((2*k_p(n-1)*k_p(n))/(k_p(n-1)+k_p(n)))*Ti(j)
```

!Υπολογισμος suntelestwn tridiagwniou sustimatos

!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiw

```
do 580 i=2,n-1
```

```
Aw(i)=-((2*k_p(i)*k_p(i-1))/(k_p(i)+k_p(i-1)))/dx_p
```

```
Ae(i)=-((2*k_p(i)*k_p(i+1))/(k_p(i)+k_p(i+1)))/dx_p
```

```
A(i)=(d_p(i)*cp_p(i)*dx_p/dt)*T_eswt(j,i)
```

```
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_p(i)*cp_p(i)*dx_p/dt
```

```
580 enddo
```

```
call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)
```

```
do 590 i=1,n
```

```
T_eswt(j+1,i)=T(i)
```

```
write(32,*) T_eswt(j+1,i)
```

```
590 enddo
```

```
!Υπολογισμος thermorown
```

```
do 600 i=1,n-1
```

```
q_eswt(j+1,i)=-(((2*k_p(i)*k_p(i+1))/(k_p(i)+k_p(i+1)))*(T_eswt(j+1,i+1)-  
T_eswt(j+1,i)))/dx_p
```

```
write(38,*) q_eswt(j+1,i)
```

```
600 enddo
```

```
q6=q_eswt(j+1,1)
```

```
q7=q_eswt(j+1,n-1)
```

```
!Υπολογισμος eswterikis thermokrasias aera
```

```
if (q6.le.0) then
```

```
Ti(j+1)=(((q1+q2+q3+q4)*At+q5*Ar+A_p*(abs(q6)+q7))*dt)/(va*da*cpa)+Ti(j)
```

```
write(40,*) time(j+1),Ti(j+1)
```

```
elseif (q7.le.0) then
```

```
Ti(j+1)=(((q1+q2+q3+q4)*At+q5*Ar+A_p*(-abs(q6)+q7))*dt)/(va*da*cpa)+Ti(j)
```

```
write(40,*) time(j+1),Ti(j+1)
```

```
endif
```

```
470 enddo
```

```
!Kataxwrisi dedomenwn opoiasdipote meras,xronikis stigmis opoioudipote  
prosanatolismou
```

```
write(*,*) 'Dwse wra tis imeras(1 ews 24) kai mera(1 ews meres)'
```

```
write(*,*) 'wra='
```

```
read(*,*) wra
```

```
write(*,*) 'mera='
```

```
read(*,*) mera
write(*,*) 'Dwse prosanatolismo (p=1 north,p=2 south,p=3 east,p=4 west,p=5
hor)'
write(*,*) 'pros='
read(*,*) p
j=((mera-1)*24*3600+wra*3600)/dt+1

if (p.eq.1) then
e=2

do 610 i=1,counter2
write(41,*) xx(e,i),T_n(j,i)
610 enddo

do 620 i=1,counter2-1
write(42,*) xx(e,i+1),q_n(j,i)
620 enddo

elseif (p.eq.2) then
e=2

do 630 i=1,counter2
write(41,*) xx(e,i),T_s(j,i)
630 enddo

do 640 i=1,counter2-1
write(42,*) xx(e,i+1),q_s(j,i)
640 enddo

elseif (p.eq.3) then
e=2

do 650 i=1,counter2
write(41,*) xx(e,i),T_e(j,i)
650 enddo

do 660 i=1,counter2-1
```

```
write(42,*) xx(e,i+1),q_e(j,i)
660 enddo

elseif (p.eq.4) then
e=2
do 670 i=1,counter2
write(41,*) xx(e,i),T_w(j,i)
670 enddo

do 680 i=1,counter2-1
write(42,*) xx(e,i+1),q_w(j,i)
680 enddo

else
e=1

do 690 i=1,counter1
write(41,*) xx(e,i),T_hor(j,i)
690 enddo

do 700 i=1,counter1-1
write(42,*) xx(e,i+1),q_hor(j,i)
700 enddo

endif

!Kataxwrisi dedomenwn eswterikwn toixwn
do 710 i=1,n
x_p(i)=(i-1)*dx_p
710 enddo

do 720 i=1,n
write(43,*)x_p(i),T_eswt(j,i)
720 enddo

do 730 i=1,n-1
write(44,*)x_p(i+1),q_eswt(j,i)
```



```
730 enddo

end

SUBROUTINE TDMA(A6,B6,C6,R6,X6,N)
! SOLVES A SET OF N LINEAR TRIDIAGONAL EQUATIONS
! A,B,C ARE THE SUB,MAIN AND SUPER DIAGONAL ELEMENTS OF THE
MATRIX
! R THE RIGHT HAND VECTOR OF N ROWS
! X THE SOLUTION VECTOR
! A,B,C AND R VECTORS REMAIN UNCHANGED
    implicit double precision (a-h,o-z)

    DIMENSION GAM(1000),A6(1000),B6(1000),C6(1000),R6(1000),X6(1000)
    BET=B6(1)
    X6(1)=R6(1)/BET
! DECOMPOSITION
    DO 70 J=2,N
        GAM(J)=C6(J-1)/BET
        BET=B6(J)-A6(J)*GAM(J)
        IF(BET.EQ.0) stop 'ALGORITHM FAILS'
        X6(J)=(R6(J)-A6(J)*X6(J-1))/BET
70 CONTINUE
! BACK SUBSTITUTION

    DO 80 J=N-1,1,-1
        X6(J)=X6(J)-GAM(J+1)*X6(J+1)

80 CONTINUE

    RETURN
    END
```

program meros_9o **(ΚΩΔΙΚΑΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ 2.10)**

!Metavatiki monodiasitati agwgi thermotitos se toixo pollwn strwmatwn me puknwnsi plegmatos stin perioxi tis monwsws,
!oriakes sunthikes sunagwgis,metavallomeni eswteriki kai ekswteriki thermokrasia(thermokrasia Athinas gia mina Ioulio
!sumperilamvanomenis kai tis hliakis aktinovolias) se dwmatio me tesseris toixous(prosanatolismou voriou,
!notiou,anatolikou,dutikou antistoixa),orofi,adiavatika monwmeno patwma,eswterikous toixous sunolikis epifaneias
!60 tetragwnikwn metrwn kai isodunami plaka epiplwsis paxous 5 ekatostwn kai epifaneia isi me auti tw n eswterikwn toixwn.

implicit double precision (a-h,o-z)

dimension dx(2,200),d_e(2,200),cp_e(2,200),d_t(5),cp_t(5),Ti(58000),To(58000)

dimension A(200),Aw(200),Ap(200),Ae(200),T(200),xx(2,200),time(58000),

s(3),c(3),SHGF(58000),Te(5,58000)

dimension d_p(200),cp_p(200),T_n(58000,200),T_s(58000,200),

T_e(58000,200),T_w(58000,200),T_hor(58000,200)

dimension T_eswt(58000,200),q_n(58000,200),q_s(58000,200),

q_e(58000,200),q_w(58000,200),q_hor(58000,200)

dimension

q_eswt(58000,200),T_plakas(58000,200),q_plakas(58000,200),d_o(6),cp_o(6),x_f(200)

real,dimension(2,200)::k_e

real,dimension(200)::k_p

real,dimension(6)::k_o,l_o

real,dimension(5)::k_t,l_t

integer counter1,counter2,e

real lt,lo,M_Jul,lp,lf,kf

open (1,file='k_t.txt')

open (2,file='d_t.txt')

open (3,file='cp_t.txt')

open (4,file='l_t.txt')

open (5,file='k_o.txt')

```
open (6,file='d_o.txt')
open (7,file='cp_o.txt')
open (8,file='l_o.txt')
open (9,file='k_p.txt')
open (10,file='d_p.txt')
open (11,file='cp_p.txt')
open (12,file='l_p.txt')
open (14,file='S_Jul.txt')
open (16,file='C_Jul.txt')
open (22,file='SHGF_NJul.dat')
open (23,file='SHGF_SJul.dat')
open (24,file='SHGF_EJul.dat')
open (25,file='SHGF_WJul.dat')
open (26,file='SHGF_HORJul.dat')
open (27,file='T_north.dat')
open (28,file='T_south.dat')
open (29,file='T_east.dat')
open (30,file='T_west.dat')
open (31,file='T_hor.dat')
open (32,file='T_eswterikwn.dat')
open (33,file='T_plakas.dat')
open (34,file='q_north.dat')
open (35,file='q_south.dat')
open (36,file='q_east.dat')
open (37,file='q_west.dat')
open (38,file='q_hor.dat')
open (39,file='q_eswt.dat')
open (40,file='q_plakas.dat')
open (41 ,file='To.dat')
open (42,file='Ti.dat')
open (43,file='Thermokrasies.dat')
open (44,file='Thermoroos.dat')
open (45,file='Thermokrasies_plakas.dat')
open (46,file='Thermoroos_plakas.dat')
```

!Epilogi diastasewn plegmatos

write(*,*) 'Dwse xroniko diastima meletis fainomenou(se meres)'

```
write(*,*) 'meres='
read(*,*) meres
write(*,*) 'Dwse xroniko vima(se lepta)'
read(*,*) lepta
write(*,*) 'Dwse arithmo komvwn omoiomorfou plegmatos'
read(*,*) n
write(*,*) 'Dwse pou ksekinai kai pou teleiwnei to strwma pou thes na exeis
puknwnsi plegmatos stous tesseris toixous'
write(*,*) 'Arxi_toixou='
read(*,*) arxi_toixou
write(*,*) 'Telos_toixou='
read(*,*) telos_toixou
write(*,*) 'Dwse pou ksekinai kai pou teleiwnei to strwma pou thes na exeis
puknwnsi plegmatos stin orofi'
write(*,*) 'Arxi_orofis='
read(*,*) arxi_orofis
write(*,*) 'Telos_orofis='
read(*,*) telos_orofis
write(*,*) 'Dwse suntelesti puknwnsis plegmatos'
read(*,*) f

!Orismos statherwn
!Paxos ekswterikwn toixwn
lt=0.26
!Paxos orofis
lo=0.365
!Paxos eswterikwn toixwn
lp=0.13
!Paxos isodunamis plakas epiplwsis
lf=0.05
!Xroniki diarkeia fainomenou
tt=24*3600*meres
!Suntelestes sunagwgis
ho=16
hi=8
hp=8
!Suntelestis thermikis agwgimotitos isopdunamis plakas epiplwsis
```

kf=0.116
!Puknotita aera
da=1.186
!Puknotita isodunamis plaks epiplwsis
df=592
!Eidiki thermoxwritikotita aera
cpa=1024
!Eidiki thermoxwritikotita isodunamis plakas epiplwsis
cpf=699
!Diastaseis dwmatiou
mikos=10
platos=10
ypsos=3
!Epifaneia ekswterikwn toixwn
At=mikos*ypsos
!Epifaneia eswterikwn toixwn
A_p=60
!Epifaneia orofis
Ar=mikos*platos
!Epifaneia isodunamis plakas epiplwsis
Af=60
!Ogkos dwmatiou
va=mikos*platos*ypsos
!Syntelestis M gia Ioulia
M_Jul=28.080
!Xroniko vima
dt=lepta*60
!Xwriko vima omoiomorfou plegmatos
!Toixwn
dx_t=lt/(n-1)
!Orofis
dx_o=lo/(n-1)
!Xwriko vima eswterikwn toixwn
dx_p=lp/(n-1)
!Xwriko vima isodunamis plakas epiplwsis
dx_f=lf/(n-1)
!Arithmos xronikwm komvwn

