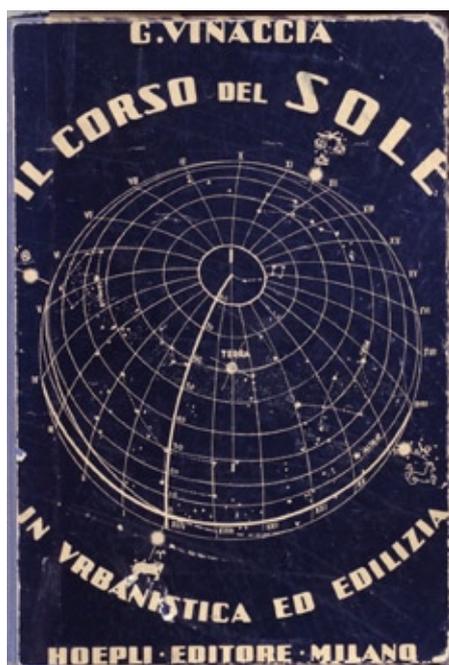


GAETANO VINACCIA
IL CORSO DEL SOLE
IN URBANISTICA ED EDILIZIA



PARTE TERZA
CALCOLO DEGLI EFFETTI TERMICI DELL'INSOLAZIONE

CAPITOLO II
La temperatura dell'atmosfera

CAPITOLO II

LA TEMPERATURA DELL'ATMOSFERA

1. La sua misura.

La temperatura dell'atmosfera, data dall'insolazione, quale risulta dai bollettini meteorologici, è quella misurata all'*ombra*, all'aperto situando il termometro in un luogo ventilato a m. 2,00 dal suolo *.

La *temperatura media diurna* è la media di tutti i valori assunti dalla temperatura in 24 ore. Generalmente si fa la media:

minima +	
massima +	
temperatura alle ore 9 +	
temperatura alle ore 21 +	
	<hr/>	
Totale	
	<hr/>	
	4	= Temp. media diurna

Dalle medie diurne si desumono le medie decadiche, mensili, annuali.

La temperatura viene registrata automaticamente con termografi registratori che segnano l'andamento continuo della temperatura nelle ventiquattro ore.

Da essi è possibile desumere quella *media oraria*, che certi bollettini meteorologici pubblicano, molto utile per stabilire il valore termico esposizionale di cui si tratterà in appresso.

* La temperatura dell'atmosfera diminuisce con l'altezza di 1° C per ogni 180 m., meglio 5,6 per ogni 1000 metri, cifra suscettibile però di variazione a seconda dell'ora, della stagione e del clima.

A 10 km. di altezza la temperatura è costante e si aggira sui - 60° C.

La temperatura *massima* generalmente si ha dopo il passaggio meridiano del Sole, quando si risentono gli effetti dell'insolazione antimeridiana.

La temperatura *minima* si ha la mattina prima del levare del Sole.

La differenza fra la temperatura *massima* e quella *minima* diurna, si chiama *escursione* termica diurna. Essa è massima nei

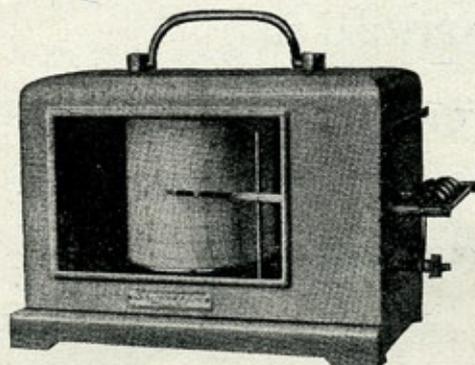


Fig. 95.

Termografo
(Salmoiraghi).

luoghi ad alto irraggiamento notturno, nulla ai poli, aumenta procedendo verso l'equatore. Per una stessa stazione l'escursione termica diminuisce col cielo coperto.

Per uno stesso parallelo varia a seconda della natura della copertura del suolo.

La vegetazione e le grandi masse d'acqua la diminuiscono, la neve e l'assenza di vegetazione l'aumentano.

ISOTERME. — Riunendo su una carta geografica i punti di uguale temperatura si determinano delle linee che perciò sono dette *isoterme*. Queste si distinguono in *isotere* od isoterme d'estate, ed *isochimene* od isoterme d'inverno.

L'*equatore termico* segna la linea di massima media annuale, che corrisponde a 28° lat. N.

I *poli del freddo* o *termici* segnano i punti di minima temperatura annua.

CLIMA. — Sulla base della differenza fra le temperature medie del mese più freddo e quello più caldo i climi si dividono comunemente in tre classi.

Clima marino o meglio regolare: differenza termica < 10°.

Clima medio o moderato: 10° < differenza termica < 20°.

Clima continentale od eccessivo: differenza termica > 20°.

TABELLA XIV. — Influenza della situazione geografica sulla variazione annuale della temperatura

(dall' *Annuaire pour l'an 1938* publié par le Bureau des longitudes).

STAZIONE	Latitudine	M E S E												Escu- sione			
		G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D				
<i>Temperatura in gradi centigradi</i>																	
Irkutsk (Siberia)																	
Continentale	62 1 N	-43,7	-37,6	-22,5	-7,9	5,6	15,6	18,8	14,8	6,1	-7,9	0	0	62,5			
Thorshavn (I. Faerøe)																	
Marittimo	62 3 N	3,1	3,3	3,4	4,8	7,0	9,2	10,5	10,3	8,6	6,7	5	3,5	7,4			
Saint-Louis (Stati Uniti)																	
Continentale	38 38 N	0,1	0,6	6,7	12,7	19,1	23,6	26,3	25,0	21	13,1	7,1	1,9	26,2			
Horta (I. Azorre)																	
Marittimo	38 32 N	14,6	14,2	14,4	15,4	16,8	19,1	21,5	22,3	2,12	19,1	17	15,6	8,1			
Khartum (Sudan Egiziano)																	
Continentale	15 37 N	22,5	24	29,2	31,2	33,6	34,1	32	31	3,18	31,6	27,8	23,7	11,6			
S. Vincenzo (I. Capo Verde)																	
Marittimo	16 54 N	21,6	21,4	21,4	22	22,6	23,5	24,4	25,6	26	25,8	24,6	22,7	4,6			
Nullagine (Australia)																	
Continentale	21 53 S	31,8	31,1	29,1	25,1	20,1	16,4	15,4	17,7	21,7	25,9	29,8	31,5	16,4			
I. Maurizio																	
Marittimo	20 6 S	26	25,8	25,3	24,1	22,3	20,6	19,9	20	20,9	22,2	23,9	25,4	6,1			

Le grandi masse d'acqua funzionano da equilibratori termici, così la vegetazione. La media annuale a pari latitudine è più bassa nel mare che nei continenti, il contrario al di sopra dei 45° lat.

Nella Tabella XIV si raffrontano le temperature di paesi a diverso clima ma situati pressochè alla stessa latitudine nello stesso emisfero per mostrare la diversità d'escursione annuale fra i climi stessi.

L'escursione annuale del clima continentale è molto superiore di quella del clima marittimo a causa dell'alta irradiazione del primo in confronto del secondo.

L'escursione aumenta con la latitudine.

2. La durata dell'insolazione ed i suoi riflessi termici.

La durata annuale dell'insolazione è costante *per tutta la terra* e si può valutare in cifra tonda a:

4400 ore annue

Ma questo totale è variamente distribuito nel corso dell'anno a seconda della latitudine.

All'equatore la durata del giorno varia poco da stagione a stagione. Aumentando la latitudine sia boreale che australe, la durata dell'insolazione varia con la declinazione solare.

I giorni si allungano e raggiungono il loro massimo al solstizio d'estate per l'emisfero boreale; al solstizio d'inverno per quello australe. Il giorno è uguale alla notte agli equinozi, poi si accorcia per raggiungere il minimo al solstizio di dicembre per l'emisfero boreale, ed a quello di giugno per l'emisfero australe.

