







# GAETANO VINACCIA IL CORSO DEL SOLE IN URBANISTICA ED EDILIZIA



### PARTE TERZA CALCOLO DEGLI EFFETTI TERMICI DELL'INSOLAZIONE

### CAPITOLO IV

## Determinazione teorica dell'intensità calorifica delle parti insolate degli edifici

#### CAPITOLO IV

### DETERMINAZIONE TEORICA DELL'INTENSITÀ CALORIFICA DELLE PARTI INSOLATE DEGLI EDIFICI

Ai fini della difesa termica degli edifici e della ricerca delle forme più acconce al clima è necessario studiare l'intensità calorifica teorica data ad essi dall'insolazione.

L'intensità calorifica ridotta dall'assorbimento atmosferico varia in funzione del coseno dell'angolo che la direzione dei raggi solari fa con la normale alla superficie.

$$i = I \cos \alpha.$$
 (21)

Massima quando i raggi sono perpendicolari alla superficie, minima quando sono radenti. In parole povere, la quantità di calore è sempre la stessa, se noi presentiamo uno schermo perpendicolare la raccoglieremo sulla minima superficie, mentre se lo presentiamo obliquo la diluiremo abbassandone l'intensità.

Ciò si può provare facilmente con un termometro esposto al Sole, che salirà quanto più esso sarà perpendicolare ai raggi.

Dalla detta legge, viene spontanea l'idea di servirsi di essa per diminuire o potenziare al massimo l'intensità calorifica solare, presentando superfici costantemente oblique nel primo caso, o il più possibile perpendicolari ai raggi solari nell'altro caso.

La temperatura di una superficie insolata può arrivare a 100° C. \* Se questo calore non è riflesso, viene assorbito dalla parete e tende a portarsi all'interno.

<sup>\*</sup> H. BALCKE, La tecnique moderne de la protection contre la chaleur et le froid, pag. 190. Dunod, Parigi.

Se questo calore non è riflesso, viene assorbito dalla parete e trasmesso all'interno.

Ne consegue la necessità di conoscere la reale intensità calorifica max data dall'insolazione di una parete per commisurare la difesa termica.

Grande importanza ha la temperatura ambientale di partenza, così la durata dell'insolazione essendo gli effetti direttamente proporzionali ad essa. Sotto una prolungata insolazione la massa paretale, quanto più è considerevole lo spessore tanto più assorbe calore, che risputa fuori quando è cessata l'insolazione, e non permette così di godere dell'abbassamento della temperatura notturna.

#### Ricordiamo:

Il calore viene trasmesso: 1º per irraggiamento secondo la legge di Stefan

$$Q = \alpha \left( T^4 - t^4 \right) \tag{22}$$

dove T e t sono le temperature assolute del corpo emittente e ricevente;  $\alpha$  un coefficiente che dipende dalla natura e stato della superficie emittente e ricevente.

2º per convezione. Questa trasmissione è propria dei fluidi e degli aeriformi. 3º per conduttività.

Sia  $\lambda$  il coefficiente di conduttività di un corpo espresso in calorie, per metro quadrato, per ora e per grado.

Essendo  $t_1$  e  $t_2$  le temperature da una parte e dall'altra della parete

$$\delta = lo$$
 spessore della parete (in cm.)

la quantità di calore trasmessa è:

$$Q = (t_1 - t_2) \frac{\delta}{K} = \text{cal./m}^2/h/^{\circ}.$$
 (23)

Unità di misura della temperatura: il grado centigrado.

Simbolo ed equivalenza delle scale termometriche centiare Réaumur, Centigrado, Fahrenheit.

Réaumur	R	$\frac{5}{4}$ R	$\frac{4}{9}$ (R - 32)
Centigrado	$\frac{4}{5}$ C	c	$\frac{5}{9}$ (C + 32)
Fahrenheit	$\frac{4}{9}$ (F — 32)	$\frac{5}{9}$ (F — 32)	F

Unità di misura di quantità: la caloria. Simbolo = cal.; quantità calore che occorre per riscaldare 1 kg. di acqua pura da 14°5 a 15°5 C a pressione normale.

Piccola caloria (μ th): base 1 grammo d'acqua per 1º C. Termia (th) = 1000 calorie.

### 1. Calcolo della inclinazione reale dei raggi solari con un piano dato.

Per il calcolo dell'intensità calorifica e luminosa di una superficie insolata, occorre determinare l'angolo di inclinazione dei raggi solari con la superficie stessa.

L'inclinazione di una retta con un piano è l'angolo formato dalla retta con la sua proiezione.

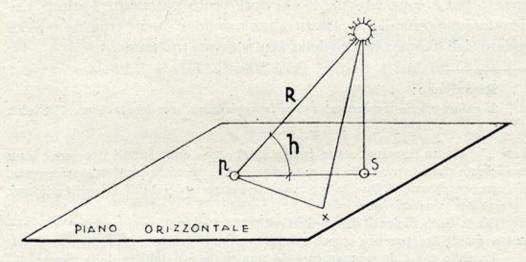


Fig. 110.