```
m=tt/dt+1
!Metritis komwn xwriku plegmatos orofis
counter1=0
!Metritis komwn xwriku plegmatos ekswterikwn toixwn
counter2=0
x=0

!Puknwnsi plegmatos kai kataxwrisi twv idiotitwn tou toixou analoga me ti xwriki
diameterisi
rewind(1)
rewind(2)
rewind(3)
rewind(4)
rewind(5)
rewind(6)
rewind(7)
rewind(8)
rewind(9)
rewind(10)
rewind(11)
rewind(12)

do 10 e=1,2

if (e.eq.1) then
x=0

do 20 j=1,6
read(5,*) k_o(j)
read(6,*) d_o(j)
read(7,*) cp_o(j)
read(8,*) l_o(j)
20 enddo

do 30 i=1,1000

if (x.le.lo) then
```

```
if (x.ge.arxi_orofis.and.x.le.telos_orofis) then
dx(e,i)=lo/(n-1)*f
else
dx(e,i)=lo/(n-1)
endif

counter1=counter1+1

if (x.ge.0.and.x.le.l_o(1)) then
k_e(e,i)=k_o(1)
d_e(e,i)=d_o(1)
cp_e(e,i)=cp_o(1)
elseif (x.gt.l_o(1).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2))) then
k_e(e,i)=k_o(2)
d_e(e,i)=d_o(2)
cp_e(e,i)=cp_o(2)
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3))) then
k_e(e,i)=k_o(3)
d_e(e,i)=d_o(3)
cp_e(e,i)=cp_o(3)
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4))) then
k_e(e,i)=k_o(4)
d_e(e,i)=d_o(4)
cp_e(e,i)=cp_o(4)
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4)).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4)+l_o(5)))
then
k_e(e,i)=k_o(5)
d_e(e,i)=d_o(5)
cp_e(e,i)=cp_o(5)
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4)+l_o(5)).and.x.le.lo) then
k_e(e,i)=k_o(6)
d_e(e,i)=d_o(6)
cp_e(e,i)=cp_o(6)
endif

x=x+dx(e,i)
```

```
else
exit
endif

30 enddo

else
x=0

do 40 j=1,5
read(1,*) k_t(j)
read(2,*) d_t(j)
read(3,*) cp_t(j)
read(4,*) l_t(j)
40 enddo

do 50 i=1,1000

if (x.le.lt) then

if (x.ge.arxi_toixou.and.x.le.telos_toixou) then
dx(e,i)=lt/(n-1)*f
else
dx(e,i)=lt/(n-1)
endif

counter2=counter2+1

if (x.ge.0.and.x.le.l_t(1)) then
k_e(e,i)=k_t(1)
d_e(e,i)=d_t(1)
cp_e(e,i)=cp_t(1)
elseif (x.gt.l_t(1).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2))) then
k_e(e,i)=k_t(2)
d_e(e,i)=d_t(2)
cp_e(e,i)=cp_t(2)
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3))) then
```



```
k_e(e,i)=k_t(3)
d_e(e,i)=d_t(3)
cp_e(e,i)=cp_t(3)
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)+l_t(4))) then
k_e(e,i)=k_t(4)
d_e(e,i)=d_t(4)
cp_e(e,i)=cp_t(4)
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)+l_t(4)).and.x.le.lt) then
k_e(e,i)=k_t(5)
d_e(e,i)=d_t(5)
cp_e(e,i)=cp_t(5)
endif
x=x+dx(e,i)
else
exit
endif

50 enddo

endif

10 enddo

do 60 j=1,3
read(9,*) k_t(j)
read(10,*) d_t(j)
read(11,*) cp_t(j)
read(12,*) l_t(j)
60 enddo

do 70 i=1,n
x=(i-1)*dx_p

if (x.ge.0.and.x.le.l_t(1)) then
k_p(i)=k_t(1)
d_p(i)=d_t(1)
cp_p(i)=cp_t(1)
```

```
elseif (x.gt.l_t(1).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2))) then
k_p(i)=k_t(2)
d_p(i)=d_t(2)
cp_p(i)=cp_t(2)
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)).and.x.le.lp) then
k_p(i)=k_t(3)
d_p(i)=d_t(3)
cp_p(i)=cp_t(3)
endif
```

```
70 enddo
```

!Kataxwrisi xwrou kai xronou

```
do 80 j=1,m
time(j)=((j-1)*dt)/(24*3600)
80 enddo
```

```
xx(1,1)=0
xx(2,1)=0
```

```
do 90 e=1,2
```

```
if (e.eq.1) then
```

```
do 100 i=2,counter1
xx(e,i)=xx(e,i-1)+dx(e,i-1)
100 enddo
```

```
else
```

```
do 110 i=2,counter2
xx(e,i)=xx(e,i-1)+dx(e,i-1)
110 enddo
```

```
endif
```

```
90 enddo
!Metavoli ekswterikis thermokrasias To

do 120 j=1,m
!Xroniko diastima se sec
t1=(j-1)*dt
sum1=0
sum2=0
rewind(14)
rewind(16)

do 130 i=1,3
read(16,*) c(i)
read(14,*) s(i)
130 enddo

do 140 i=1,3
sum1=sum1+c(i)*cos(i*4*atan(4.00)/(24*3600)*(t1-0.5d0*3600))
sum2=sum2+s(i)*sin(i*4*atan(4.00)/(24*3600)*(t1-0.5d0*3600))
140 enddo

To(j)=M_Jul+sum1+sum2
write(41,*) time(j),To(j)
120 enddo

!Ypologismos isodynamiis thermokrasia iliou-aeros
rewind(22)
rewind(23)
rewind(24)
rewind(25)
rewind(26)
!Broxos prosanatolismou(p=1 north,p=2,south,p=3 east,p=4 west,p=5 hor)

do 170 p=1,5

if (p.eq.1) then
```

```
do 180 j=1,m
read(22,*) SHGF(j)
180 enddo

do 190 j=1,m
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)
190 enddo

elseif (p.eq.2) then

do 200 j=1,m
read(23,*) SHGF(j)
200 enddo

do 210 j=1,m
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)
210 enddo

elseif (p.eq.3) then

do 220 j=1,m
read(24,*) SHGF(j)
220 enddo

do 230 j=1,m
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)
230 enddo

elseif (p.eq.4) then

do 240 j=1,m
read(25,*) SHGF(j)
240 enddo

do 250 j=1,m
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)
250 enddo
```

```
else

do 260 j=1,m
read(26,*) SHGF(j)
260 enddo

do 270 j=1,m
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)-3.9
270 enddo

endif

170 enddo
!Arxiki sunthiki
Ti(1)=20
write(42,*) time(1),Ti(1)

do 390 p=1,5

if (p.ge.1.and.p.le.4) then

do 400 i=1,counter2
T_n(1,i)=20
T_s(1,i)=20
T_e(1,i)=20
T_w(1,i)=20
write(27,*) T_n(1,i)
write(28,*) T_s(1,i)
write(29,*) T_e(1,i)
write(30,*) T_w(1,i)
400 enddo

else

do 410 i=1,counter1
T_hor(1,i)=20
```

```
write(31,*) T_hor(1,i)
410 enddo

endif

390 enddo

do 420 i=1,n
T_eswt(1,i)=20
write(32,*) T_eswt(1,i)
420 enddo

do 430 i=1,n
T_plakas(1,i)=20
write(33,*) T_plakas(1,i)
430 enddo

do 440 p=1,5

if (p.ge.1.and.p.le.4) then

do 450 i=1,counter2-1
q_n(1,i)=0
q_s(1,i)=0
q_e(1,i)=0
q_w(1,i)=0
write(34,*) q_n(1,i)
write(35,*) q_s(1,i)
write(36,*) q_e(1,i)
write(37,*) q_w(1,i)
450 enddo

else

do 460 i=1,counter1-1
q_hor(1,i)=0
write(38,*) q_hor(1,i)
```

```

460 enddo

endif

440 enddo

do 470 i=1,n-1
q_eswt(1,i)=0
write(39,*) q_eswt(1,i)
470 enddo

do 480 i=1,n-1
q_plakas(1,i)=0
write(40,*) q_plakas(1,i)
480 enddo

!Broxos xronikou vimatos fainomenou

do 490 j=1,m-1
!Broxos prosanatolismou(p=1 north,p=2,south,p=3 east,p=4 west,p=5 hor)

do 500 p=1,5

if (p.ge.1.and.p.le.4) then
e=2

!Oriakes sunthikes
Ap(1)=(ho*dx(e,1))/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))+1
Ae(1)=-1
A(1)=(ho*dx(e,1))/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))*Te(p,j)
Aw(counter2)=-1
Ap(counter2)=(dx(e,counter2)*hi)/((2*k_e(e,counter2)*(k_e(e,(counter2-1))))/(k_e(e,counter2)+k_e(e,(counter2-1))))+1
A(counter2)=(dx(e,counter2)*hi)/((2*k_e(e,counter2)*(k_e(e,(counter2-1))))/(k_e(e,counter2)+k_e(e,(counter2-1))))*Ti(j)

if (p.eq.1) then

```

!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos

!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiwvn

do 510 i=2,counter2-1

$Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx(e,i-1)$

$Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx(e,i)$

$A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt)*T_n(j,i)$

$Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt$

510 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,counter2)

elseif (p.eq.2) then

!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos

!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiwvn

do 520 i=2,counter2-1

$Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx(e,i-1)$

$Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx(e,i)$

$A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt)*T_s(j,i)$

$Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt$

520 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,counter2)

elseif (p.eq.3) then

!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos

!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiwvn

do 530 i=2,counter2-1

$Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx(e,i-1)$

$Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx(e,i)$

$A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt)*T_e(j,i)$

$Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt$

530 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,counter2)


```

else
!Υπολογισμος suntelestwn tridiagwniou sustimatos
!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiwvn

do 540 i=2,counter2-1
Aw(i)=-((2*k_e(i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx(e,i-1)
Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx(e,i)
A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt)*T_w(j,i)
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt
540 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,counter2)
endif

!Kataxwrisi twvn lusewn tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigmi

do 550 i=1,counter2

if (p.eq.1) then
T_n(j+1,i)=T(i)
write(27,*) T_n(j+1,i)
elseif (p.eq.2) then
T_s(j+1,i)=T(i)
write(28,*) T_s(j+1,i)
elseif (p.eq.3) then
T_e(j+1,i)=T(i)
write(29,*) T_e(j+1,i)
else
T_w(j+1,i)=T(i)
write(30,*) T_w(j+1,i)
endif

550 enddo

!Υπολογισμος thermorown

do 560 i=1,counter2-1

```

```
if (p.eq.1) then
q_n(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))*(T_n(j+1,i+1)-
T_n(j+1,i)))/dx(e,i)
write(34,*) q_n(j+1,i)

if (i.eq.counter2-1) then
q1=q_n(j+1,i)
endif

elseif (p.eq.2) then
q_s(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))*(T_s(j+1,i+1)-
T_s(j+1,i)))/dx(e,i)
write(35,*) q_s(j+1,i)

if (i.eq.counter2-1) then
q2=q_s(j+1,i)
endif

elseif (p.eq.3) then
q_e(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))*(T_e(j+1,i+1)-
T_e(j+1,i)))/dx(e,i)
write(36,*) q_e(j+1,i)

if (i.eq.counter2-1) then
q3=q_e(j+1,i)
endif

else
q_w(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))*(T_w(j+1,i+1)-
T_w(j+1,i)))/dx(e,i)
write(37,*) q_w(j+1,i)

if (i.eq.counter2-1) then
q4=q_w(j+1,i)
endif
```

```

endif

560 enddo

else
e=1

!Oriakes sunthikes
Ap(1)=(ho*dx(e,1))/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))+1
Ae(1)=-1
A(1)=(ho*dx(e,1))/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))*Te(p,j)
Aw(counter1)=-1
Ap(counter1)=(dx(e,counter1)*hi)/((2*k_e(e,counter1)*(k_e(e,(counter1-1))))/(k_e(e,counter1)+k_e(e,(counter1-1))))+1
A(counter1)=(dx(e,counter1)*hi)/((2*k_e(e,counter1)*(k_e(e,(counter1-1))))/(k_e(e,counter1)+k_e(e,(counter1-1))))*Ti(j)