La lunghezza massima del giorno aumenta con la latitudine; ai circoli polari il giorno arriva alla maggiore durata di 24 ore, ai poli il giorno diventa di sei mesi.

Conseguenza di tutto ciò, una sovrabbondanza dell'insolazione in certi periodi dell'anno e scarsezza in altri.

Spesso il fattore climatologico aggrava queste ineguaglianze perchè nei mesi invernali ad insolazione di minore intensità, il cielo è coperto di nuvole che la riduce ulteriormente.

I riflessi termici di questa ineguaglianza sono evidenti, tanto più che può essere aggravata dall'alta irradiazione dei climi continentali che dissipa il calore solare ricevuto nel giorno.

Ogni calcolazione urbanistica dovrà essere preceduta dallo studio della durata annuale dell'insolazione, che sarà teorica per certi riflessi che vedremo in seguito, reale per certi altri.

3. L'influenza ambientale sugli effetti termici solari

(La non simultaneità degli effetti termici con l'insolazione).

ONDA TERMICA GIORNALIERA.

Mentre si ha la simultaneità dell'insolazione con l'illuminazione, per gli effetti termici questa simultaneità manca, influenzovi le condizioni ambientali.

È ovvio che l'effetto termico dell'insolazione mattutina, quando la temperatura ambientale è bassa per il raffreddamento notturno (ricordiamo: la minima temperatura diurna si verifica poco prima del levare del Sole) è inferiore a quella pomeridiana che gode una temperatura più elevata.

Se noi costruiamo un diagramma polare della temperatura nelle varie ore dello stesso giorno, constatiamo generalmente che la massima temperatura non coincide col passaggio del Sole al meridiano, ma si verifica con un certo ritardo che varia a seconda dei luoghi da 1 a 3 ore.

Nel detto diagramma l'*asse solare*, che passa per l'ora di massima insolazione, cioè per le dodici (mezzodì vero), non coincide con l'*asse termico* passante per l'ora di massima temperatura giornaliera, ma rimane spostato verso le ore pomeridiane.

Questo sfasamento orario, paragonabile a quello delle maree, viene chiamato *onda termica giornaliera*. Essa è frutto di situazioni climatiche locali più che della latitudine.

Riporto dall'Angot il diagramma polare della temperatura oraria annuale che mostra l'onda termica giornaliera per Parigi.

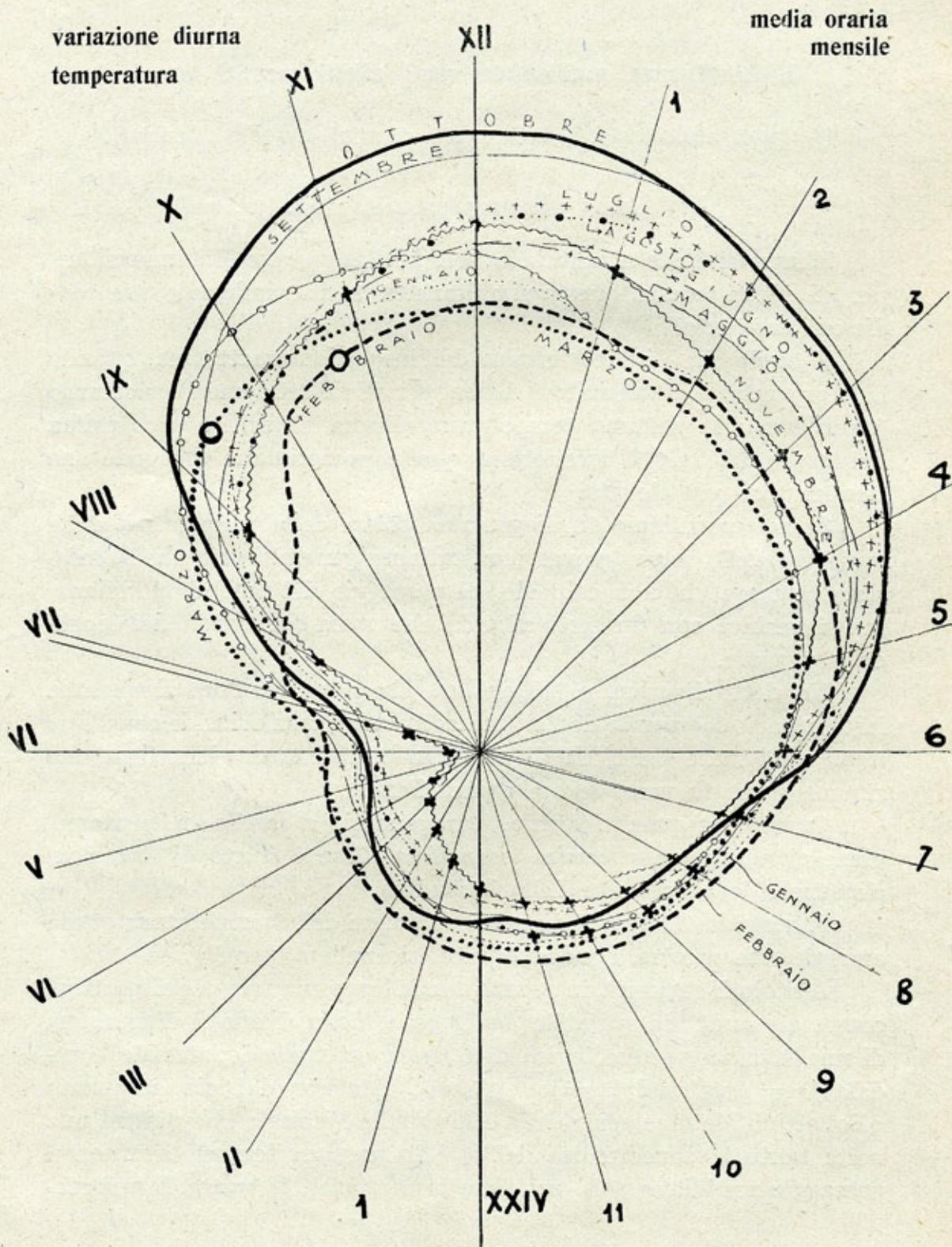
A titolo di curiosità, in quanto non fa legge, ma solo per dimostrare come tale onda sia variabile da luogo a luogo, diamo il diagramma di una stazione meteorologica dell'Africa Orientale equatoriale, Tandala ($\varphi = 9^{\circ}23'$ sud; $\lambda = 34^{\circ}10'$ est), ricavato dal già accennato « Bollettino Meteorologico della Kaiserliche Marine », che mostra una volta tanto la concordanza dell'ora di massima temperatura con il passaggio meridiano Sole (massima insolazione). Si tratta di una sta-

Fig. 96 - Diagramma polare N. 12: Temperatura oraria. Tandala (Emisfero Sud).

$\varphi = 9^{\circ}23' S$; $\lambda = 34^{\circ}14' E$;
 altezza sul mare m. 2051.

Si noti come la massima temperatura giornaliera si verifica a mezzodi per molti mesi dell'anno.

<i>Altezza meridiana</i>	90°	} 25 Febbraio 18 Ottobre
	80°37'	
	57°10'	solstizio d'estate
	74°56'	solstizio d'inverno



zione sita a m. 2051 sul livello del mare e rappresenta un'anomalia alla regola generale dello spostamento pomeridiano.

Tutto ciò è necessario per stabilire il valore termico delle varie esposizioni come si dirà in seguito, ed il fabbisogno di una maggiore insolazione per quelle rivolte verso levante in confronto di quelle rivolte verso ponente che godono di una migliore temperatura ambientale.

Onda termica annuale.