Questo angolo è il minore di tutti gli angoli formati dalla retta data con qualunque altra retta del piano che passa per il suo piede.

Perciò il problema della ricerca dell'inclinazione dei raggi solari rispetto ad un piano dato, si riduce alla calcolazione dell'angolo suddetto. Basterà proiettare un punto s del raggio sul piano (fig. 110) congiungerlo col piede (p) del raggio, l'angolo sp sarà quello cercato.

#### INCLINAZIONE DEI RAGGI SOLARI SUL PIANO ORIZZONTALE.

Gli elementi astronomici occorrenti per la determinazione dell'inclinazione sono, l'azimut e l'altezza.

L'altezza del Sole (quale è data dai calcoli astronomici) è anche la misura dell'inclinazione dei raggi solari sul piano orizzontale, come facilmente si rileva dalla fig. 110. Perciò le altezze del Sole, calcolate precedentemente per le varie latitudini, ai solstizi ed agli equinozi sono anche le inclinazioni dei raggi solari rispetto al piano orizzontale.

### INCLINAZIONE DEI RAGGI SOLARI RISPETTO AL PIANO VERTICALE.

L'inclinazione rispetto al piano verticale si ottiene graficamente col ribaltamento dei piani delle ordinate.

I dati del problema sono h altezza solare, ed  $\alpha$  angolo che la proiezione orizzontale del raggio solare fa con la traccia del piano dato.

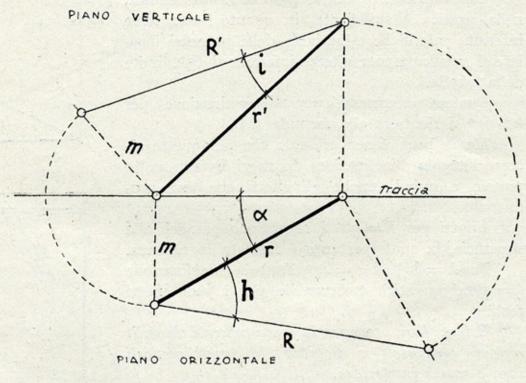


Fig. 111.

Per fare questo ribaltamento si proceda in questo modo (fig. 111). Si segni la proiezione orizzontale r, del raggio che fa l'angolo  $\alpha$  rispetto alla traccia orizzontale del piano dato.

Si ribalti il raggio sul piano orizzontale mediante l'altezza h. Si disegni la controproiezione verticale  $r_1$  e si ribalti il raggio R sul piano verticale in R', riportando la distanza (m). L'angolo i è quello ricercato.

La formula per il calcolo dell'angolo di inclinazione i è:

$$sen i = cos h sen \alpha (24)$$

l'angolo d'incidenza K è il complemento di i  $K = 90^{\circ}-i.$ 

Tenendo presente il grado di approssimazione sufficiente per queste calcolazioni, il lettore potrà nella pratica avvalersi dell'unito diagramma N. 25 che dà i valori i, per tutti quelli di  $\alpha$  da 0° a 90° e per h da 0° a 65°.

Tale altezza, limitata per necessità grafica, nella pratica è sufficiente, in quanto i max delle intensità calorifiche e luminose delle superfici insolate si verificano per altezze inferiore ai 65°, limite della tabella.

Qualora occorresse una determinazione per  $h > 65^{\circ}$  si ricorrerà alla formula (24).

Ma è bene tener presente che per queste altezze l'angolo d'inclinazione dei raggi diventa molto piccolo e quindi anche gli effetti che essi producono.

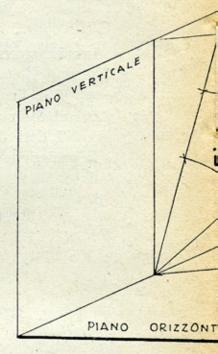
Infatti per  $h = 90^{\circ}$  i raggi sono paralleli alla superficie, la quale pertanto è insolata in radenza.

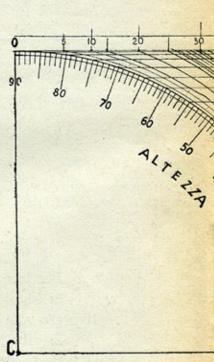
Per  $h = 80^{\circ}$  ed  $\alpha = 45^{\circ}$ , l'angolo d'inclinazione  $i = 1^{\circ}14'$  quantità trascurabile per i suoi effetti reali.

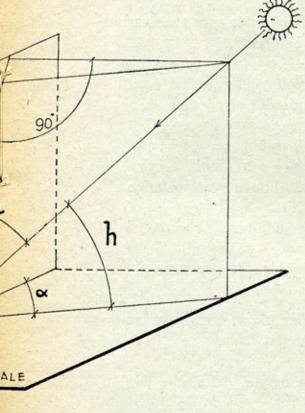
È bene pure osservare in linea generale che nelle regioni equatoriali e tropicali, le pareti verticali sono a scarsa insolazione.

Nel diagramma è segnato con una linea più grossa l'inclinazione  $\alpha = 45^{\circ}$  in quanto è di uso più frequente per la determinazione dell'inclinazione media giornaliera dei raggi solari con una parete verticale rivolta a levante o ponente agli equinozi.