!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos
!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiwv

do 570 i=2,counter1-1
Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx(e,i-1)
Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx(e,i)
A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt)*T_hor(j,i)
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt
570 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,counter1)
!Kataxwrisi twv lusewn tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigmh

do 580 i=1,counter1
T_hor(j+1,i)=T(i)
write(31,*) T_hor(j+1,i)
580 enddo

!Ypologismos thermorown

```

```

do 590 i=1,counter1-1
q_hor(j+1,i)=-(((2*k_e(i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))*(T_hor(j+1,i+1)-
T_hor(j+1,i)))/dx(e,i)
write(38,*) q_hor(j+1,i)
590 enddo

q5=q_hor(j,counter1-1)
endif

500 enddo

!Eswterikoi toixoi
!Oriakes sunthikes
Ap(1)=(hp*dx_p)/((2*k_p(1)*k_p(2))/(k_p(1)+k_p(2)))+1
Ae(1)=-1
A(1)=(hp*dx_p)/((2*k_p(1)*k_p(2))/(k_p(1)+k_p(2)))*Ti(j)
Aw(n)=-1
Ap(n)=(hp*dx_p)/((2*k_p(n-1)*k_p(n))/(k_p(n-1)+k_p(n)))+1
A(n)=(hp*dx_p)/((2*k_p(n-1)*k_p(n))/(k_p(n-1)+k_p(n)))*Ti(j)

!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos
!Broxos xwrikou vimatw eswterikwn simeiw

do 600 i=2,n-1
Aw(i)=-((2*k_p(i)*k_p(i-1))/(k_p(i)+k_p(i-1)))/dx_p
Ae(i)=-((2*k_p(i)*k_p(i+1))/(k_p(i)+k_p(i+1)))/dx_p
A(i)=(d_p(i)*cp_p(i)*dx_p/dt)*T_eswt(j,i)
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_p(i)*cp_p(i)*dx_p/dt
600 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)
!Kataxwrisi tw n lusewn tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigm

do 610 i=1,n
T_eswt(j+1,i)=T(i)
write(32,*) T_eswt(j+1,i)
610 enddo

```

!Υπολογισμος thermorown

```

do 620 i=1,n-1
q_eswt(j+1,i)=-(((2*k_p(i)*k_p(i+1))/(k_p(i)+k_p(i+1)))*(T_eswt(j+1,i+1)-
T_eswt(j+1,i)))/dx_p
write(39,*) q_eswt(j+1,i)
620 enddo

```

```

q6=q_eswt(j+1,1)
q7=q_eswt(j+1,n-1)

```

!Isodunami plaka epiplwsis**!Oriakes sunthikes**

```

Ap(1)=(hp*dx_f)/kf+1
Ae(1)=-1
A(1)=(hp*dx_f)/kf*Ti(j)
Aw(n)=-1
Ap(n)=(hp*dx_f)/kf+1
A(n)=(hp*dx_f)/kf*Ti(j)

```

!Υπολογισμος suntelestwn tridiagwniou sustimatos**!Broxos xwrikou vimatos eswterikwn simeiw**

```

do 630 i=2,n-1
Aw(i)=-kf/dx_f
Ae(i)=-kf/dx_f
A(i)=(df*cpf*dx_f/dt)*T_plakas(j,i)
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+df*cpf*dx_f/dt
630 enddo

```

```

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)

```

!Kataxwrisi twn lusewn tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigmi

```

do 640 i=1,n
T_plakas(j+1,i)=T(i)

```

```

write(33,*) T_plakas(j+1,i)
640 enddo

!Υπολογισμος thermorown

do 650 i=1,n-1
q_plakas(j+1,i)=-kf*(T_plakas(j+1,i+1)-T_plakas(j+1,i))/dx_f
write(40,*) q_plakas(j+1,i)
650 enddo

q8=q_plakas(j+1,1)
q9=q_plakas(j+1,n-1)

!Υπολογισμος eswterikis thermokrasias aera

if (q6.le.0) then

if (q8.le.0) then
Ti(j+1)=(((q1+q2+q3+q4)*At+q5*Ar+A_p*(abs(q6)+q7)+Af*(abs(q8)+q9))*dt)/(va*da
*cpa)+Ti(j)
write(42,*) time(j+1),Ti(j+1)
elseif (q9.le.0) then
Ti(j+1)=(((q1+q2+q3+q4)*At+q5*Ar+A_p*(abs(q6)+q7)+
+Af*(-abs(q8)+q9))*dt)/(va*da*cpa)+Ti(j)
write(42,*) time(j+1),Ti(j+1)
endif

elseif (q7.le.0) then

if (q8.le.0) then
Ti(j+1)=(((q1+q2+q3+q4)*At+q5*Ar+
+A_p*(-abs(q6)+q7)+Af*(abs(q8)+q9))*dt)/(va*da*cpa)+Ti(j)
write(42,*) time(j+1),Ti(j+1)
elseif (q9.le.0) then
Ti(j+1)=(((q1+q2+q3+q4)*At+q5*Ar+A_p*(-abs(q6)+q7)+
+Af*(-abs(q8)+q9))*dt)/(va*da*cpa)+Ti(j)
write(42,*) time(j+1),Ti(j+1)

```

```
endif

endif

490 enddo

!Kataxwrisi dedomenwn opoiasdipote meras,xronikis stigmis opoioudipote
prosanatolismou
write(*,*) 'Dwse wra tis imeras(1 ews 24) kai mera(1 ews meres)'
write(*,*) 'wra='
read(*,*) wra
write(*,*) 'mera='
read(*,*) mera
write(*,*) 'Dwse prosanatolismo (p=1 north,p=2 south,p=3 east,p=4 west,p=5
hor)'
write(*,*) 'pros='
read(*,*) p
j=((mera-1)*24*3600+wra*3600)/dt+1

if (p.eq.1) then
e=2

do 660 i=1,counter2
write(43,*) xx(e,i),T_n(j,i)
660 enddo

do 670 i=1,counter2-1
write(44,*) xx(e,i+1),q_n(j,i)
670 enddo

elseif (p.eq.2) then
e=2

do 680 i=1,counter2
write(43,*) xx(e,i),T_s(j,i)
680 enddo
```

```
do 690 i=1,counter2-1
write(44,*) xx(e,i+1),q_s(j,i)
690 enddo

elseif (p.eq.3) then
e=2

do 700 i=1,counter2
write(43,*) xx(e,i),T_e(j,i)
700 enddo

do 710 i=1,counter2-1
write(44,*) xx(e,i+1),q_e(j,i)
710 enddo

elseif (p.eq.4) then
e=2

do 720 i=1,counter2
write(43,*) xx(e,i),T_w(j,i)
720 enddo

do 730 i=1,counter2-1
write(44,*) xx(e,i+1),q_w(j,i)
730 enddo

else
e=1

do 740 i=1,counter1
write(43,*) xx(e,i),T_hor(j,i)
740 enddo

do 750 i=1,counter1-1
write(44,*) xx(e,i+1),q_hor(j,i)
750 enddo
```



```
endif

!Kataxwrisi dedomenwn isodymamis plakas epiplwsis toixwn
do 760 i=1,n
x_f(i)=(i-1)*dx_f
760 enddo

do 770 i=1,n
write(45,*)x_f(i),T_plakas(j,i)
770 enddo

do 780 i=1,n-1
write(46,*)x_f(i+1),q_plakas(j,i)
780 enddo

end

SUBROUTINE TDMA(A6,B6,C6,R6,X6,N)
! SOLVES A SET OF N LINEAR TRIDIAGONAL EQUATIONS
! A,B,C ARE THE SUB,MAIN AND SUPER DIAGONAL ELEMENTS OF THE
MATRIX
! R THE RIGHT HAND VECTOR OF N ROWS
! X THE SOLUTION VECTOR
! A,B,C AND R VECTORS REMAIN UNCHANGED

      implicit double precision (a-h,o-z)

      DIMENSION GAM(1000),A6(1000),B6(1000),C6(1000),R6(1000),X6(1000)
      BET=B6(1)
      X6(1)=R6(1)/BET
! DECOMPOSITION
      DO 70 J=2,N
      GAM(J)=C6(J-1)/BET
      BET=B6(J)-A6(J)*GAM(J)
      IF(BET.EQ.0) stop 'ALGORITHM FAILS'
      X6(J)=(R6(J)-A6(J)*X6(J-1))/BET
```

```
70 CONTINUE
```

```
! BACK SUBSTITUTION
```

```
DO 80 J=N-1,1,-1
```

```
X6(J)=X6(J)-GAM(J+1)*X6(J+1)
```

```
80 CONTINUE
```

```
RETURN
```

```
END
```

```
program meros_10o (ΚΩΔΙΚΑΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ 2.11)
```

```
!Metavatiki monodiasitati agwgi thermotitos se toixo pollwn strwmatwn me puknwnsi  
plegmatos stin perioxi tis monwnsis,
```

```
!oriakes sunthikes sunagwgis,metavallomeni eswteriki kai ekswteriki  
thermokrasia(thermokrasia Athinas gia mina Ioulou
```

```
!sumperilamvanomenis kai tis hliakis aktinovolias) se dwmatio me tesseris  
toixous(prosanatolismou voriou,
```

```
!notiou,anatolikou,dutikou antistoixa),orofi,adiavatika monwmeno  
patwma,eswterikous toixous sunolikis epifaneias
```

```
!60 tetragwnikwn metrwn kai ualopinakes emvadou 4.5 tetragwnikwn metrwn se  
kathe enan apo tous tesseris toixous
```

```
implicit double precision (a-h,o-z)
```

```
dimension dx(2,200),d_e(2,200),cp_e(2,200),d_t(5),cp_t(5),Ti(58000),To(58000)
```

```
dimension A(200),Aw(200),Ap(200),Ae(200),T(200),xx(2,200),time(58000),s(3),c(3),  
SHGF(58000),Te(5,58000)
```