Il ritardo orario del verificarsi della massima temperatura giornaliera in confronto dell'insolazione meridiana, per le stesse ragioni

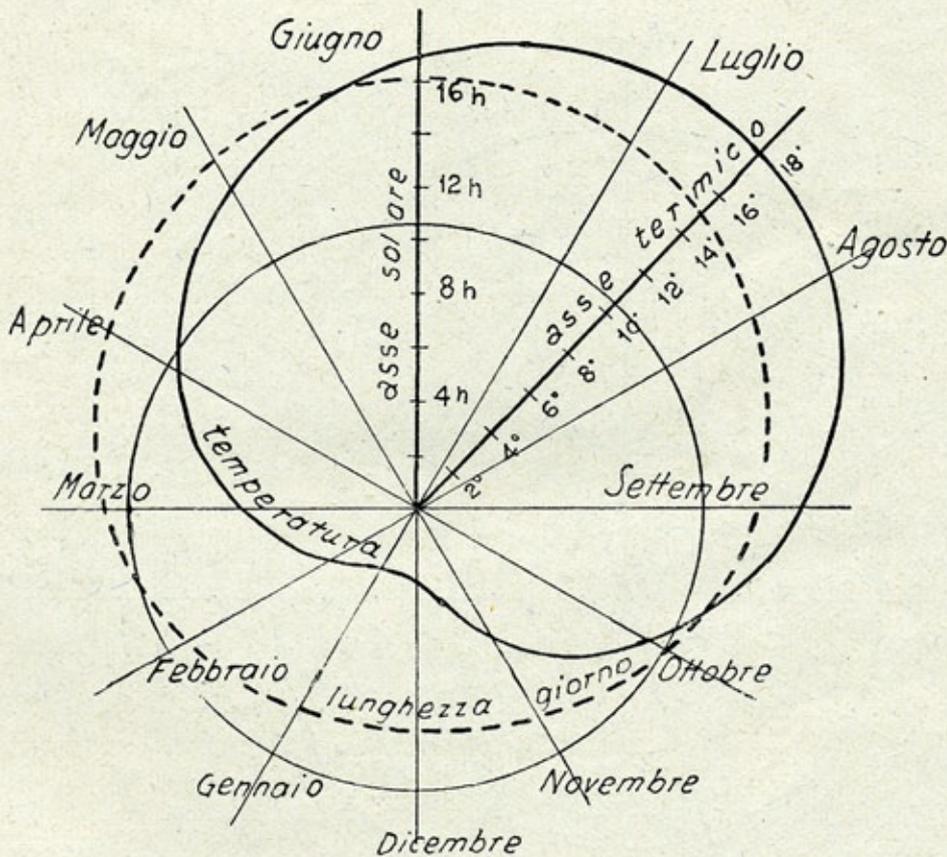


Fig. 97.

diventa stagionale e costituisce l'onda termica annuale per cui l'epoca di massima temperatura corrisponde a quella di massima insolazione, ma la segue con un certo ritardo.

Se si segna in un diagramma polare della temperatura la direzione di quella massima (*asse termico*) si percepisce a colpo d'occhio lo spostamento di questo in confronto di quello solare.

Esso non è uguale per tutti i paesi, più accentuato nei paesi freddi che in quelli caldi, in quelli ad alta irradiazione ed elevata conseguente escursione.

Osservando il notevole spostamento dell'asse termico annuale a Parigi (fig. 97) mentre a Tripoli (fig. 98) coincide con quello solare abbiamo la conferma di quanto è stato detto.

Tutto ciò ha una grande importanza come si comprende per la reale valutazione espositiva dei due effetti principali dell'insolazione = luce e calore.

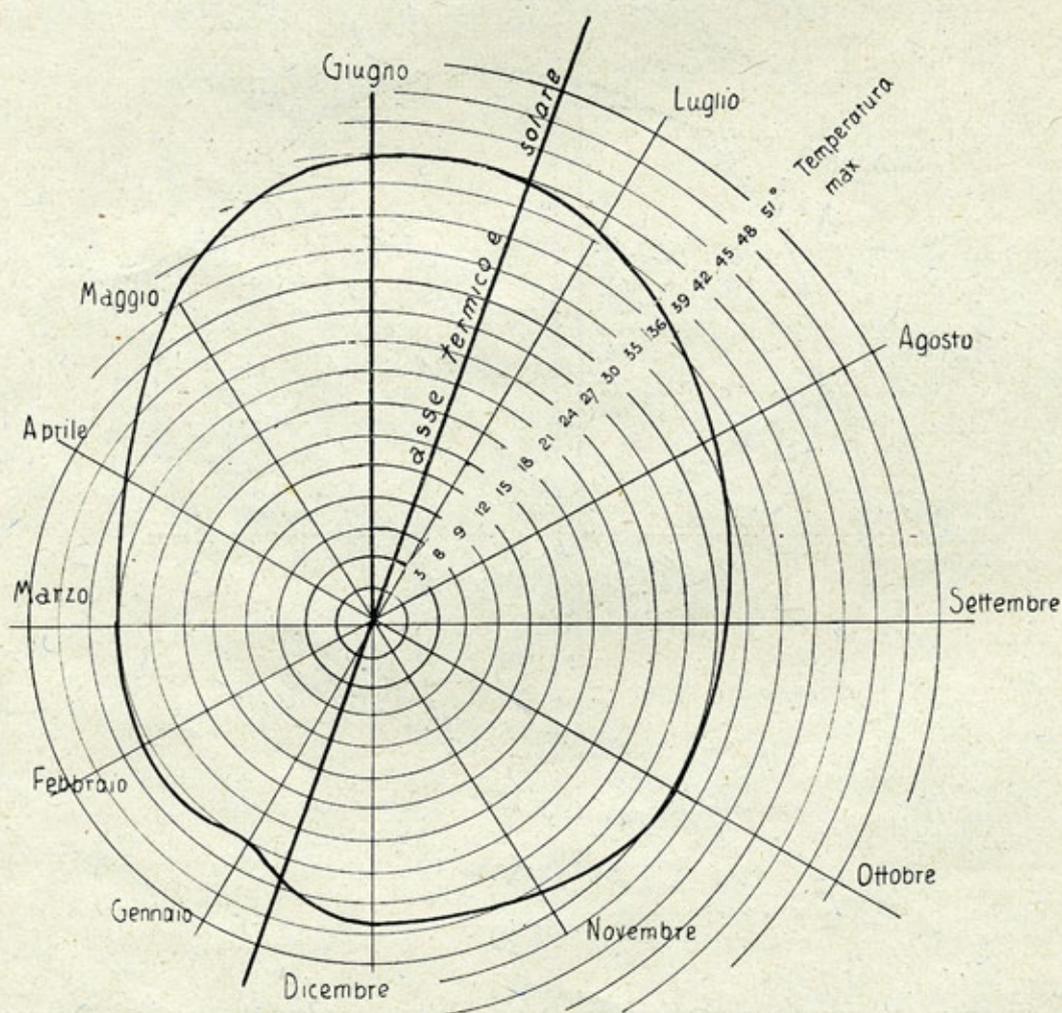


Fig. 98 - Diagramma N. 13: *Variatione annuale della temperatura massima (TRIPOLI, $\varphi = 32^{\circ}54'$).*

Per dare maggior lume in proposito, è stato redatto per un'alta latitudine, Hebron (lat. $58^{\circ}12' N$) nel Labrador, il diagramma della temperatura media mensile (fig. 99), dal quale si rileva il notevole spostamento eliotermico annuale.

La temperatura massima si verifica ai primi di Agosto con un ritardo di 40 giorni rispetto all'insolazione massima.

Analogo spostamento si ha per quelle equinoziali ed invernali.

Lo squilibrio tra la primavera e l'autunno è considerevole. La prima subisce le conseguenze del raffreddamento invernale. La seconda gode ancora del calore estivo.