Per fermare meglio nella mente del lettore quanto è stato detto precedentemente circa l'inclinazione dei raggi solari con una parete verticale, si dànno alcuni esempi.





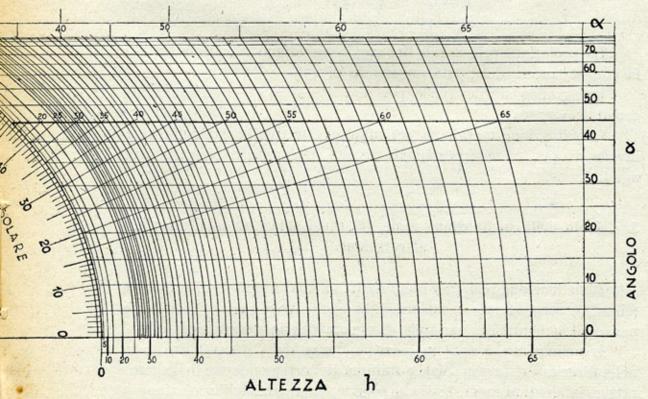


### PARETE VERTICALE.

Fig. 112 – Diagramma N. 25 per il calcolo dell'angolo d'inclinazione (i) dei raggi solari su una parete verticale in funzione dell'altezza h e dell'angolo α che la proiezione orizzontale del raggio fa con la traccia della parete.

Nel diagramma è segnata con una linea più grossa l'inclinazione  $\alpha=45^{\circ}$  in quanto è di uso più frequente per la determinazione dell'inclinazione media giornaliera dei raggi oslari rispetto ad una parete verticale agli equinozi.

Per trovare l'inclinazione basta prendere sull'orizzontale corrispondente all'angolo  $\alpha$ , il punto corrispondente dell'altezza quale è indicato dalle ordinate curve. Congiungere questo punto col centro C, e leggere l'angolo corrispondente sul quadrante graduato.



CALCOLARE ALL'EQUATORE L'INCLINAZIONE max DEI RAGGI SOLARI PER UNA PARETE RIVOLTA A LEVANTE (agli equinozi).

All'equatore il parallelo descritto dal Sole agli equinozi è un cerchio massimo nella direzione E W, quindi ortogonale alla parete est.

Al sorgere i raggi sono perpendicolari alla parete ( $h = 0^{\circ} i = 90^{\circ}$ ) perciò in tal momento la loro intensità calorifica e luminosa teorica sarebbe max. Però decurtandola dell'alto assorbimento atmosferico il suo valore diventa pressochè nullo.

Al passaggio al meridiano il Sole avrà un'altezza  $h = 90^{\circ}$ , i raggi saranno paralleli alla parete  $(i = 0^{\circ})$ .

Lo stesso dicasi per la parete complementare di ponente.

CALCOLARE L'INCLINAZIONE MERIDIANA DEI RAGGI SOLARI SU DI UNA FACCIATA RIVOLTA A S E, AGLI EQUINOZI (lat. 45°).

Si determinano prima gli elementi basilari del calcolo:

$$h = 90^{\circ} - \varphi = 45^{\circ}$$
  
 $\alpha = 45^{\circ}$ .

La proiezione orizzontale del raggio meridiano (direzione N S); fa con la traccia del piano un angolo di 45°.

Dal grafico si rileva che per  $\alpha = 45^{\circ}$ ,  $h = 45^{\circ}$  i (inclinazione cercata) = 29°30'.

L'inclinazione meridiana per una facciata rivolta a mezzodì sarà invece di 45°, mentre per quella rivolta a levante o ponente sarà uguale a 0°.

### 3. Calcolo della inclinazione reale dei raggi solari su una superficie di rotazione.

L'inclinazione reale dei raggi solari su una superficie di rotazione (cilindro, cono, sfera) si misura sulle generatrici. Essa è costante per ogni generatrice, variabile di generatrice in generatrice.

L'inclinazione è max in corrispondenza della generatrice posta nella direzione dei raggi solari e minima in corrispondenza delle generatrici tangenti ai raggi stessi che sono le separatrici dell'insolazione.

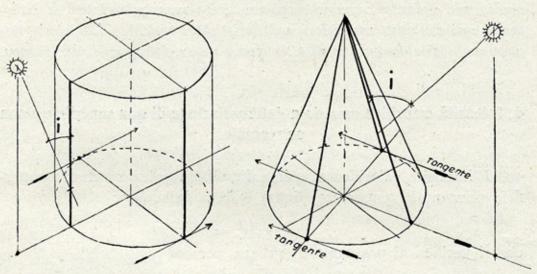


Fig. 113 - Cilindro, cono.

Ogni superficie sferica presenta sempre un cerchio massimo nella direzione dei raggi solari.

L'inclinazione (i) dei raggi solari rispetto a questo cerchio non è costante. Va da un massimo nel punto (P) in cui il raggio incontra il centro, ad un minimo  $(i = 0^{\circ})$  nei punti di tangenza dei raggi stessi.