```
dimension d_p(200),cp_p(200),T_n(58000,200),T_s(58000,200),
```

```
T_e(58000,200),T_w(58000,200),T_hor(58000,200),cp_o(6)
```

```
dimension T_eswt(58000,200),q_n(58000,200),q_s(58000,200),
```

```
q_e(58000,200),q_w(58000,200),q_hor(58000,200),d_o(6)
```

```
dimension q_eswt(58000,200),T_plakas(58000,200),q_plakas(58000,200)
```

```
real,dimension(2,200)::k_e
real,dimension(200)::k_p
real,dimension(6)::k_o,l_o
real,dimension(5)::k_t,l_t
integer counter1,counter2,e
real lt,lo,M_Jul,lp,lf,kf
open (1,file='k_t.txt')
open (2,file='d_t.txt')
open (3,file='cp_t.txt')
open (4,file='l_t.txt')
open (5,file='k_o.txt')
open (6,file='d_o.txt')
open (7,file='cp_o.txt')
open (8,file='l_o.txt')
open (9,file='k_p.txt')
open (10,file='d_p.txt')
open (11,file='cp_p.txt')
open (12,file='l_p.txt')
open (14,file='S_Jul.txt')
open (16,file='C_Jul.txt')
open (22,file='SHGF_NJul.dat')
open (23,file='SHGF_SJul.dat')
open (24,file='SHGF_EJul.dat')
open (25,file='SHGF_WJul.dat')
open (26,file='SHGF_HORJul.dat')
open (27,file='T_north.dat')
open (28,file='T_south.dat')
open (29,file='T_east.dat')
open (30,file='T_west.dat')
open (31,file='T_hor.dat')
open (32,file='T_eswterikwn.dat')
open (33,file='T_plakas.dat')
open (34,file='q_north.dat')
open (35,file='q_south.dat')
open (36,file='q_east.dat')
open (37,file='q_west.dat')
open (38,file='q_hor.dat')
```

```
open (39,file='q_eswt.dat')
open (40,file='q_plakas.dat')
open (41 ,file='To.dat')
open (42,file='Ti.dat')
open (43,file='Thermokrasies.dat')
open (44,file='Thermoroos.dat')

!Epilogi diastasewn plegmatos
write(*,*) 'Dwse xroniko diastima meletis fainomenou(se meres)'
write(*,*) 'meres='
read(*,*) meres
write(*,*) 'Dwse xroniko vima(se lepta)'
read(*,*) lepta
write(*,*) 'Dwse arithmo komvwn omoiomorfou plegmatos'
read(*,*) n
write(*,*) 'Dwse pou ksekinaei kai pou teleiwnei to strwma pou thes na exeis
puknwnsi plegmatos stous tesseris toixous'
write(*,*) 'Arxi_toixou='
read(*,*) arxi_toixou
write(*,*) 'Telos_toixou='
read(*,*) telos_toixou
write(*,*) 'Dwse pou ksekinaei kai pou teleiwnei to strwma pou thes na exeis
puknwnsi plegmatos stin orofi'
write(*,*) 'Arxi_orofis='
read(*,*) arxi_orofis
write(*,*) 'Telos_orofis='
read(*,*) telos_orofis
write(*,*) 'Dwse suntelesti puknwnsis plegmatos'
read(*,*) f

!Orismos statherwn
!Paxos ekswtterikwn toixwn
lt=0.26
!Paxos orofis
lo=0.365
!Paxos eswtterikwn toixwn
lp=0.13
```

!Paxos isodunamis plakas epiplwsis

lf=0.05

!Xroniki diarkeia fainomenou

tt=24*3600*meres

!Suntelestes sunagwgis

ho=16

hi=8

hp=8

!Suntelestis thermikis agwgimotitos isopdunamis plakas epiplwsis

kf=0.116

!Olikos suntelestis thermoperatotitas ualopianakwn

U=4

!Puknotita aera

da=1.186

!Puknotita isodunamis plaks epiplwsis

df=592

!Eidiki thermoxwritikotita aera

cpa=1024

!Eidiki thermoxwritikotita isodunamis plakas epiplwsis

cpf=699

!Diasaseis dwmatiou

mikos=10

platos=10

ypsos=3

!Epifaneia ekswterikwn toixwn

At=mikos*ypsos

!Epifaneia eswterikwn toixwn

A_p=60

!Epifaneia orofis

Ar=mikos*platos

!Epifaneia ualopinakwn

A_w=4.5

!Epifaneia isodunamis plakas epiplwsis

Af=60

!Ogkos dwmatiou

va=mikos*platos*ypsos

!Syntelestis M gia Ianouario Ioulio

```
M_Jan=9.384
M_Jul=28.080
!Xroniko vima
dt=lepta*60
!Xwriko vima omoiomorfou plegmatos
!Toixwn
dx_t=lt/(n-1)
!Orofis
dx_o=lo/(n-1)
!Xwriko vima eswterikwn toixwn
dx_p=lp/(n-1)
!Xwriko vima isodunamis plakas epiplwsis
dx_f=lf/(n-1)
!Arithmos xronikwm komvwn
m=tt/dt+1
!Metritis komvwn xwriku plegmatos orofis
counter1=0
!Metritis komvwn xwriku plegmatos ekswterikwn toixwn
counter2=0
x=0

!Puknwnsi plegmatos kai kataxwrisi tw n idiotitwn tou toixou analoga me ti xwriki
diamerisi
rewind(1)
rewind(2)
rewind(3)
rewind(4)
rewind(5)
rewind(6)
rewind(7)
rewind(8)
rewind(9)
rewind(10)
rewind(11)
rewind(12)

do 10 e=1,2
```

```
if (e.eq.1) then
x=0

do 20 j=1,6
read(5,*) k_o(j)
read(6,*) d_o(j)
read(7,*) cp_o(j)
read(8,*) l_o(j)
20 enddo

do 30 i=1,1000

if (x.le.lo) then

if (x.ge.arxi_orofis.and.x.le.telos_orofis) then
dx(e,i)=lo/(n-1)*f
else
dx(e,i)=lo/(n-1)
endif

counter1=counter1+1

if (x.ge.0.and.x.le.l_o(1)) then
k_e(e,i)=k_o(1)
d_e(e,i)=d_o(1)
cp_e(e,i)=cp_o(1)
elseif (x.gt.l_o(1).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2))) then
k_e(e,i)=k_o(2)
d_e(e,i)=d_o(2)
cp_e(e,i)=cp_o(2)
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3))) then
k_e(e,i)=k_o(3)
d_e(e,i)=d_o(3)
cp_e(e,i)=cp_o(3)
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4))) then
k_e(e,i)=k_o(4)
```

```
d_e(e,i)=d_o(4)
cp_e(e,i)=cp_o(4)
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4)).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4)+l_o(5)))
then
k_e(e,i)=k_o(5)
d_e(e,i)=d_o(5)
cp_e(e,i)=cp_o(5)
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4)+l_o(5)).and.x.le.lo) then
k_e(e,i)=k_o(6)
d_e(e,i)=d_o(6)
cp_e(e,i)=cp_o(6)
endif

x=x+dx(e,i)
else
exit
endif

30 enddo

else
x=0

do 40 j=1,5
read(1,*) k_t(j)
read(2,*) d_t(j)
read(3,*) cp_t(j)
read(4,*) l_t(j)
40 enddo

do 50 i=1,1000

if (x.le.lt) then

if (x.ge.arxi_toixou.and.x.le.telos_toixou) then
dx(e,i)=lt/(n-1)*f
else
```



```
dx(e,i)=lt/(n-1)
endif

counter2=counter2+1

if (x.ge.0.and.x.le.l_t(1)) then
k_e(e,i)=k_t(1)
d_e(e,i)=d_t(1)
cp_e(e,i)=cp_t(1)
elseif (x.gt.l_t(1).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2))) then
k_e(e,i)=k_t(2)
d_e(e,i)=d_t(2)
cp_e(e,i)=cp_t(2)
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3))) then
k_e(e,i)=k_t(3)
d_e(e,i)=d_t(3)
cp_e(e,i)=cp_t(3)
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)+l_t(4))) then
k_e(e,i)=k_t(4)
d_e(e,i)=d_t(4)
cp_e(e,i)=cp_t(4)
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)+l_t(4)).and.x.le.lt) then
k_e(e,i)=k_t(5)
d_e(e,i)=d_t(5)
cp_e(e,i)=cp_t(5)
endif

x=x+dx(e,i)
else
exit
endif

50 enddo

endif

10 enddo
```

```
do 60 j=1,3
read(9,*) k_t(j)
read(10,*) d_t(j)
read(11,*) cp_t(j)
read(12,*) l_t(j)
60 enddo

do 70 i=1,n
x=(i-1)*dx_p

if (x.ge.0.and.x.le.l_t(1)) then
k_p(i)=k_t(1)
d_p(i)=d_t(1)
cp_p(i)=cp_t(1)
elseif (x.gt.l_t(1).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2))) then
k_p(i)=k_t(2)
d_p(i)=d_t(2)
cp_p(i)=cp_t(2)
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)).and.x.le.lp) then
k_p(i)=k_t(3)
d_p(i)=d_t(3)
cp_p(i)=cp_t(3)
endif

70 enddo
```

!Kataxwrisi xwrou kai xronou

```
do 80 j=1,m
time(j)=(j-1)*dt)/(24*3600)
80 enddo

xx(1,1)=0
xx(2,1)=0

do 90 e=1,2
```

```
if (e.eq.2) then
```

```
do 100 i=2,counter2
```

```
xx(e,i)=xx(e,i-1)+dx(e,i-1)
```

```
100 enddo
```

```
else
```

```
do 110 i=2,counter1
```

```
xx(e,i)=xx(e,i-1)+dx(e,i-1)
```

```
110 enddo
```

```
endif
```

```
90 enddo
```

```
!Metavoli ekswterikis thermokrasias To
```

```
do 120 j=1,m
```

```
!Xroniko diastima se sec
```

```
t1=(j-1)*dt
```

```
sum1=0
```

```
sum2=0
```

```
rewind(14)
```

```
rewind(16)
```

```
do 130 i=1,3
```

```
read(16,*) c(i)
```

```
read(14,*) s(i)
```

```
130 enddo
```

```
do 140 i=1,3
```

```
sum1=sum1+c(i)*cos(i*4*atan(4.00)/(24*3600)*(t1-0.5d0*3600))
```

```
sum2=sum2+s(i)*sin(i*4*atan(4.00)/(24*3600)*(t1-0.5d0*3600))
```

```
140 enddo
```

```
To(j)=M_Jul+sum1+sum2
```

```
write(41,*) time(j),To(j)
```

```
120 enddo
```

```
!Υπολογισμος isodynamis thermokrasia iliou-aeros
```

```
rewind(22)
```

```
rewind(23)
```

```
rewind(24)
```

```
rewind(25)
```

```
rewind(26)
```

```
!Broxos prosanatolismou(p=1 north,p=2,south,p=3 east,p=4 west,p=5 hor)
```

```
do 170 p=1,5
```

```
if (p.eq.1) then
```

```
do 180 j=1,m
```

```
read(22,*) SHGF(j)
```

```
180 enddo
```

```
do 190 j=1,m
```

```
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)
```

```
190 enddo
```

```
elseif (p.eq.2) then
```

```
do 200 j=1,m
```

```
read(23,*) SHGF(j)
```

```
200 enddo
```

```
do 210 j=1,m
```

```
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)
```

```
210 enddo
```

```
elseif (p.eq.3) then
```

```
do 220 j=1,m
read(24,*) SHGF(j)
220 enddo

do 230 j=1,m
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)
230 enddo

elseif (p.eq.4) then

do 240 j=1,m
read(25,*) SHGF(j)
240 enddo

do 250 j=1,m
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)
250 enddo

else

do 260 j=1,m
read(26,*) SHGF(j)
260 enddo

do 270 j=1,m
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)-3.9
270 enddo

endif

170 enddo
!Arxiki sunthiki
Ti(1)=20
write(42,*) time(1),Ti(1)

do 390 p=1,5
```

```
if (p.ge.1.and.p.le.4) then
```

```
do 400 i=1,counter2
```

```
T_n(1,i)=20
```

```
T_s(1,i)=20
```

```
T_e(1,i)=20
```

```
T_w(1,i)=20
```

```
write(27,*) T_n(1,i)
```

```
write(28,*) T_s(1,i)
```

```
write(29,*) T_e(1,i)
```

```
write(30,*) T_w(1,i)
```

```
400 enddo
```

```
else
```

```
do 410 i=1,counter1
```

```
T_hor(1,i)=20
```

```
write(31,*) T_hor(1,i)
```

```
410 enddo
```

```
endif
```

```
390 enddo
```

```
do 420 i=1,n
```

```
T_eswt(1,i)=20
```

```
write(32,*) T_eswt(1,i)
```

```
420 enddo
```

```
do 430 i=1,n
```

```
T_plakas(1,i)=20
```

```
write(33,*) T_plakas(1,i)
```

```
430 enddo
```

```
do 440 p=1,5
```

```
if (p.ge.1.and.p.le.4) then
```

```
do 450 i=1,counter2-1
q_n(1,i)=0
q_s(1,i)=0
q_e(1,i)=0
q_w(1,i)=0
write(34,*) q_n(1,i)
write(35,*) q_s(1,i)
write(36,*) q_e(1,i)
write(37,*) q_w(1,i)
450 enddo

else

do 460 i=1,counter1-1
q_hor(1,i)=0
write(38,*) q_hor(1,i)
460 enddo

endif

440 enddo

do 470 i=1,n-1
q_eswt(1,i)=0
write(39,*) q_eswt(1,i)
470 enddo

do 480 i=1,n-1
q_plakas(1,i)=0
write(40,*) q_plakas(1,i)
480 enddo

!Broxos xronikou vimatos fainomenou

do 490 j=1,m-1
!Broxos prosanatolismou(p=1 north,p=2,south,p=3 east,p=4 west,p=5 hor)
```