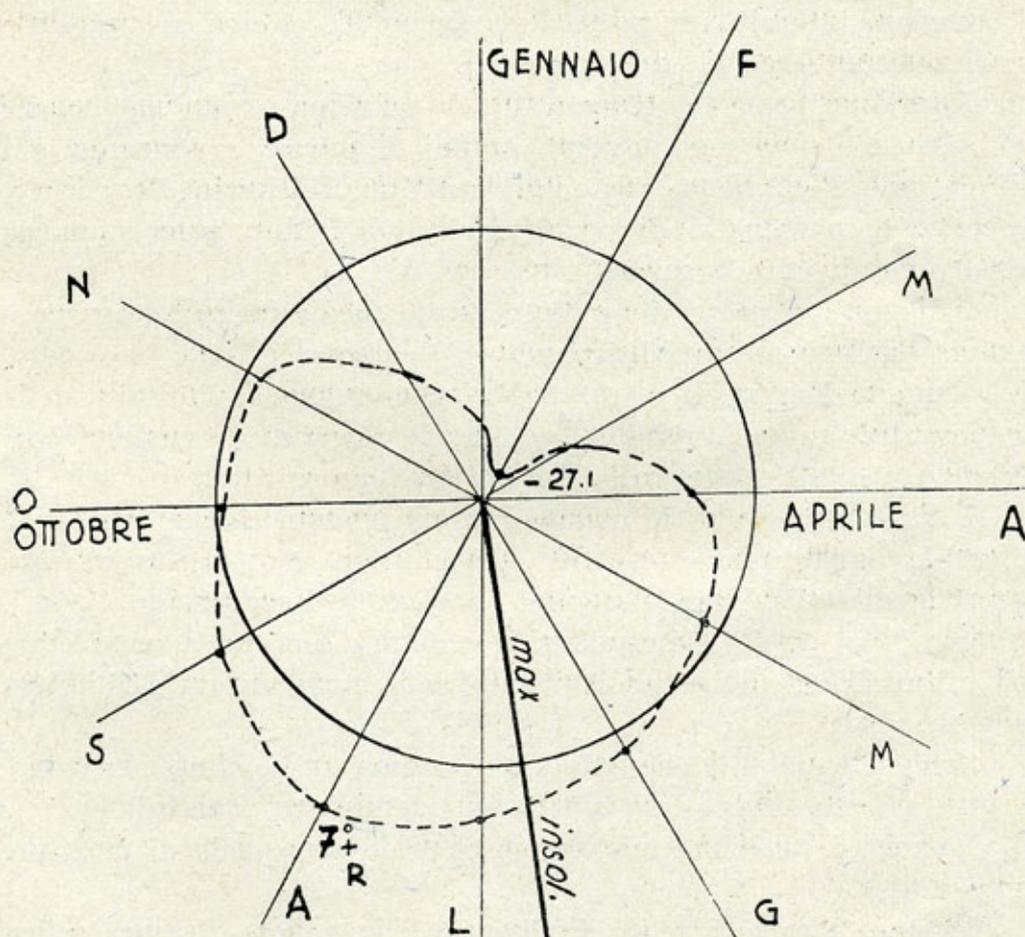


Fig. 99 - Diagramma N. 14: Variazione annuale della temperatura media.

HEBRON (Emisfero Nord, Labrador).

$$\left\{ \begin{array}{l} \varphi = 58^{\circ}12' N \\ \lambda = 62^{\circ}21' W \end{array} \right.$$

La temperatura segnata è la media mensile, espressa in gradi Réaumur.

Questo spostamento si va attenuando con l'abbassarsi della latitudine, meno sentito nel clima marittimo che in quello continentale.

In Italia noi constatiamo che i mesi più caldi sono quelli di Luglio ed Agosto mentre la massima insolazione avviene al solstizio d'estate (21 Giugno).

Zona torrida – Onda termica annuale.

Per dare all'urbanista coloniale nozioni sull'andamento termico nella zona torrida, sono stati redatti parecchi diagrammi per paesi della detta zona, dei due emisferi nord e sud. In essi è segnata l'epoca di massima intensità di insolazione (massima altezza solare) utile per il confronto con le curve termiche.

Rileviamo come la temperatura di massima e minima mensile nel corso dell'anno non presenta grandi differenze, e concorda con l'insolazione. Però mentre nei climi marittimi, Chisimaio, Mogadiscio, l'escursione massima è di pochi gradi; ad Oddur, zona steppica, l'escursione diventa cospicua, circa 20° C.

I diagrammi polari delle temperature medie mensili massime e minime del Togo, stazioni di Kpandu ($\varphi = 6^{\circ}59' N.$), Jendi ($\varphi = 9^{\circ}27' N.$), Sansane Mangu ($\varphi = 10^{\circ}22' N.$) confermano l'uniformità della temperatura annuale minima, e che la massima escursione corrisponda ai mesi primaverili di massima temperatura.

I diagrammi polari di alcune stazioni meteorologiche dell'Africa Orientale equatoriale, ricadenti nell'emisfero sud, scelte in progressione di latitudine, Marienhof ($\varphi = 2^{\circ}0'$), Leudorf ($\varphi = 3^{\circ}22'$), Tandala ($\varphi = 9^{\circ}23'$), Daressalam ($\varphi = 6^{\circ}49'$) servono a completare nel lettore l'idea del comportamento della temperatura nell'intera zona tropicale.

Sono stazioni al livello del mare (Daressalam) a clima marittimo, le altre a forte altezza (m. 2000 s. m.) dell'Africa equatoriale.

L'epoca di massima insolazione coincide con quella di maggiore temperatura.

In questa zona si sente l'influenza della minore distanza solare al perielio (6 Gennaio) che aumenta la temperatura invernale in confronto di quella estiva.

Così pure è da notare come procedendo dall'equatore ai tropici si vadano accentuando le differenze stagionali, poco sensibili all'equatore, ben definite ai due tropici.

EMISFERO AUSTRALE
(Africa Orientale equatoriale).

Diagrammi polari delle temperature massime e minime mensili

(eseguiti con dati dei Bollett. Metereol. della Kaiserliche Marine, 1911-12).

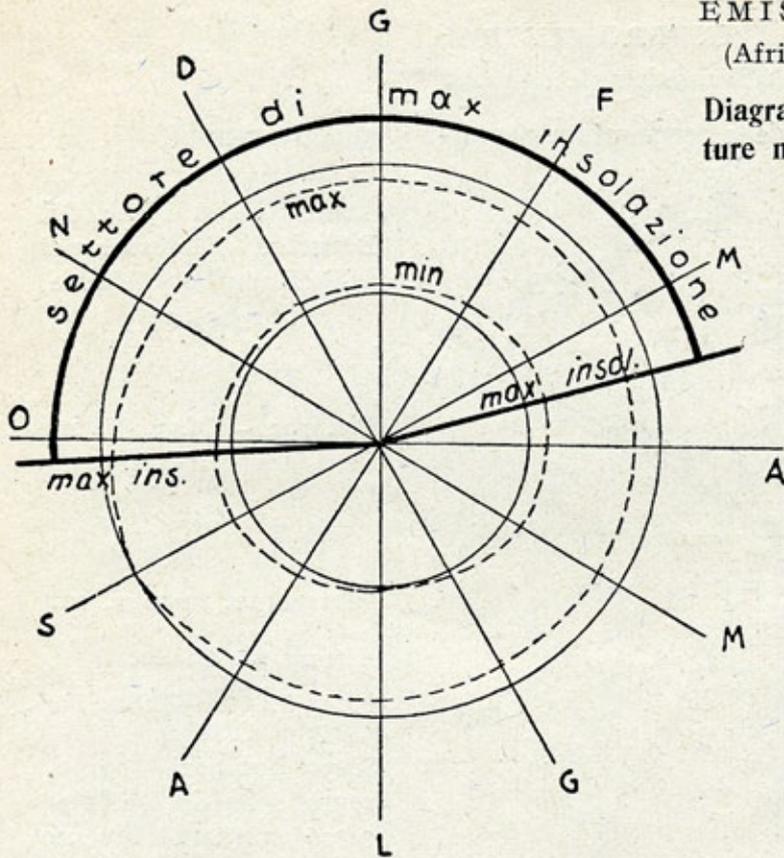


Fig. 100 - Diagr. N. 15:
MARIENHOF.

$$\begin{cases} \varphi = 2^{\circ}0' S \\ \lambda = 33^{\circ}2' E \end{cases}$$

(altezza s. m. 1194 m.)