### CALCOLO DELL'INTENSITÀ CALORIFICA DATA DALL'INSOLAZIONE

L'intensità calorifica data dall'insolazione è funzione di due leggi, quella di Bouguet dell'assorbimento atmosferico che la fa variare a seconda dell'altezza solare e quella del coseno che apporta una ulteriore variazione in funzione dell'angolo d'incidenza dei raggi.

È bene tener presente che l'influenza dell'assorbimento atmosferico capovolge spesso i risultati che si avrebbero dalla pura e semplice applicazione della legge del coseno.

Infatti agli equinozi per una facciata rivolta a levante l'intensità max calorifica si dovrebbe avere quando i raggi sono perpendicolari alla facciata stessa, cioè al suo sorgere, ma per un'altezza 0º l'assorbimento atmosferico (esclusa l'influenza della trasparenza) riduce pressochè a zero l'intensità calorifica.

Ecco la necessità di determinare, paese per paese, per le diverse esposizioni con opportuni diagrammi il variare dell'intensità calorifica,

studiarne l'andamento orario stagionale con i massimi relativi, e valutando così con esattezza le loro caratteristiche termiche. Ciò si può ottenere anche direttamente con l'attinometro autoregistratore di M. Henry.

### 4. Intensità calorifica max data dall'insolazione di una superficie piana orizzontale.

L'intensità calorifica massima data dall'insolazione di una superficie orizzontale (copertura piana) è data dalla (21):

$$I = \operatorname{sen} h_{max}$$

che si verifica al passaggio meridiano per cui

$$I = \operatorname{sen} H$$
.

Termine di comparazione è l'intensità di una superficie piana perpendicolare ai raggi solari alla quale si dà il valore I (escluso trasparenza).

Al solstizio d'inverno l'intensità max calorifica è all'equatore (0,92) mentre al circolo polare è nulla.

Al solstizio d'estate invece l'intensità max si ha al tropico del Cancro (1), mentre all'equatore l'intensità è ancora (0,92) pari a quella della latitudine 47° N; al circolo polare è (0,73), al Polo (0,40).

Ciò spiega l'alta temperatura estiva dei paesi della zona temperata.

Agli equinozi l'intensità max è all'equatore (1) mentre al tropico (0,92), al circolo polare (0,40) al Polo (0). Ecco altra ragione dell'alta temperatura annuale della zona equatoriale (due massimi annuali) e il perchè della maggiore temperatura annuale agli equinozi.

### Intensità calorifica max data dall'insolazione di una superficie piana verticale.

Esposizione di Levante o ponente. (Emisfero boreale).

Per una superficie piana verticale rivolta a levante o ponente l'insolazione teorica di massima intensità calorifica si avrebbe teoricamente al sorgere ed al tramonto, quando la direzione dei raggi solari essendo orizzontale si trova in un piano perpendicolare alla superficie stessa. Invece per effetto dell'assorbimento atmosferico, come è stato già detto, l'intensità calorifica è quasi nulla e quella massima si verifica più tardi.

Ad esempio all'equatore l'insolazione equinoziale delle facciate di levante e ponente arriva alla sua massima intensità di 0,63 alle ore 8 e 50<sup>m</sup>.

Nella zona temperata boreale le facciate esposte a levante e ponente presentano forti variazioni stagionali dell'intensità massima calorifica data dall'insolazione.

Al solstizio d'estate si ha in esse la massima intensità calorifica di tutte le facciate; doppia di quella rivolta a mezzogiorno, che è poi una delle più fresche.

Tale massima intensità si mantiene sino agli equinozi, dopo declina rapidamente per raggiungere la minima al solstizio d'inverno (metà di quella rivolta a mezzogiorno).

L'intensità calorifica massima non si verifica a metà del percorso ma dopo circa 2 ore dal sorgere o prima del tramonto agli equinozi, ad ore 1 ½ al solstizio d'inverno ed ore 3 ½ a quello di estate. Ragguagliando tale tempo alla effettiva durata dell'insolazione si ha che la massima intensità è più prossima al sorgere ed al tramonto nel periodo invernale che in quello estivo.

Riassumendo: nell'emisfero boreale nella zona temperata, le facciate rivolte a levante e ponente sono caldissime di estate e fredde d'inverno.

### SUPERFICIE PIANA VERTICALE

(Facciata).

### Esposizione di mezzogiorno. (Emisfero boreale).

Per una superficie piana verticale rivolta a mezzogiorno, l'intensità calorifica meridiana dovuta ai raggi solari, è proporzionale al coseno dell'altezza meridiana

#### $I = \cos H$ .

Però tale intensità calorifica non è sempre la massima. Per le latitudini basse l'intensità calorifica massima si ottiene invece per azimut del Sole non estremi. Gli effetti calorifici dovuti all'insolazione della detta superficie piana verticale, aumentano con la latitudine.

Ciò spiega l'importanza dal punto di vista termico di questa esposizione per i paesi freddi.

Ricordiamo che dall'equinozio di primavera a quello di autunno, questa esposizione è priva di Sole all'equatore.