```

do 500 p=1,5

if (p.ge.1.and.p.le.4) then
e=2

!Oriakes sunthikes
Ap(1)=(ho*dx(e,1))/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))+1
Ae(1)=-1
A(1)=(ho*dx(e,1))/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))*Te(p,j)
Aw(counter2)=-1
Ap(counter2)=(dx(e,counter2)*hi)/((2*k_e(e,counter2)*(k_e(e,(counter2-1))))/(k_e(e,counter2)+k_e(e,(counter2-1))))+1
A(counter2)=(dx(e,counter2)*hi)/((2*k_e(e,counter2)*(k_e(e,(counter2-1))))/(k_e(e,counter2)+k_e(e,(counter2-1))))*Ti(j)

if (p.eq.1) then
!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos
!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiwv

do 510 i=2,counter2-1
Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx(e,i-1)
Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx(e,i)
A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt)*T_n(j,i)
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt
510 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,counter2)
elseif (p.eq.2) then

!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos
!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiwv

do 520 i=2,counter2-1
Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx(e,i-1)
Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx(e,i)
A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt)*T_s(j,i)

```



```

Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt
520 enddo

```

```

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,counter2)

```

```

elseif (p.eq.3) then

```

```

!Υπολογισμος suntelestwn tridiagwniou sustimatos

```

```

!Broxos xwrikou vimatos eswterikwn simeiwvn

```

```

do 530 i=2,counter2-1

```

```

Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx(e,i-1)

```

```

Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx(e,i)

```

```

A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt)*T_e(j,i)

```

```

Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt

```

```

530 enddo

```

```

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,counter2)

```

```

else

```

```

!Υπολογισμος suntelestwn tridiagwniou sustimatos

```

```

!Broxos xwrikou vimatos eswterikwn simeiwvn

```

```

do 540 i=2,counter2-1

```

```

Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx(e,i-1)

```

```

Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx(e,i)

```

```

A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt)*T_w(j,i)

```

```

Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt

```

```

540 enddo

```

```

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,counter2)

```

```

endif

```

```

!Kataxwrisi twv lusewn tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigmi

```

```

do 550 i=1,counter2

```

```

if (p.eq.1) then

```

```

T_n(j+1,i)=T(i)

```

```
write(27,*) T_n(j+1,i)
elseif (p.eq.2) then
T_s(j+1,i)=T(i)
write(28,*) T_s(j+1,i)
elseif (p.eq.3) then
T_e(j+1,i)=T(i)
write(29,*) T_e(j+1,i)
else

T_w(j+1,i)=T(i)
write(30,*) T_w(j+1,i)
endif

550 enddo

!Υπολογισμος thermorown

do 560 i=1,counter2-1

if (p.eq.1) then
q_n(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))*(T_n(j+1,i+1)-
T_n(j+1,i)))/dx(e,i)
write(34,*) q_n(j+1,i)

if (i.eq.counter2-1) then
q1=q_n(j+1,i)
endif

elseif (p.eq.2) then
q_s(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))*(T_s(j+1,i+1)-
T_s(j+1,i)))/dx(e,i)
write(35,*) q_s(j+1,i)
if (i.eq.counter2-1) then
q2=q_s(j+1,i)
endif

elseif (p.eq.3) then
```

```

q_e(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))*(T_e(j+1,i+1)-
T_e(j+1,i)))/dx(e,i)
write(36,*) q_e(j+1,i)

if (i.eq.counter2-1) then
q3=q_e(j+1,i)
endif

else
q_w(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))*(T_w(j+1,i+1)-
T_w(j+1,i)))/dx(e,i)
write(37,*) q_w(j+1,i)

if (i.eq.counter2-1) then
q4=q_w(j+1,i)
endif

endif

560 enddo
else
e=1

!Oriakes sunthikes
Ap(1)=(ho*dx(e,1))/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))+1
Ae(1)=-1
A(1)=(ho*dx(e,1))/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))*Te(p,j)
Aw(counter1)=-1
Ap(counter1)=(dx(e,counter1)*hi)/((2*k_e(e,counter1)*k_e(e,(counter1-
1)))/(k_e(e,counter1)+k_e(e,(counter1-1))))+1
A(counter1)=(dx(e,counter1)*hi)/((2*k_e(e,counter1)*k_e(e,(counter1-
1)))/(k_e(e,counter1)+k_e(e,(counter1-1))))*Ti(j)

!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos
!Broxos xwrikou vimatos eswterikwn simeiwv

do 570 i=2,counter1-1

```

```

Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx(e,i-1)
Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx(e,i)
A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt)*T_hor(j,i)
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt
570 enddo

```

```
call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,counter1)
```

!Kataxwrisi tw n lusewn tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigmi

```

do 580 i=1,counter1
T_hor(j+1,i)=T(i)
write(31,*) T_hor(j+1,i)
580 enddo

```

!Ypologismos thermorown

```

do 590 i=1,counter1-1
q_hor(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))*(T_hor(j+1,i+1)-
T_hor(j+1,i)))/dx(e,i)
write(38,*) q_hor(j+1,i)
590 enddo

```

```

q5=q_hor(j,counter1-1)
endif

```

```
500 enddo
```

!Eswterikoi toixoi

!Oriakes sunthikes

```

Ap(1)=(hp*dx_p)/((2*k_p(1)*k_p(2))/(k_p(1)+k_p(2)))+1
Ae(1)=-1
A(1)=(hp*dx_p)/((2*k_p(1)*k_p(2))/(k_p(1)+k_p(2)))*Ti(j)
Aw(n)=-1
Ap(n)=(hp*dx_p)/((2*k_p(n-1)*k_p(n))/(k_p(n-1)+k_p(n)))+1
A(n)=(hp*dx_p)/((2*k_p(n-1)*k_p(n))/(k_p(n-1)+k_p(n)))*Ti(j)

```

```
!Υπολογισμος suntelestwn tridiagwniou sustimatos
```

```
!Broxos xwrikou vimatos eswterikwn simeiwvn
```

```
do 600 i=2,n-1
```

```
Aw(i)=-((2*k_p(i)*k_p(i-1))/(k_p(i)+k_p(i-1)))/dx_p
```

```
Ae(i)=-((2*k_p(i)*k_p(i+1))/(k_p(i)+k_p(i+1)))/dx_p
```

```
A(i)=(d_p(i)*cp_p(i)*dx_p/dt)*T_eswt(j,i)
```

```
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_p(i)*cp_p(i)*dx_p/dt
```

```
600 enddo
```

```
call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)
```

```
!Kataxwrisi twv lusewv tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigmh
```

```
do 610 i=1,n
```

```
T_eswt(j+1,i)=T(i)
```

```
write(32,*) T_eswt(j+1,i)
```

```
610 enddo
```

```
!Υπολογισμος thermorown
```

```
do 620 i=1,n-1
```

```
q_eswt(j+1,i)=-(((2*k_p(i)*k_p(i+1))/(k_p(i)+k_p(i+1)))*(T_eswt(j+1,i+1)-
```

```
T_eswt(j+1,i)))/dx_p
```

```
write(39,*) q_eswt(j+1,i)
```

```
620 enddo
```

```
q6=q_eswt(j+1,1)
```

```
q7=q_eswt(j+1,n-1)
```

```
!Isodunamh plaka epiplwsis
```

```
!Oriakes sunthikes
```

```
Ap(1)=(hp*dx_f)/kf+1
```

```
Ae(1)=-1
```

```
A(1)=(hp*dx_f)/kf+Ti(j)
```

```
Aw(n)=-1
```

```
Ap(n)=(hp*dx_f)/kf+1
```

```
A(n)=(hp*dx_f)/kf+Ti(j)
```

```
!Υπολογισμος suntelestwn tridiagwniou sustimatos
```

```
!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiwvn
```

```
do 630 i=2,n-1
```

```
Aw(i)=-kf/dx_f
```

```
Ae(i)=-kf/dx_f
```

```
A(i)=(df*cpf*dx_f/dt)*T_plakas(j,i)
```

```
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+df*cpf*dx_f/dt
```

```
630 enddo
```

```
call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)
```

```
!Kataxwrisi twvn lusewvn tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigmh
```

```
do 640 i=1,n
```

```
T_plakas(j+1,i)=T(i)
```

```
write(33,*) T_plakas(j+1,i)
```

```
640 enddo
```

```
!Υπολογισμος thermorown
```

```
do 650 i=1,n-1
```

```
q_plakas(j+1,i)=-kf*(T_plakas(j+1,i+1)-T_plakas(j+1,i))/dx_f
```

```
write(40,*) q_plakas(j+1,i)
```

```
650 enddo
```

```
q8=q_plakas(j+1,1)
```

```
q9=q_plakas(j+1,n-1)
```

```
!Υπολογισμος eswterikis thermokrasias aera
```

```
var1=((da*va*cpa)/dt)+U*A_w*4d0
```

```
var2=(da*va*cpa)/dt
```

```
var3=A_w*U
```

```
!Υπολογισμος eswterikis thermokrasias aera
```

```
if (q6.le.0) then
```

```

if (q8.le.0) then
Ti(j+1)=(((q1+q2+q3+q4)*(At-
A_w)+q5*Ar+A_p*(abs(q6)+q7)+Af*(abs(q8)+q9))+var2*Ti(j)+var3*(Te(1,j+1)+Te(2,j+
1)+Te(3,j+1)+Te(4,j+1)))/var1
write(42,*) time(j+1),Ti(j+1)
elseif (q9.le.0) then
Ti(j+1)=(((q1+q2+q3+q4)*(At-A_w)+q5*Ar+A_p*(abs(q6)+q7)+Af*(-
abs(q8)+q9))+var2*Ti(j)+var3*(Te(1,j+1)+Te(2,j+1)+Te(3,j+1)+Te(4,j+1)))/var1
write(42,*) time(j+1),Ti(j+1)
endif

elseif (q7.le.0) then

if (q8.le.0) then
Ti(j+1)=(((q1+q2+q3+q4)*(At-A_w)+q5*Ar+A_p*(-
abs(q6)+q7)+Af*(abs(q8)+q9))+var2*Ti(j)+var3*(Te(1,j+1)+Te(2,j+1)+Te(3,j+1)+
+Te(4,j+1)))/var1
write(42,*) time(j+1),Ti(j+1)
elseif (q9.le.0) then
Ti(j+1)=(((q1+q2+q3+q4)*(At-A_w)+q5*Ar+A_p*(-abs(q6)+q7)+
+Af*(-abs(q8)+q9))+var2*Ti(j)+var3*(Te(1,j+1)+Te(2,j+1)+Te(3,j+1)+Te(4,j+1)))/var1
write(42,*) time(j+1),Ti(j+1)
endif

endif

490 enddo

!Kataxwrisi dedomenwn opoiasdipote meras,xronikis stigmis opoioudipote
prosanatolismou
write(*,*) 'Dwse wra tis imeras(1 ews 24) kai mera(1 ews meres)'
write(*,*) 'wra='
read(*,*) wra
write(*,*) 'mera='
read(*,*) mera

```