Altezza meridiana:

- 90° { 15 Marzo
- 29 Settembre
- 88° equinozi
- 64°27' solstizio estate
- 68°33' solstizio inverno

(i gradi sono Réaumur).

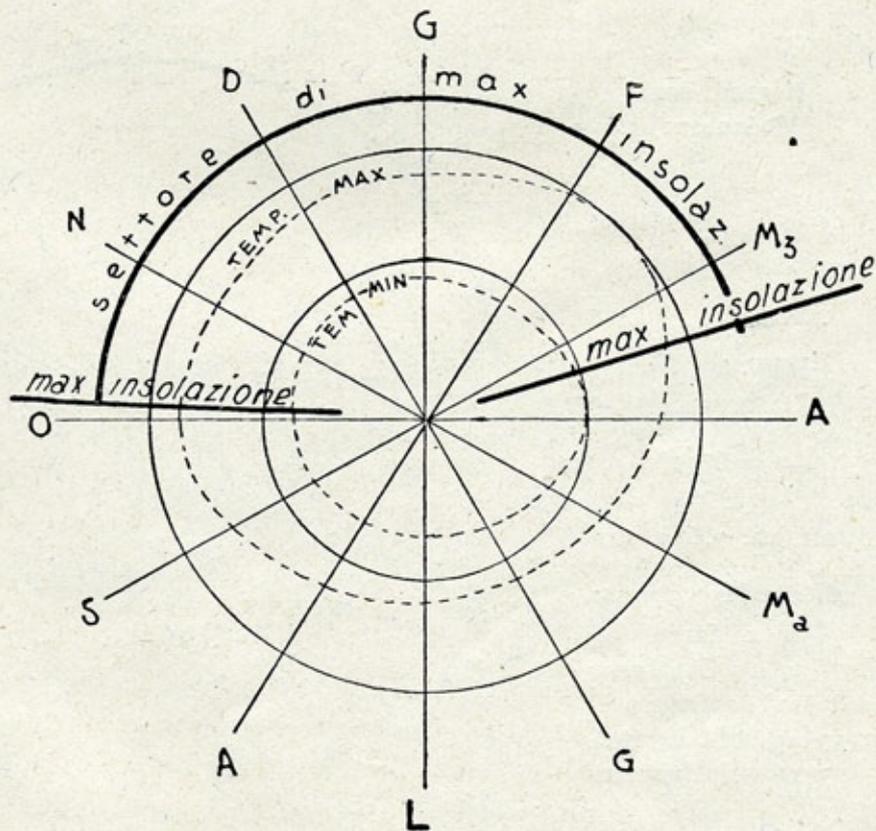
Fig. 101.
Diagramma N. 16:
LEUDORF.

$$\begin{cases} \varphi = 3^{\circ}22' S \\ \lambda = 36^{\circ}50' E \end{cases}$$

(alt. m. 1250 s. m.)

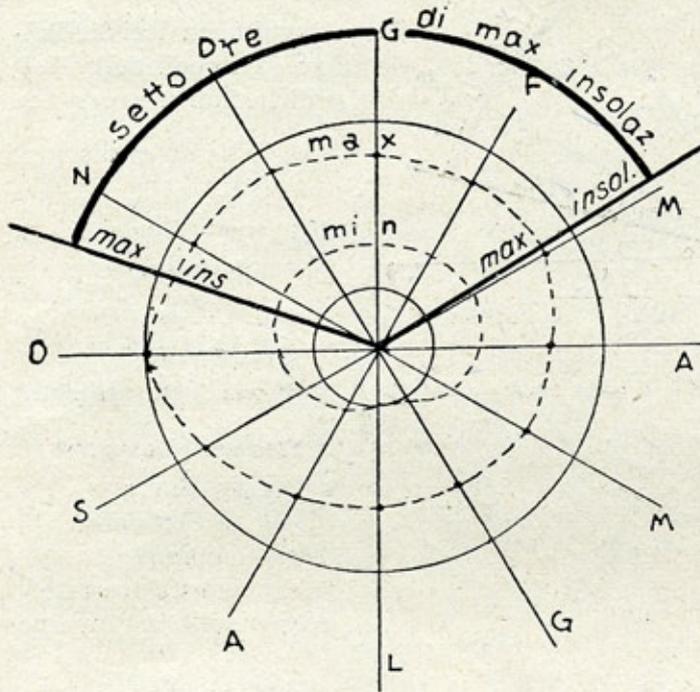
Altezza meridiana:

- 90° { 12 Marzo
- 2 Ottobre
- 86°38' equinozi
- 63°11' sols. estate
- 69°55' sols. inverno



EMISFERO AUSTRALE
(Africa Orientale equatoriale).

Diagrammi polari delle temperature massime e minime mensili



(costruiti con i dati dei Bollettini Meteorologici della Kaiserliche Marine, 1911-12).

Fig. 102 - Diagr. N. 17:
TANDALA.

$\left\{ \begin{array}{l} \varphi = 9^{\circ}23' \text{ S} \\ \lambda = 34^{\circ}14' \text{ E} \end{array} \right.$
(altezza m. 2040 s. m.)

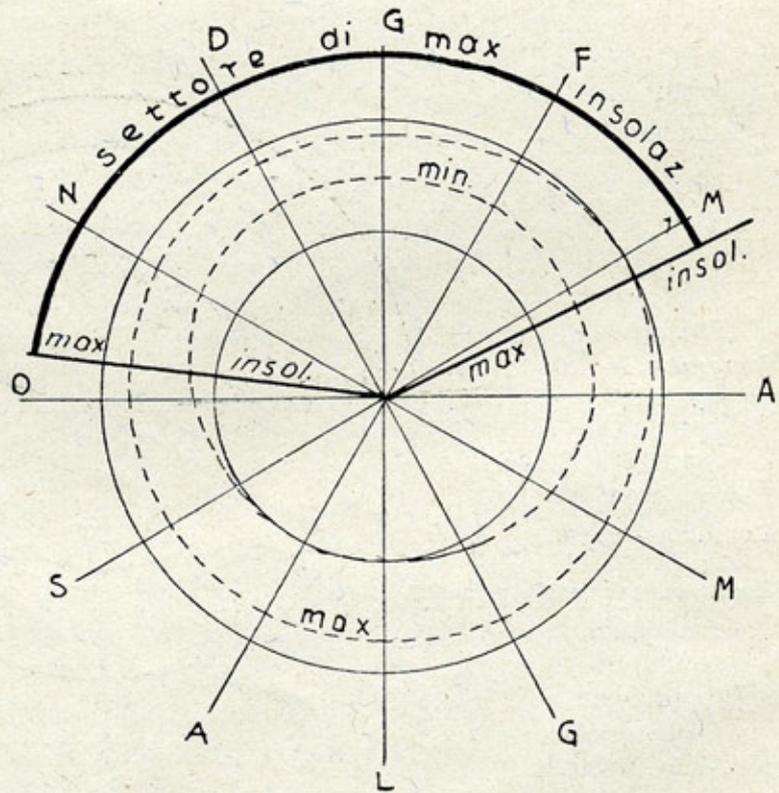
Altezza meridiana:
 $90^{\circ} \left\{ \begin{array}{l} 25 \text{ Febbraio} \\ 18 \text{ Ottobre} \end{array} \right.$
 $80^{\circ}37'$ equinozi
 $57^{\circ}10'$ solstizio d'estate
 $74^{\circ}56'$ solstizio d'inverno