Nella zona temperata dell'emisfero boreale la facciata rivolta a mezzogiorno ha un andamento termico stagionale equilibrato.

Al solstizio d'inverno l'intensità calorifica massima è doppia di quella delle facciate rivolte a levante e ponente, mentre al solstizio d'estate ne è la metà, ed agli equinozi l'eguaglia.

Nella zona temperata l'esposizione di mezzogiorno è fresca d'estate e calda d'inverno.

### SUPERFICIE VERTICALE

(Facciata).

### ESPOSIZIONE DI SETTENTRIONE. (Emisfero boreale).

Questa superficie è insolata solo dall'equinozio di primavera a quello di autunno la mattina e la sera nella zona temperata, prima debolmente, poi aumentando sino a raggiungere il massimo d'intensità al solstizio d'estate per poi diminuire o cessare del tutto all'equinozio di autunno.

L'intensità max teorica si dovrebbe avere al sorgere e al tramonto del Sole se non ci fosse l'assorbimento atmosferico.

Ricordiamo che all'equatore, l'insolazione della detta parete dura tutto il giorno dall'equinozio di primavera a quello di autunno raggiungendo l'intensità massima al solstizio d'estate.

Nella zona tropicale il detto periodo equatoriale d'insolazione va diminuendo col progredire della latitudine, sicchè al tropico del Cancro l'insolazione di un giorno intero si ha solo al solstizio d'estate.

Nella zona temperata dell'emisfero boreale l'intensità calorifica max estiva è paragonabile a quella invernale delle facciate rivolte a levante o ponente. Essa si verifica dopo un'ora e mezza dal sorgere o prima del tramonto.

Tale intensità max calorifica estiva della facciata nord si può paragonare a quella sud con cielo coperto.

### SUPERFICIE VERTICALE

(Facciata).

Esposizione di N-E, N-O. (Emisfero boreale, zona temperata).

Dall'inclinazione elio-termica dell'asse stradale (v. Parte IV) derivano le esposizioni eliotermiche di N-E, N-O, che beneficiano del Sole anche in inverno. Questa insolazione invernale ha un valore psicologico e biologico; i suoi effetti calorifici sono molto bassi.

L'intensità max equinoziale si può paragonare a quella massima della facciata rivolta a sud al solstizio d'estate.

L'intensità calorifica max al solstizio d'estate è molto elevata, minore di poco di quella che si verifica nella facciata rivolta a levante o ponente nello stesso momento, che è la maggiore di tutte.

Tali max vengono raggiunti agli equinozi dopo ore 1 ½ dal sorgere o prima del tramonto, mentre al solstizio d'estate la massima intensità si ha dopo ore 2 ½.

Nella zona temperata le facciate rivolte a N-E, N-O sono fredde in autunno ed in inverno, e calde d'estate.

### SUPERFICIE VERTICALE

(Facciata).

ESPOSIZIONE DI S-E, S.O. (Emisfero boreale, zona temperata).

Le esposizioni di S-E, S-O sono nella zona temperata le migliori per uniformità d'insolazione.

Al solstizio d'inverno l'intensità calorifica massima è analoga a quella della facciata rivolta a sud; agli equinozi ne è di poco superiore.

Al solstizio d'estate l'intensità calorifica massima raggiunge quasi quella delle facciate rivolte a N-E, N-O.

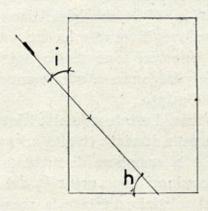
L'intensità massima viene raggiunta dopo circa ore 1 ½ dal sorgere o prima del tramonto agli equinozi, dopo circa ore 2 ½ al solstizio d'estate, e circa mezz'ora al solstizio d'inverno.

Nella zona temperata le facciate rivolte a S-E, S-O sono calde d'inverno e fresche d'estate, le meglio insolate agli equinozi.

Esposizione ideale per la zona temperata boreale.

### 6. Intensità calorifica max dell'insolazione di una superficie di rotazione.

Ogni superficie di rotazione presenta sempre una generatrice ed una sola nel piano della direzione dei raggi solari (cioè una linea). L'intensità max si ha quando una generatrice si presenta perpendicolare ai raggi.



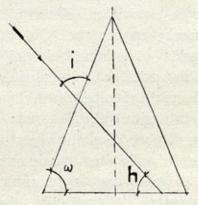


Fig. 114.

La fig. 102 mostra la relazione tra l'angolo i di inclinazione dei raggi solari, l'altezza h e l'inclinazione w della generatrice

$$i = 180^{\circ} - (h + w)$$

per il cilindro,  $w = 90^{\circ}$ , allora:

$$i = 90^{\circ} - h$$
.

Al sorgere ed al tramonto si ha:

$$h = 0^{\circ}$$
  $i = 180^{\circ} - w$   $\begin{cases} per & w = 0^{\circ} \\ w = 90^{\circ} \end{cases}$   $i = 180^{\circ}$  (sup. orizzontale)  $i = 90^{\circ}$  (sup. lat. cilindro)

La generatrice sarà perpendicolare ai raggi solari per

$$h = 90^{\circ} - w$$
.