```
write(*,*) 'Dwse prosanatolismo (p=1 north,p=2 south,p=3 east,p=4 west,p=5
hor)'
write(*,*) 'pros='
read(*,*) p
j=((mera-1)*24*3600+wra*3600)/dt+1

if (p.eq.1) then
e=2

do 660 i=1,counter2
write(43,*) xx(e,i),T_n(j,i)
660 enddo

do 670 i=1,counter2-1
write(44,*) xx(e,i+1),q_n(j,i)
670 enddo

elseif (p.eq.2) then
e=2

do 680 i=1,counter2
write(43,*) xx(e,i),T_s(j,i)
680 enddo

do 690 i=1,counter2-1
write(44,*) xx(e,i+1),q_s(j,i)
690 enddo

elseif (p.eq.3) then
e=2

do 700 i=1,counter2
write(43,*) xx(e,i),T_e(j,i)
700 enddo

do 710 i=1,counter2-1
write(44,*) xx(e,i+1),q_e(j,i)
```



```
710 enddo

elseif (p.eq.4) then
e=2

do 720 i=1,counter2
write(43,*) xx(e,i),T_w(j,i)
720 enddo

do 730 i=1,counter2-1
write(44,*) xx(e,i+1),q_w(j,i)
730 enddo

else
e=1

do 740 i=1,counter1
write(43,*) xx(e,i),T_hor(j,i)
740 enddo

do 750 i=1,counter1-1
write(44,*) xx(e,i+1),q_hor(j,i)
750 enddo

endif

end

SUBROUTINE TDMA(A6,B6,C6,R6,X6,N)
! SOLVES A SET OF N LINEAR TRIDIAGONAL EQUATIONS
! A,B,C ARE THE SUB,MAIN AND SUPER DIAGONAL ELEMENTS OF THE
MATRIX
! R THE RIGHT HAND VECTOR OF N ROWS
! X THE SOLUTION VECTOR
! A,B,C AND R VECTORS REMAIN UNCHANGED
implicit double precision (a-h,o-z)
DIMENSION GAM(1000),A6(1000),B6(1000),C6(1000),R6(1000),X6(1000)
```

```

BET=B6(1)
X6(1)=R6(1)/BET
! DECOMPOSITION
DO 70 J=2,N
GAM(J)=C6(J-1)/BET
BET=B6(J)-A6(J)*GAM(J)
IF(BET.EQ.0) stop 'ALGORITHM FAILS'
X6(J)=(R6(J)-A6(J)*X6(J-1))/BET
70 CONTINUE
! BACK SUBSTITUTION

DO 80 J=N-1,1,-1
X6(J)=X6(J)-GAM(J+1)*X6(J+1)

80 CONTINUE
RETURN
END

```

program meros_11o **(ΚΩΔΙΚΑΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ 2.14)**

!Metavatiki monodiasitati agwgi thermotitos se toixo pollwn strwmatwn me puknwnsi plegmatos stin perioxi tis monwsis,
!oriakes sunthikes sunagwgis,metavallomeni eswteriki kai ekswteriki
thermokrasia(thermokrasia Athinas gia mina Iouliao
!sumperilamvanomenis kai tis hliakis aktinovoliias) se dwmatio me tesseractois
toixous(prosanatolismou voriou,
!notiou,anatolikou,dutikou antistoixa),orofi,adiavatika monwmeno
patwma,eswterikous toixous sunolikis epifaneias
!60 tetragwnikwn metrwn kai ualopinakes emvadou 4.5 tetragwnikwn metrwn se
kathe enan apo tous tesseractois toixous.
!Meleti klimatismou xwrou

```

implicit double precision (a-h,o-z)
dimension dx(2,200),d_e(2,200),cp_e(2,200),d_t(5),cp_t(5),Ti(58000),To(58000)
dimension A(200),Aw(200),Ap(200),Ae(200),T(200),xx(2,200),time(58000),s(3),c(3),

```

```
SHGF(58000),Te(5,58000)
dimension d_p(200),cp_p(200),T_n(58000,200),T_s(58000,200),
T_e(58000,200),T_w(58000,200),T_hor(58000,200),cp_o(6)
dimension T_eswt(58000,200),q_n(58000,200),q_s(58000,200),
q_e(58000,200),q_w(58000,200),q_hor(58000,200),d_o(6)
dimension q_eswt(58000,200),T_plakas(58000,200),q_plakas(58000,200)
real,dimension(2,200)::k_e
real,dimension(200)::k_p
real,dimension(6)::k_o,l_o
real,dimension(5)::k_t,l_t
integer counter1,counter2,e
real lt,lo,M_Jul,lp,lf,kf
open (1,file='k_t.txt')
open (2,file='d_t.txt')
open (3,file='cp_t.txt')
open (4,file='l_t.txt')
open (5,file='k_o.txt')
open (6,file='d_o.txt')
open (7,file='cp_o.txt')
open (8,file='l_o.txt')
open (9,file='k_p.txt')
open (10,file='d_p.txt')
open (11,file='cp_p.txt')
open (12,file='l_p.txt')
open (14,file='S_Jul.txt')
open (16,file='C_Jul.txt')
open (22,file='SHGF_NJul.dat')
open (23,file='SHGF_SJul.dat')
open (24,file='SHGF_EJul.dat')
open (25,file='SHGF_WJul.dat')
open (26,file='SHGF_HORJul.dat')
open (27,file='T_north.dat')
open (28,file='T_south.dat')
open (29,file='T_east.dat')
open (30,file='T_west.dat')
open (31,file='T_hor.dat')
open (32,file='T_eswterikwn.dat')
```

```
open (33,file='T_plakas.dat')
open (34,file='q_north.dat')
open (35,file='q_south.dat')
open (36,file='q_east.dat')
open (37,file='q_west.dat')
open (38,file='q_hor.dat')
open (39,file='q_eswt.dat')
open (40,file='q_plakas.dat')
open (41 ,file='To.dat')
open (42,file='Ti.dat')
open (43,file='Thermokrasies.dat')
open (44,file='Thermoroos.dat')
open (45,file='MesiTeswt.txt')
write(*,*) 'Dwse isxu klimatistikis suskevis'
write(*,*) 'Pkl='
read(*,*) Pkl

!Epilogi diastasewn plegmatos
write(*,*) 'Dwse xroniko diastima meletis fainomenou(se meres)'
write(*,*) 'meres='
read(*,*) meres
write(*,*) 'Dwse xroniko vima(se lepta)'
read(*,*) lepta
write(*,*) 'Dwse arithmo komvwn omoiomorfou plegmatos'
read(*,*) n
write(*,*) 'Dwse pou ksekinai kai pou teleiwnei to strwma pou thes na exeis
puknwnsi plegmatos stous tesseris toixous'
write(*,*) 'Arxi_toixou='
read(*,*) arxi_toixou
write(*,*) 'Telos_toixou='
read(*,*) telos_toixou
write(*,*) 'Dwse pou ksekinai kai pou teleiwnei to strwma pou thes na exeis
puknwnsi plegmatos stin orofi'
write(*,*) 'Arxi_orofis='
read(*,*) arxi_orofis
write(*,*) 'Telos_orofis='
read(*,*) telos_orofis
```

```
write(*,*) 'Dwse suntelesti puknwsis plegmatos'  
read(*,*) f  
  
!Orismos statherwn  
!Paxos ekswterikwn toixwn  
lt=0.26  
!Paxos orofis  
lo=0.365  
!Paxos eswterikwn toixwn  
lp=0.13  
!Paxos isodunamis plakas epiplwsis  
lf=0.05  
!Xroniki diarkeia fainomenou  
tt=24*3600*meres  
!Suntelestes sunagwgis  
ho=16  
hi=8  
hp=8  
!Suntelestis thermikis agwgimotitos isopdunamis plakas epiplwsis  
kf=0.116  
!Olikos suntelestis thermoperatotitas ualopianakwn  
U=4  
!Puknotita aera  
da=1.186  
!Puknotita isodunamis plaks epiplwsis  
df=592  
!Eidiki thermoxwritikotita aera  
cpa=1024  
!Eidiki thermoxwritikotita isodunamis plakas epiplwsis  
cpf=699  
!Diasaseis dwmatiou  
mikos=10  
platos=10  
ypsos=3  
!Epifaneia ekswterikwn toixwn  
At=mikos*ypsos  
!Epifaneia eswterikwn toixwn
```

```
A_p=60
!Epifaneia orofis
Ar=mikos*platos
!Epifaneia ualopinakwn
A_w=4.5
!Epifaneia isodunamis plakas epiplwsis
Af=60
!Sunoliki epifaneia sunalagis
Atotal=4d0*At+Ar
!Syntelestis thermikis diaperatotitas ktiriou
Um=0.841
!Ogkos dwmatiou
va=mikos*platos*ypsos
!Syntelestis M gia loulio
M_Jul=28.080
!Xroniko vima
dt=lepta*60
!Xwriko vima omoiomorfou plegmatos
!Toixwn
dx_t=lt/(n-1)
!Orofis
dx_o=lo/(n-1)
!Xwriko vima eswterikwn toixwn
dx_p=lp/(n-1)
!Xwriko vima isodunamis plakas epiplwsis
dx_f=lf/(n-1)
!Arithmos xronikwm komvwn
m=tt/dt+1
!Metritis komvwn xwriku plegmatos orofis
counter1=0
!Metritis komvwn xwriku plegmatos ekswterikwn toixwn
counter2=0
Pkl=-Pkl
x=0

!Puknwnsi plegmatos kai kataxwrisi tw n idiotitwn tou toixou analoga me ti xwriki
diamerisi
```