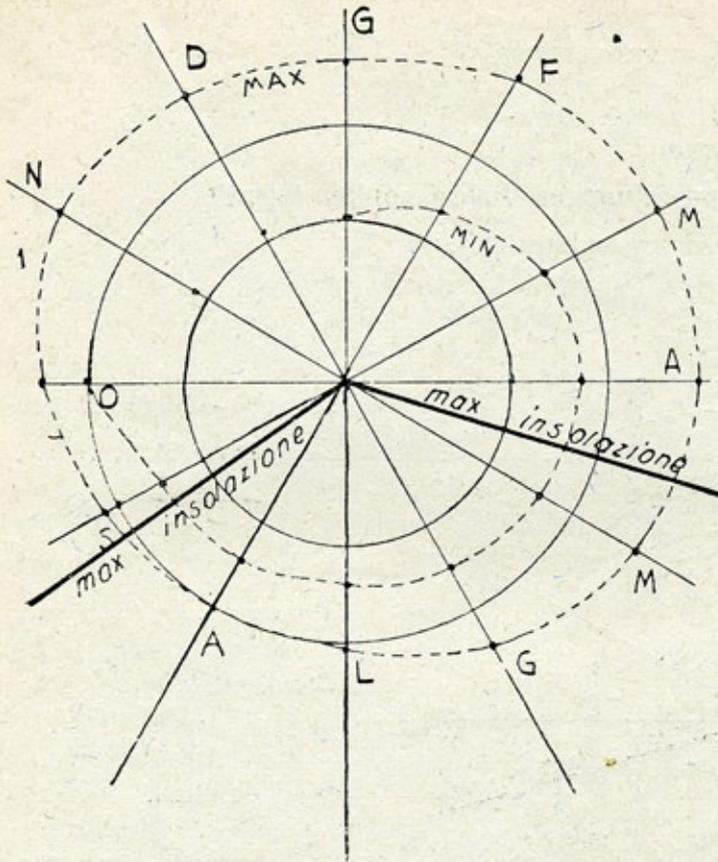
(i gradi sono Réaumur)

Fig. 103.
Diagramma N. 18:
DARESSALAM.

$\left\{ \begin{array}{l} \varphi = 6^{\circ}49' \text{ S} \\ \lambda = 39^{\circ}18' \text{ E} \end{array} \right.$
(alt. m. 7,6 s. m.)

Altezza meridiana:
 $90^{\circ} \left\{ \begin{array}{l} 4 \text{ Marzo} \\ 10 \text{ Ottobre} \end{array} \right.$
 $83^{\circ}11'$ equinozio
 $59^{\circ}44'$ sols. estate
 $73^{\circ}22'$ sols. inverno





EMISFERO BOREALE
(Africa equatoriale).

Diagrammi polari delle temperature massime e minime mensili

(eseguiti con i dati dei Bollettini Meteorologici della Kaiserliche Marine, 1911-12).

Fig. 104 - Diagramma N. 19:
SANSANE MANGU (TOGO).

$$\left\{ \begin{array}{l} \varphi = 10^{\circ}22' \text{ N} \\ \lambda = 0^{\circ}30' \text{ E} \end{array} \right.$$

(altezza m. 160 s. m.)

Max altezza solare meridiana

- { 17 Aprile
- { 26 Agosto

(i gradi sono Réaumur).

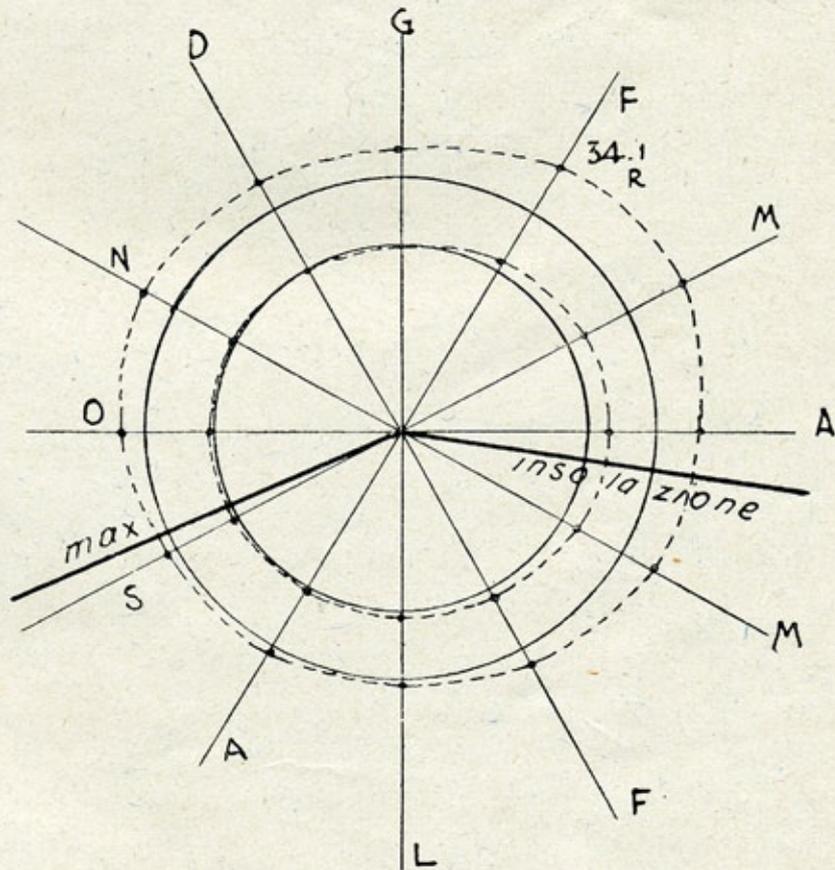
Fig. 105.
Diagramma N. 20:
KPANDU (TOGO).

$$\left\{ \begin{array}{l} \varphi = 6^{\circ}59' \text{ N} \\ \lambda = 0^{\circ}18' \text{ E} \end{array} \right.$$

(alt. m. 170 s. m.)

Altezza meridiana:

- 90° { 7 Aprile
- 90° { 5 Settembre
- 83°1 equinozi
- 106°28' sols. estate
- 59°34' sols. inverno



Variazione della temperatura massima e minima mensile
(Africa equatoriale).

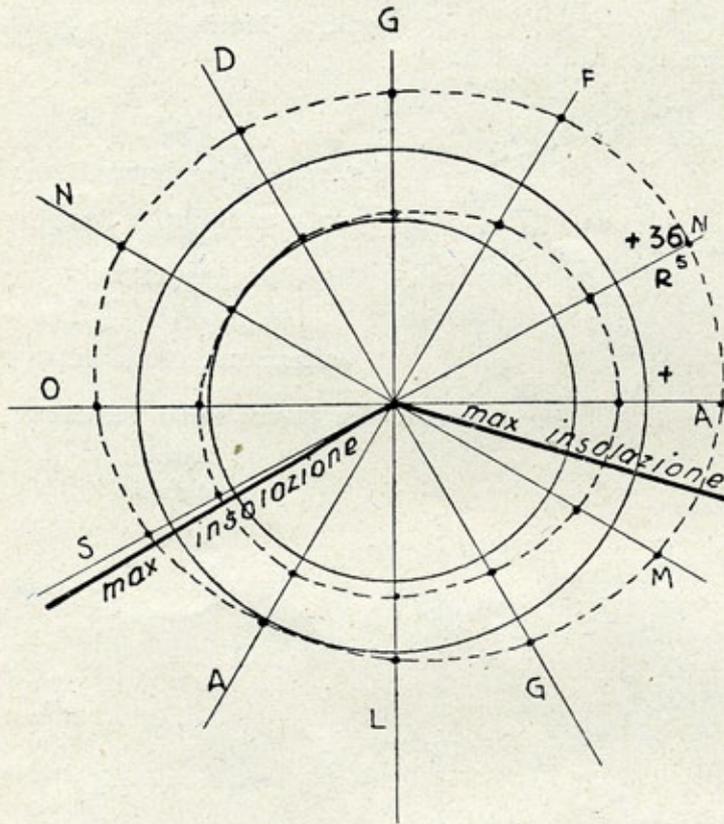


Fig. 106 - *Diagr. N 21:*
JENDI (TOGO).

$$\left. \begin{array}{l} \varphi = 9^{\circ}27' \text{ N} \\ \lambda = 0^{\circ}1' \text{ E} \end{array} \right\}$$

(altezza m. 210 s. m.)