Perciò aumentando h occorre diminuire w, per ottenere il massimo valore di i. Essendo h variabile diurnamente entro certi limiti (dal sorgere alla culminazione) si può affermare che c'è sempre un momento per una superficie di rotazione, in cui il Sole è perpendicolare ad una generatrice \*.

<sup>\*</sup> In edilizia un cono può essere usato come copertura. L'inclinazione  $\omega$  oscilla tra i 25° e 70°, conseguentemente h dovrà variare fra 65° e 20°.

È bene osservare che per w = 0 la generatrice è orizzontale; per  $w = 90^{\circ}$  la generatrice è verticale.

Per i max di insolazione allora si può ricorrere ai calcoli precedenti delle superficie piane orizzontali e verticali mentre il presente calcolo può servire per la determinazione dell'insolazione max delle superficie piane inclinate (falde di tetti).

### LA SFERA

La sfera presenta sempre un *punto* perpendicolare alla direzione dei raggi solari ed *una generatrice* nel piano della direzione stessa. Perciò l'intensità max ( $i = 90^{\circ}$ ) si verifica per una serie di punti

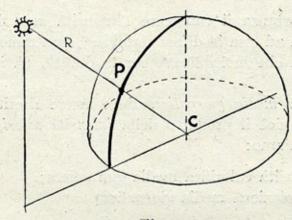
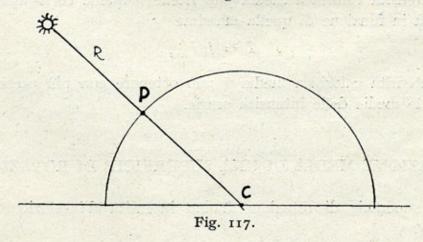


Fig. 116.



che hanno come ordinata l'altezza h e variazione angolare pari all'azimut.

Essi si trovano sull'intersezione del piano del parallelo solare con la sfera, che è un cerchio massimo, inclinato sul piano orizzontale tanto quanto l'altezza meridiana h.

All'equatore, agli equinozi, tale linea di max è un semicerchio perpendicolare all'orizzonte nella direzione est-ovest, arco che si inclinerà sempre più progredendo verso i poli.

Perciò la linea di massima intensità di insolazione è esattamente precisabile in una copertura a cupola, che presenta altre particolarità che vedremo trattando dell'intensità media, che fa della copertura a cupola, quella ideale per i paesi a bassa latitudine fornendo la minore intensità d'insolazione.

#### 7. Insolazione media.

(Intensità calorifica media giornaliera).

Se ha importanza il conoscere l'intensità max dell'insolazione per commisurare ad essa la difesa termica \*, non minore importanza ha quella media che moltiplicata per la durata, dà il valore reale dell'insolazione.

L'insolazione media giornaliera deve essere riferita alla durata dell'insolazione; cioè il prodotto della intensità calorifica media per il tempo. Chiamiamo:

 $I_g$  = intensità calorifica media giornaliera;  $t I_g$  = insolazione media giornaliera.

L'intensità calorifica media può ritenersi quella corrispondente alla metà in funzione di quella massima

$$I=1/2 I_{max}$$
.

L'intensità calorifica media si può ottenere con più precisione facendo le medie delle intensità orarie.

#### INSOLAZIONE MEDIA DI UNA SUPERFICIE DI ROTAZIONE

Le superficie di rotazione hanno intensità d'insolazione non uniforme.

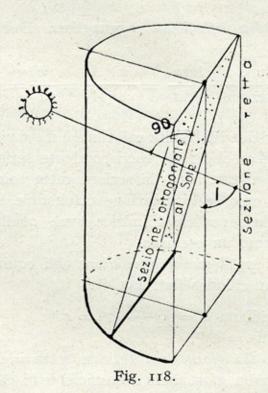
Essa varia nello stesso momento dell'osservazione da un mas-

<sup>\*</sup> Può anche essere un'esagerazione commisurare la difesa termica a quella di un istante, che spesso per la temperatura ambientale è senza effetto. Sta al discernimento del calcolatore dargli l'importanza che compete.

simo in corrispondenza di una linea (generatrice del cono e del cilindro), o di un punto (sfera); ad un minimo in corrispondenza delle separatrici.

Per trovare l'intensità media giornaliera, occorre prima trovare quella media superficiale.

Questa si può ottenere in via approssimativa, raffrontando lo sviluppo dell'area della superficie insolata con l'area della sua proiezione sul piano ortogonale alla direzione dei raggi solari.



Infatti tale proiezione per essere ortogonale ai raggi solari dà la misura max = 1 dell'intensità calorifica. Questa intensità si considera diluita uniformemente sulla superficie data, allora il rapporto tra le due aree dà l'intensità media superficiale.

$$I_{\it m} {=} \ {\rm media \ superficiale} = \frac{\rm area \ insolata \ sviluppata}{\rm proiezione \ relativa} = \frac{A_{\it sv}}{A_{\it pr}} \, .$$

Per ottenere l'intensità media giornaliera, basta trovare quella media superficiale corrispondente all'altezza media d'insolazione.