```
rewind(1)
rewind(2)
rewind(3)
rewind(4)
rewind(5)
rewind(6)
rewind(7)
rewind(8)
rewind(9)
rewind(10)
rewind(11)
rewind(12)

do 10 e=1,2

if (e.eq.1) then
x=0

do 20 j=1,6
read(5,*) k_o(j)
read(6,*) d_o(j)
read(7,*) cp_o(j)
read(8,*) l_o(j)
20 enddo

do 30 i=1,1000

if (x.le.lo) then

if (x.ge.arxi_orofis.and.x.le.telos_orofis) then
dx(e,i)=lo/(n-1)*f
else
dx(e,i)=lo/(n-1)
endif

counter1=counter1+1
```

```
if (x.ge.0.and.x.le.l_o(1)) then
k_e(e,i)=k_o(1)
d_e(e,i)=d_o(1)
cp_e(e,i)=cp_o(1)
elseif (x.gt.l_o(1).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2))) then
k_e(e,i)=k_o(2)
d_e(e,i)=d_o(2)
cp_e(e,i)=cp_o(2)
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3))) then
k_e(e,i)=k_o(3)
d_e(e,i)=d_o(3)
cp_e(e,i)=cp_o(3)
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4))) then
k_e(e,i)=k_o(4)
d_e(e,i)=d_o(4)
cp_e(e,i)=cp_o(4)
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4)).and.x.le.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4)+l_o(5)))
then
k_e(e,i)=k_o(5)
d_e(e,i)=d_o(5)
cp_e(e,i)=cp_o(5)
elseif (x.gt.(l_o(1)+l_o(2)+l_o(3)+l_o(4)+l_o(5)).and.x.le.lo) then
k_e(e,i)=k_o(6)
d_e(e,i)=d_o(6)
cp_e(e,i)=cp_o(6)
endif

x=x+dx(e,i)
else
exit
endif

30 enddo

else
x=0
```



```
do 40 j=1,5
read(1,*) k_t(j)
read(2,*) d_t(j)
read(3,*) cp_t(j)
read(4,*) l_t(j)
40 enddo

do 50 i=1,1000

if (x.le.lt) then

if (x.ge.arxi_toixou.and.x.le.telos_toixou) then
dx(e,i)=lt/(n-1)*f
else
dx(e,i)=lt/(n-1)
endif

counter2=counter2+1
if (x.ge.0.and.x.le.l_t(1)) then
k_e(e,i)=k_t(1)
d_e(e,i)=d_t(1)
cp_e(e,i)=cp_t(1)
elseif (x.gt.l_t(1).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2))) then
k_e(e,i)=k_t(2)
d_e(e,i)=d_t(2)
cp_e(e,i)=cp_t(2)
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3))) then
k_e(e,i)=k_t(3)
d_e(e,i)=d_t(3)
cp_e(e,i)=cp_t(3)
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)+l_t(4))) then
k_e(e,i)=k_t(4)
d_e(e,i)=d_t(4)
cp_e(e,i)=cp_t(4)
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)+l_t(3)+l_t(4)).and.x.le.lt) then
k_e(e,i)=k_t(5)
d_e(e,i)=d_t(5)
```

```
cp_e(e,i)=cp_t(5)
endif

x=x+dx(e,i)
else
exit
endif

50 enddo

endif

10 enddo

do 60 j=1,3
read(9,*) k_t(j)
read(10,*) d_t(j)
read(11,*) cp_t(j)
read(12,*) l_t(j)
60 enddo

do 70 i=1,n
x=(i-1)*dx_p

if (x.ge.0.and.x.le.l_t(1)) then
k_p(i)=k_t(1)
d_p(i)=d_t(1)
cp_p(i)=cp_t(1)
elseif (x.gt.l_t(1).and.x.le.(l_t(1)+l_t(2))) then
k_p(i)=k_t(2)
d_p(i)=d_t(2)
cp_p(i)=cp_t(2)
elseif (x.gt.(l_t(1)+l_t(2)).and.x.le.lp) then
k_p(i)=k_t(3)
d_p(i)=d_t(3)
cp_p(i)=cp_t(3)
endif
```

```
70 enddo
```

```
!Kataxwrisi xwrou kai xronou
```

```
do 80 j=1,m
```

```
time(j)=((j-1)*dt)/(24*3600)
```

```
80 enddo
```

```
xx(1,1)=0
```

```
xx(2,1)=0
```

```
do 90 e=1,2
```

```
if (e.eq.2) then
```

```
do 100 i=2,counter2
```

```
xx(e,i)=xx(e,i-1)+dx(e,i-1)
```

```
100 enddo
```

```
else
```

```
do 110 i=2,counter1
```

```
xx(e,i)=xx(e,i-1)+dx(e,i-1)
```

```
110 enddo
```

```
endif
```

```
90 enddo
```

```
!Metavoli ekswterikis thermokrasias To
```

```
do 120 j=1,m
```

```
!Xroniko diastima se sec
```

```
t1=(j-1)*dt
```

```
sum1=0
```

```
sum2=0
```

```
rewind(14)
```

```
rewind(16)
```

```
do 130 i=1,3
read(16,*) c(i)
read(14,*) s(i)
130 enddo

do 140 i=1,3
sum1=sum1+c(i)*cos(i*4*atan(4.00)/(24*3600)*(t1-0.5d0*3600))
sum2=sum2+s(i)*sin(i*4*atan(4.00)/(24*3600)*(t1-0.5d0*3600))
140 enddo

To(j)=M_Jul+sum1+sum2
write(41,*) time(j)*24,To(j)
120 enddo

!Υπολογισμος isodynamis thermokrasia iliou-aeros
sum=0
rewind(22)
rewind(23)
rewind(24)
rewind(25)
rewind(26)
!Broxos prosanatolismou(p=1 north,p=2,south,p=3 east,p=4 west,p=5 hor)

do 170 p=1,5

if (p.eq.1) then

do 180 j=1,m

read(22,*) SHGF(j)
180 enddo

do 190 j=1,m
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)
sum=sum+Te(p,j)
190 enddo
```

```
elseif (p.eq.2) then

do 200 j=1,m
read(23,*) SHGF(j)
200 enddo

do 210 j=1,m
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)
sum=sum+Te(p,j)
210 enddo

elseif (p.eq.3) then

do 220 j=1,m
read(24,*) SHGF(j)
220 enddo

do 230 j=1,m
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)
sum=sum+Te(p,j)
230 enddo

elseif (p.eq.4) then

do 240 j=1,m
read(25,*) SHGF(j)
240 enddo

do 250 j=1,m
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)
sum=sum+Te(p,j)
250 enddo

Else

do 260 j=1,m
```

```
read(26,*) SHGF(j)
260 enddo

do 270 j=1,m
Te(p,j)=To(j)+0.026*1.15*SHGF(j)-3.9
sum=sum+Te(p,j)
270 enddo

endif

170 enddo
Tavg=sum/(5d0*m)
!Anamenomeni mesi eswteriki thermokrasia dwmatiou
Teswteriki=(Pkl+Um*Atotal*Tavg)/(Um*Atotal)
write(45,*) Teswteriki
!Arxiki sunthiki
Ti(1)=20
write(42,*) time(1),Ti(1)

do 390 p=1,5

if (p.ge.1.and.p.le.4) then

do 400 i=1,counter2
T_n(1,i)=20
T_s(1,i)=20
T_e(1,i)=20
T_w(1,i)=20
write(27,*) T_n(1,i)
write(28,*) T_s(1,i)
write(29,*) T_e(1,i)
write(30,*) T_w(1,i)
400 enddo

else

do 410 i=1,counter1
```

```
T_hor(1,i)=20
write(31,*) T_hor(1,i)
410 enddo

endif

390 enddo

do 420 i=1,n
T_eswt(1,i)=20
write(32,*) T_eswt(1,i)
420 enddo

do 430 i=1,n
T_plakas(1,i)=20
write(33,*) T_plakas(1,i)
430 enddo

do 440 p=1,5

if (p.ge.1.and.p.le.4) then

do 450 i=1,counter2-1
q_n(1,i)=0
q_s(1,i)=0
q_e(1,i)=0
q_w(1,i)=0
write(34,*) q_n(1,i)
write(35,*) q_s(1,i)
write(36,*) q_e(1,i)
write(37,*) q_w(1,i)
450 enddo

else

do 460 i=1,counter1-1
q_hor(1,i)=0
```

```

write(38,*) q_hor(1,i)
460 enddo

endif

440 enddo

do 470 i=1,n-1
q_eswt(1,i)=0
write(39,*) q_eswt(1,i)
470 enddo

do 480 i=1,n-1
q_plakas(1,i)=0
write(40,*) q_plakas(1,i)
480 enddo
!Broxos xronikou vimatos fainomenou

do 490 j=1,m-1
!Broxos prosanatolismou(p=1 north,p=2,south,p=3 east,p=4 west,p=5 hor)

do 500 p=1,5

if (p.ge.1.and.p.le.4) then
e=2

!Oriakes sunthikes

Ap(1)=(ho*dx(e,1))/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))+1
Ae(1)=-1
A(1)=(ho*dx(e,1))/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))*Te(p,j)
Aw(counter2)=-1
Ap(counter2)=(dx(e,counter2)*hi)/((2*k_e(e,counter2)*(k_e(e,(counter2-1))))/(k_e(e,counter2)+k_e(e,(counter2-1))))+1
A(counter2)=(dx(e,counter2)*hi)/((2*k_e(e,counter2)*(k_e(e,(counter2-1))))/(k_e(e,counter2)+k_e(e,(counter2-1))))*Ti(j)

```



```
if (p.eq.1) then
```

```
!Υπολογισμος suntelestwn tridiagwniou sustimatos
```

```
!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiwvn
```

```
do 510 i=2,counter2-1
```

```
Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx(e,i-1)
```

```
Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx(e,i)
```

```
A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt)*T_n(j,i)
```

```
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt
```

```
510 enddo
```

```
call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,counter2)
```

```
elseif (p.eq.2) then
```

```
!Υπολογισμος suntelestwn tridiagwniou sustimatos
```

```
!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiwvn
```

```
do 520 i=2,counter2-1
```

```
Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx(e,i-1)
```

```
Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx(e,i)
```

```
A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt)*T_s(j,i)
```

```
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt
```

```
520 enddo
```

```
call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,counter2)
```

```
elseif (p.eq.3) then
```

```
!Υπολογισμος suntelestwn tridiagwniou sustimatos
```

```
!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiwvn
```

```
do 530 i=2,counter2-1
```

```
Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx(e,i-1)
```

```
Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx(e,i)
```

```
A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt)*T_e(j,i)
```

```
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt
```

```
530 enddo
```

```

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,counter2)
else

!Υπολογισμος suntelestwn tridiagwniou sustimatos
!Broxos xwrikou vimatos eswterikwn simeiwv

do 540 i=2,counter2-1
Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx(e,i-1)
Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx(e,i)
A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt)*T_w(j,i)
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt
540 enddo
call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,counter2)
endif

!Kataxwrisi twv lusewn tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigmh

do 550 i=1,counter2

if (p.eq.1) then
T_n(j+1,i)=T(i)
write(27,*) T_n(j+1,i)
elseif (p.eq.2) then
T_s(j+1,i)=T(i)
write(28,*) T_s(j+1,i)
elseif (p.eq.3) then
T_e(j+1,i)=T(i)
write(29,*) T_e(j+1,i)
else
T_w(j+1,i)=T(i)
write(30,*) T_w(j+1,i)
endif