Altezza meridiana:

90° } 14 Aprile
29 Agosto
80°33' equinozi
104° solstizio d'estate;
56°6' equinoz. d'inverno

I gradi segnati sono
Réaumur.

AFRICA ITALIANA

Diagrammi polari delle temperature massime e minime mensili

(costruiti con i dati del Bollet. Meteorologico del Ministero dell'Africa Italiana, 1933).

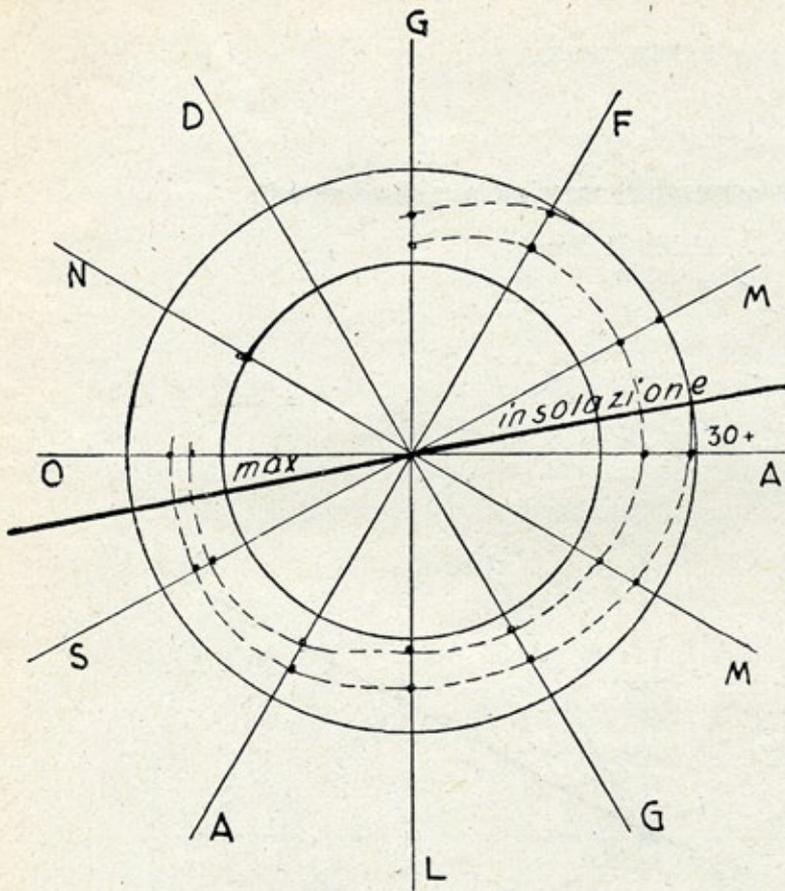


Fig. 107 - Diagr. N. 22: CHISIMAIO.

$$\left. \begin{array}{l} \varphi = 0^{\circ}1' S \\ \lambda = 42^{\circ}33' E \end{array} \right\}$$

(altezza m. 10 s. m.)

Altezza meridiana:

90° } 21 Marzo
 23 Settem. (equin.)
 113°27' solstizio d'estate
 66°33' solstizio d'inverno

(i gradi sono espressi in centigr.)

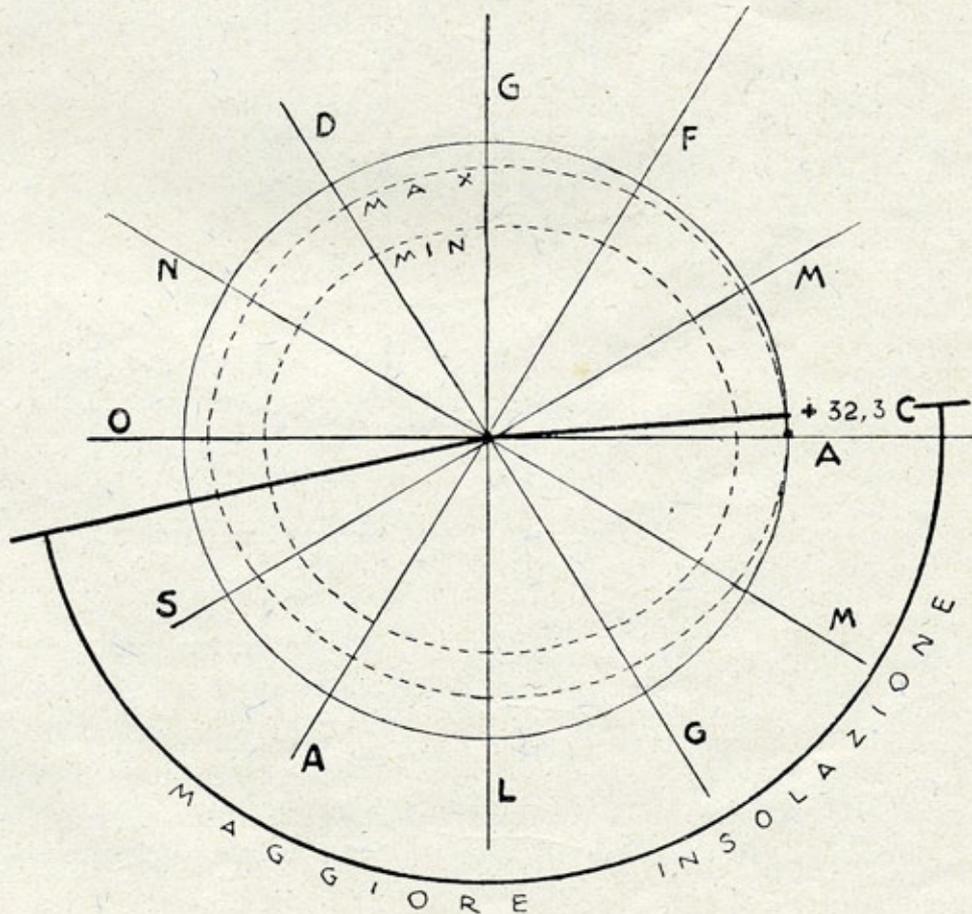
Fig. 107.
 Diagramma N. 23:
 MOGADISCIO.

$$\left. \begin{array}{l} \varphi = 2^{\circ}2' N \\ \lambda = 45^{\circ}21' E \end{array} \right\}$$

(alt. m. 12 s. m.)