Però il calcolo della sezione ortogonale, non è sempre semplice. È meglio perciò raffrontare la superficie di sviluppo con la sezione retta del solido corrispondente.

Il rapporto così ottenuto, moltiplicato per l'insolazione media giornaliera della detta sezione retta, dà l'intensità media giornaliera della superficie insolata.

#### CILINDRO

La parte insolata di un cilindro è limitata ad una metà della superficie laterale.

L'intensità media superficiale ragguagliata alla sezione retta del cilindro è:

$$I_m = \frac{\text{sup. insolata}}{\text{sezione retta}} = \frac{\pi r A}{2 r A} = \frac{\pi}{2} = 1,57 A$$

dove A è l'altezza; cioè l'intensità calorifica è il 0,64 % di quella massima che si verificherebbe sulla corrispondente sezione retta.

Al sorgere ed al tramonto, la sezione retta coincide con quella ortogonale. In tal caso se l'insolazione ortogonale ha una intensità calorifica di 100, la superficie cilindrica avrà quella media di 64. Per chiarire facciamo un esempio.

Calcolare l'intensità media giornaliera agli equinozi, dell'insolazione paretale di un cilindro (lat. 42° N):

altezza meridiana  $h = 90^{\circ} - 42^{\circ} = 48^{\circ}$ ; altezza media =  $24^{\circ}$ ;

intensità media giornaliera sezione retta = cos 24° = 0,913; intensità media giornaliera superficie semi cilindrica

$$0,913 \times 0,64 = 0,58.$$

La forma cilindrica paretale è utive nei paesi caldi in quanto riduce al 0,64 % l'intensità calorifica media diurna.

### CONO

La parte insolata del cono al levare ed al tramonto è la metà della superficie laterale. Questa è la minima insolazione.

Poi con l'elevarsi del Sole l'insolazione aumenta, quando i raggi sono paralleli al lato del cono si ha l'insolazione totale.

L'insolazione massima si ha quando l'altezza del Sole è di 90°,

naturalmente nei luoghi e negli istanti in cui il Sole raggiunge tale altezza.

Per determinare l'intensità calorifica media superficiale, quando i raggi sono poco elevati sull'orizzonte è sufficiente il raffronto con la sezione retta del cono.

Quando i raggi sono molto elevati, o per la piccola altezza del cono la superficie insolata è pressochè totale il raffronto tra l'area insolata e la sezione retta del cono non è neanche approssimata. Occorre determinare la sezione del cono ortogonale ai raggi. Per una altezza solare di 90°, tale sezione è la base del cono.

Per facilitare le calcolazioni è stata redatta la presente tabella che ha per base r = 1.

TABELLA XVI. — Rapporto tra la superficie insolata del cono e la sua proiezione ortogonale alla direzione dei raggi solari.

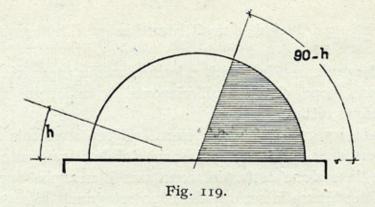
Inclinazione lato del cono       Altezza    A			Superfici	e laterale	Rapporto	
	Lato	totale (M)	½ (N)	$\frac{\pi r^2}{M}$	$\frac{rA}{N}$	
25	0,46	1,10 1,16	3,45	1,72	0,91	0,27
35	0,70	1,22	3,64	1,82	0,86	
40 45	1,00	1,30	4,08	2,04	0,77	
50	1,19	1,55	4,86 5,46	2,43 2,73	0,64	
60 65	1,73 2,14	1,98 2,36	6,22 7,4I	3,11	0,50	
70	2,75	2,92	9,17	4,58	0,34	0,60

$$\frac{\pi \, r^2}{M} = \frac{\text{superficie base}}{\text{superficie totale (laterale)}} \text{ (per l'insolazione totale)}$$

$$\frac{r \, A}{N} = \frac{\text{sezione retta del cono}}{\frac{1}{2} \text{ superficie laterale}} = \text{(per l'insolazione al levare e tramonto)}.$$

Da questo raffronto si rileva come le grandi inclinazioni (con forte sviluppo superficiale) sono vantaggiose per i paesi tropicali a Sole alto. L'intensità media giornaliera è data dall'intensità media superficiale corrispondente alla media altezza solare.

SFERA



Osserviamo preliminarmente che la superficie insolata d'una sfera è una semisfera, limitata da un cerchio massimo.

La sua area è espressa

$$\frac{1}{2}$$
 4  $\pi$   $R^2 = 2 \pi R^2$ 

la proiezione relativa:  $\pi R^2$ .

Il rapporto tra l'area della semisfera e quella della sua proiezione è di  $2\pi R^2$ 

 $\frac{2 \pi R^2}{\pi R^2} = 2 .$ 

L'intensità media superficiale sarà costantemente 0,50 della intensità massima (1), inferiore a quella del cilindro già precedentemente calcolata m. 0,64.