550 enddo

!Υπολογισμος thermorown

```

```
do 560 i=1,counter2-1

if (p.eq.1) then
q_n(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))*(T_n(j+1,i+1)-
T_n(j+1,i)))/dx(e,i)
write(34,*) q_n(j+1,i)
if (i.eq.counter2-1) then
q1=q_n(j+1,i)
endif

elseif (p.eq.2) then
q_s(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))*(T_s(j+1,i+1)-
T_s(j+1,i)))/dx(e,i)
write(35,*) q_s(j+1,i)

if (i.eq.counter2-1) then
q2=q_s(j+1,i)
endif

elseif (p.eq.3) then
q_e(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))*(T_e(j+1,i+1)-
T_e(j+1,i)))/dx(e,i)
write(36,*) q_e(j+1,i)
if (i.eq.counter2-1) then
q3=q_e(j+1,i)
endif

else
q_w(j+1,i)=-(((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))*(T_w(j+1,i+1)-
T_w(j+1,i)))/dx(e,i)
write(37,*) q_w(j+1,i)

if (i.eq.counter2-1) then
q4=q_w(j+1,i)
endif
```

```

endif

560 enddo

else
e=1

!Oriakes sunthikes
Ap(1)=(ho*dx(e,1))/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))+1
Ae(1)=-1
A(1)=(ho*dx(e,1))/((2*k_e(e,1)*k_e(e,2))/(k_e(e,1)+k_e(e,2)))*Te(p,j)
Aw(counter1)=-1
Ap(counter1)=(dx(e,counter1)*hi)/((2*k_e(e,counter1)*(k_e(e,(counter1-1))))/(k_e(e,counter1)+k_e(e,(counter1-1))))+1
A(counter1)=(dx(e,counter1)*hi)/((2*k_e(e,counter1)*(k_e(e,(counter1-1))))/(k_e(e,counter1)+k_e(e,(counter1-1))))*Ti(j)

!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos
!Broxos xwrikou vimatatos eswterikwn simeiwv

do 570 i=2,counter1-1
Aw(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i-1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i-1)))/dx(e,i-1)
Ae(i)=-((2*k_e(e,i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))/dx(e,i)
A(i)=(d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt)*T_hor(j,i)
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_e(e,i)*cp_e(e,i)*(dx(e,i)/2+dx(e,i+1)/2)/dt
570 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,counter1)
!Kataxwrisi twv lusewn tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigmh

do 580 i=1,counter1
T_hor(j+1,i)=T(i)
write(31,*) T_hor(j+1,i)
580 enddo

!Ypologismos thermorown

```

```

do 590 i=1,counter1-1
q_hor(j+1,i)=-(((2*k_e(i)*k_e(e,i+1))/(k_e(e,i)+k_e(e,i+1)))*(T_hor(j+1,i+1)-
T_hor(j+1,i)))/dx(e,i)
write(38,*) q_hor(j+1,i)
590 enddo

q5=q_hor(j,counter1-1)
endif

500 enddo

!Eswterikoi toixoi

!Oriakes sunthikes
Ap(1)=(hp*dx_p)/((2*k_p(1)*k_p(2))/(k_p(1)+k_p(2)))+1
Ae(1)=-1
A(1)=(hp*dx_p)/((2*k_p(1)*k_p(2))/(k_p(1)+k_p(2)))*Ti(j)
Aw(n)=-1
Ap(n)=(hp*dx_p)/((2*k_p(n-1)*k_p(n))/(k_p(n-1)+k_p(n)))+1
A(n)=(hp*dx_p)/((2*k_p(n-1)*k_p(n))/(k_p(n-1)+k_p(n)))*Ti(j)

!Ypologismos suntelestwn tridiagwniou sustimatos
!Broxos xwrikou vimatos eswterikwn simeiwv

do 600 i=2,n-1
Aw(i)=-((2*k_p(i)*k_p(i-1))/(k_p(i)+k_p(i-1)))/dx_p
Ae(i)=-((2*k_p(i)*k_p(i+1))/(k_p(i)+k_p(i+1)))/dx_p
A(i)=(d_p(i)*cp_p(i)*dx_p/dt)*T_eswt(j,i)
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+d_p(i)*cp_p(i)*dx_p/dt
600 enddo

call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)

!Kataxwrisi twv lusewn tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigmi

do 610 i=1,n
T_eswt(j+1,i)=T(i)
write(32,*) T_eswt(j+1,i)

```

```
610 enddo
```

```
!Υπολογισμος thermorown
```

```
do 620 i=1,n-1
```

```
q_eswt(j+1,i)=-(((2*k_p(i)*k_p(i+1))/(k_p(i)+k_p(i+1)))*(T_eswt(j+1,i+1)-  
T_eswt(j+1,i)))/dx_p
```

```
write(39,*) q_eswt(j+1,i)
```

```
620 enddo
```

```
q6=q_eswt(j+1,1)
```

```
q7=q_eswt(j+1,n-1)
```

```
!Isodunami plaka epiplwsis
```

```
!Oriakes sunthikes
```

```
Ap(1)=(hp*dx_f)/kf+1
```

```
Ae(1)=-1
```

```
A(1)=(hp*dx_f)/kf*Ti(j)
```

```
Aw(n)=-1
```

```
Ap(n)=(hp*dx_f)/kf+1
```

```
A(n)=(hp*dx_f)/kf*Ti(j)
```

```
!Υπολογισμος suntelestwn tridiagwniou sustimatos
```

```
!Broxos xwrikou vimatos eswterikwn simeiwv
```

```
do 630 i=2,n-1
```

```
Aw(i)=-kf/dx_f
```

```
Ae(i)=-kf/dx_f
```

```
A(i)=(df*cpf*dx_f/dt)*T_plakas(j,i)
```

```
Ap(i)=-Ae(i)-Aw(i)+df*cpf*dx_f/dt
```

```
630 enddo
```

```
call TDMA(Aw,Ap,Ae,A,T,n)
```

```
!Kataxwrisi twv lusewv tridiagwniou sustimatos tin epomeni xroniki stigmi
```

```
do 640 i=1,n
```

```

T_plakas(j+1,i)=T(i)
write(33,*) T_plakas(j+1,i)
640 enddo

!Υπολογισμος thermorown

do 650 i=1,n-1
q_plakas(j+1,i)=-kf*(T_plakas(j+1,i+1)-T_plakas(j+1,i))/dx_f
write(40,*) q_plakas(j+1,i)
650 enddo

q8=q_plakas(j+1,1)
q9=q_plakas(j+1,n-1)

!Υπολογισμος eswterikis thermokrasias aera
var1=((da*va*cpa)/dt)+U*A_w*4d0
var2=(da*va*cpa)/dt
var3=A_w*U

!Υπολογισμος eswterikis thermokrasias aera

if (q6.le.0) then

if (q8.le.0) then
Ti(j+1)=(((q1+q2+q3+q4)*(At-
A_w)+q5*Ar+A_p*(abs(q6)+q7)+Af*(abs(q8)+q9)+Pkl)+var2*Ti(j)+var3*(Te(1,j+1)+Te
(2,j+1)+Te(3,j+1)+Te(4,j+1)))/var1

if (Ti(j+1).le.Teswteriki) then
Pkl=0
write(42,*) time(j+1)*24,Ti(j+1)
write(*,*)time(j+1)*24
endif

write(42,*) time(j+1)*24,Ti(j+1)
elseif (q9.le.0) then

```

```

Ti(j+1)=(((q1+q2+q3+q4)*(At-A_w)+q5*Ar+A_p*(abs(q6)+q7)+Af*(-
abs(q8)+q9)+Pkl)+var2*Ti(j)+var3*(Te(1,j+1)+Te(2,j+1)+Te(3,j+1)+Te(4,j+1)))/var1

if (Ti(j+1).le.Teswteriki) then
Pkl=0
write(42,*) time(j+1)*24,Ti(j+1)
write(*,*)time(j+1)*24
endif

write(42,*) time(j+1)*24,Ti(j+1)
endif

elseif (q7.le.0) then

if (q8.le.0) then
Ti(j+1)=(((q1+q2+q3+q4)*(At-A_w)+q5*Ar+A_p*(-
abs(q6)+q7)+Af*(abs(q8)+q9)+Pkl)+var2*Ti(j)+var3*(Te(1,j+1)+Te(2,j+1)+Te(3,j+1)+T
e(4,j+1)))/var1

if (Ti(j+1).le.Teswteriki) then
Pkl=0
write(42,*) time(j+1)*24,Ti(j+1)
write(*,*)time(j+1)*24
endif

write(42,*) time(j+1)*24,Ti(j+1)
elseif (q9.le.0) then
Ti(j+1)=(((q1+q2+q3+q4)*(At-A_w)+q5*Ar+A_p*(-abs(q6)+q7)+Af*(-
abs(q8)+q9)+Pkl)+var2*Ti(j)+var3*(Te(1,j+1)+Te(2,j+1)+Te(3,j+1)+Te(4,j+1)))/var1

if (Ti(j+1).le.Teswteriki) then
Pkl=0
write(42,*) time(j+1)*24,Ti(j+1)
write(*,*)time(j+1)*24
endif

write(42,*) time(j+1)*24,Ti(j+1)

```



```
endif

endif

if ((Ti(j+1).ge.27d0).and.(Ti(j+1).lt.27.01d0))then
write(*,*)time(j+1)*24
endif

490 enddo

!Kataxwrisi dedomenwn opoiasdipote meras,xronikis stigmis opoioudipote
prosanatolismou
write(*,*) 'Dwse wra tis imeras(1 ews 24) kai mera(1 ews meres)'
write(*,*) 'wra='
read(*,*) wra
write(*,*) 'mera='
read(*,*) mera
write(*,*) 'Dwse prosanatolismo (p=1 north,p=2 south,p=3 east,p=4 west,p=5
hor)'
write(*,*) 'pros='
read(*,*) p
j=((mera-1)*24*3600+wra*3600)/dt+1

if (p.eq.1) then
e=2

do 660 i=1,counter2
write(43,*) xx(e,i),T_n(j,i)
660 enddo

do 670 i=1,counter2-1
write(44,*) xx(e,i+1),q_n(j,i)
670 enddo

elseif (p.eq.2) then
e=2
```

```
do 680 i=1,counter2
write(43,*) xx(e,i),T_s(j,i)
680 enddo

do 690 i=1,counter2-1
write(44,*) xx(e,i+1),q_s(j,i)
690 enddo

elseif (p.eq.3) then
e=2

do 700 i=1,counter2
write(43,*) xx(e,i),T_e(j,i)
700 enddo

do 710 i=1,counter2-1
write(44,*) xx(e,i+1),q_e(j,i)
710 enddo

elseif (p.eq.4) then
e=2

do 720 i=1,counter2
write(43,*) xx(e,i),T_w(j,i)
720 enddo

do 730 i=1,counter2-1
write(44,*) xx(e,i+1),q_w(j,i)
730 enddo

else
e=1

do 740 i=1,counter1
write(43,*) xx(e,i),T_hor(j,i)
740 enddo
```

```
do 750 i=1,counter1-1
write(44,*) xx(e,i+1),q_hor(j,i)
750 enddo
endif

end

SUBROUTINE TDMA(A6,B6,C6,R6,X6,N)
! SOLVES A SET OF N LINEAR TRIDIAGONAL EQUATIONS
! A,B,C ARE THE SUB,MAIN AND SUPER DIAGONAL ELEMENTS OF THE
MATRIX
! R THE RIGHT HAND VECTOR OF N ROWS
! X THE SOLUTION VECTOR
! A,B,C AND R VECTORS REMAIN UNCHANGED
    implicit double precision (a-h,o-z)
    DIMENSION GAM(1000),A6(1000),B6(1000),C6(1000),R6(1000),X6(1000)
    BET=B6(1)
    X6(1)=R6(1)/BET
! DECOMPOSITION
    DO 70 J=2,N
        GAM(J)=C6(J-1)/BET
        BET=B6(J)-A6(J)*GAM(J)
        IF(BET.EQ.0) stop 'ALGORITHM FAILS'
        X6(J)=(R6(J)-A6(J)*X6(J-1))/BET
70 CONTINUE
! BACK SUBSTITUTION
    DO 80 J=N-1,1,-1
        X6(J)=X6(J)-GAM(J+1)*X6(J+1)

80 CONTINUE

    RETURN
    END
```