Altezza meridiana solare:

90° } 26 Marzo
 18 Settembre
 87°52' equinozi
 111°25' sols. estate
 64°31' sols. inverno



Variatione delle temperature massime e minime mensili
(Africa Italiana)

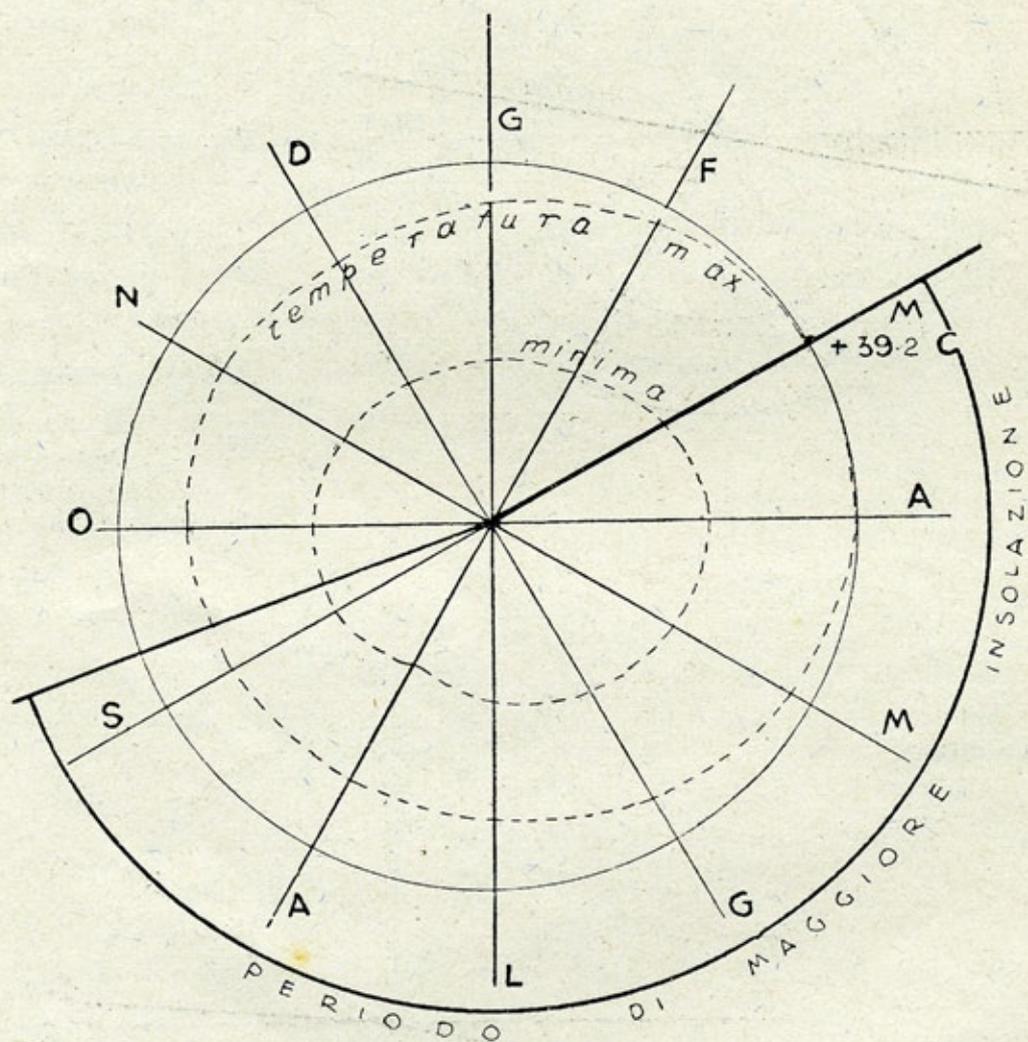


Fig. 108 - Diagramma N. 24: ODDUR.

$\left. \begin{array}{l} \varphi = 4^{\circ}7' \text{ N} \\ \lambda = 43^{\circ}53' \text{ E} \end{array} \right\} \text{ (altezza m. 497 s. m.)}$

Altezza meridiana:

$90^{\circ} \left\{ \begin{array}{l} 31 \text{ Marzo} \\ 12 \text{ Settembre} \end{array} \right.$
 $109^{\circ}20'$ solstizio d'estate
 $62^{\circ}26'$ solstizio d'inverno

4. Valore eliotermico esposizionale parete.

L'ASSE ELIOTERMICO.

L'unità eliotermica. — Per valutare ad un tempo la durata dell'insolazione e l'influenza termica ambientale è stata stabilita l'*unità eliotermica* che è il prodotto di un'ora di Sole per un grado di temperatura ambientale.

Tale valutazione si fa mensilmente prendendo a base la tem-

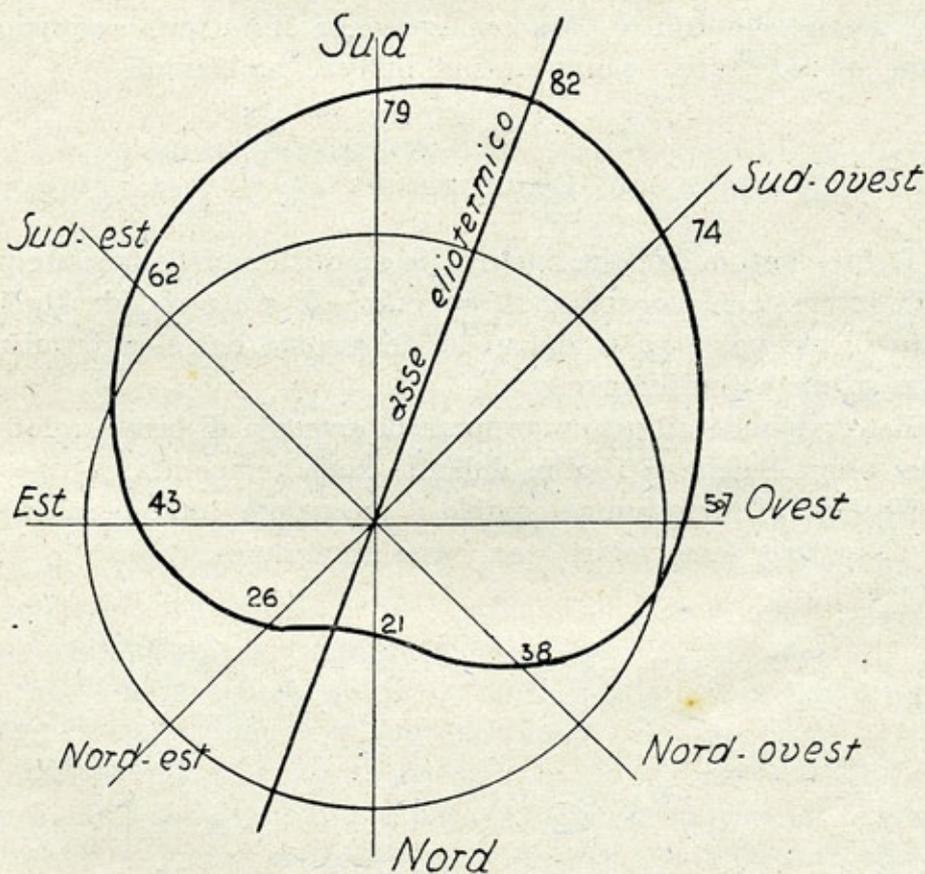


Fig. 109.

peratura media mensile e moltiplicandola per la durata dell'insolazione al 15 del mese.

Le temperature di calcolo naturalmente debbono riferirsi alle varie esposizioni paretali in esame. Così ad esempio se una facciata ha una insolazione della durata di 5 ore, con una temperatura media

ambientale di 5,8 il suo valore eliotermico sarà di $5 \times 5,8 = 29$ unità eliotermiche.

Se con queste calcolazioni si fa un diagramma polare si constata che l'asse principale rimane deviato nello stesso senso di quello termico, ma in misura minore in quanto il fattore durata ha il suo peso su quello termico.

Nella fig. 109 è indicato il diagramma esposizionale di Parigi dal quale si rileva come l'asse eliotermico che divide l'insolazione in due parti disuguali è inclinato di circa 19° rispetto all'asse solare mentre quello termico è inclinato di 45° .

Per Tripoli l'asse termico coincide con quello solare, logicamente anche l'asse eliotermico. Ne consegue che il fattore esposizionale rimane quello teorico senza nessun influsso ambientale.

CONCLUDENDO:

L'asse eliotermico, che riguarda le esposizioni delle facciate piane e non interessa le coperture, le superficie di *rotazione*, dà l'orientamento ideale per i paesi in cui la deviazione dell'asse termico da quello solare è considerevole.

Esso risponde ad un programma di armonia di luce e calore annuale, proprio delle latitudini dell'alta zona temperata.

Variando il programma cambia il suo valore, nullo quando coincide l'asse luce (asse solare) con l'asse eliotermico.