La cupola è una semisfera. Essa beneficia variamente di questa riduzione.

La superficie insolata è ¼ di sfera al sorgere e tramonto ma il rapporto fra la superficie insolata e la sua proiezione è ancora = 2

$$\frac{\pi \ R^2}{\frac{1}{2} \ \pi \ R^2} = 2.$$

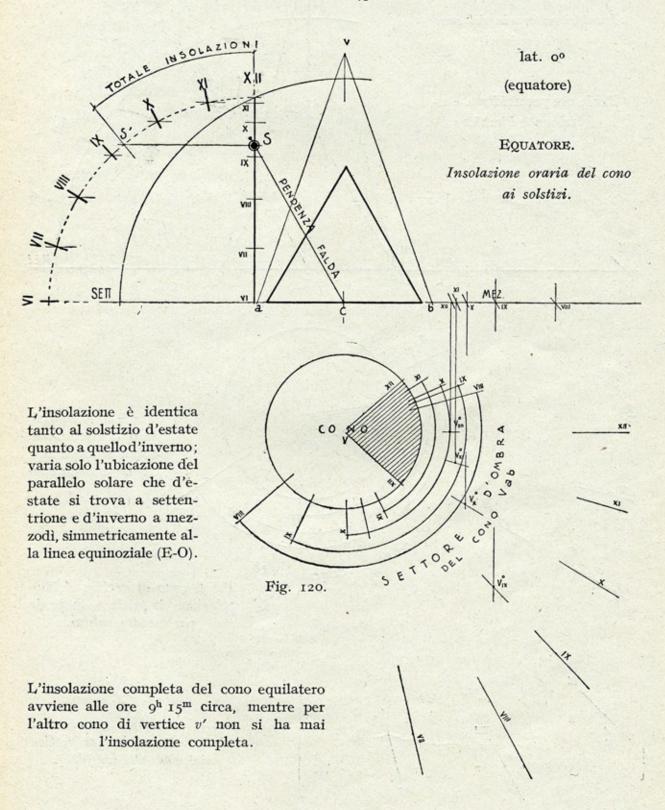
Esso non cambia nel caso dell'insolazione totale (Sole a 90°), infatti

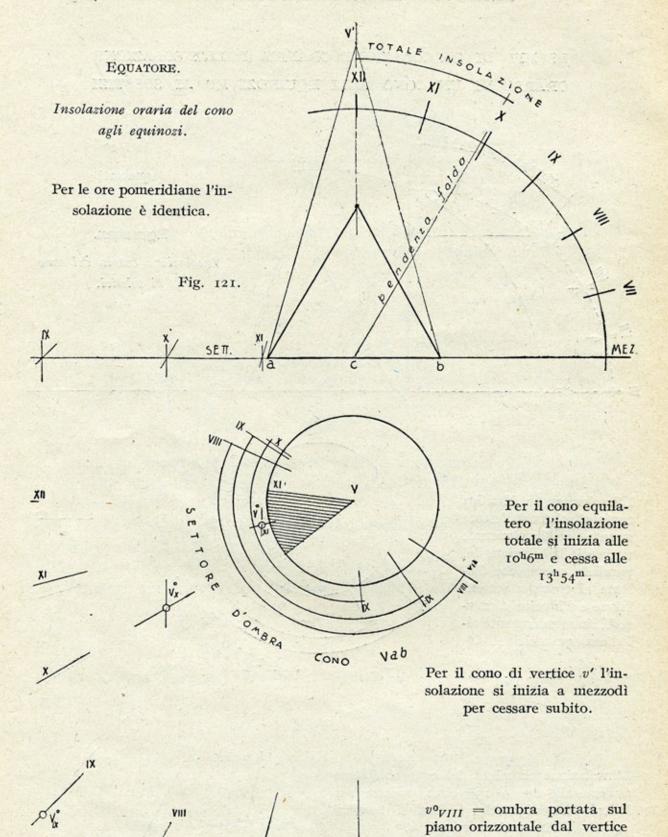
$$\frac{2 \pi R^2}{\pi R^2} = 2.$$

Questa copertura è vantaggiosissima per i paesi caldi ad altezza elevata del Sole, ciò ne spiega l'uso diffusissimo sin dall'antichità in quelle regioni.

L'intensità calorifica media giornaliera è data dall'intensità media corrispondente all'altezza solare media per il coefficiente 0,50.

### ESEMPI DI CALCOLAZIONE GRAFICA DELL'INSOLAZIONE ORARIA DI UN CONO AGLI EQUINOZI ED AI SOLSTIZI





del cono alle ore VIII.

### RIASSUMENDO:

Da quanto precede risulterà evidente lo scopo di queste calcolazioni teoriche.

A prescindere dei valori reali che occorrerà calcolare luogo per luogo, il progettista ha la conoscenza generica del valore termico virtuale delle varie esposizioni e più ancora delle varie forme, che gli permetterà di scegliere con sollecitudine, quelle più adatte al suo caso.

Questo studio delle forme, darà fondamento scientifico e ragione termica ad esse, finora solo espressioni estetiche costruttive e di disposizione ambientale.

