

# ASSOBETON

Associazione Nazionale  
Industrie Manufatti Cementizi



Sezione Produttori Strutture Prefabbricate

## **LINEE GUIDA ESPLICATIVE E INTERPRETATIVE DELLA UNI 9502/2001**

### **DOCUMENTO SPERIMENTALE**

Il documento è stato elaborato nell'ambito del progetto ULISSE da un gruppo di lavoro costituito dagli ingegneri B. Della Bella, M. Manzoni, G. Nicolò, coordinato dall'Ing. A. Dal Lago, con la collaborazione del Prof. S. Tattoni.

## **0. PREMESSA**

Il presente documento va inteso a carattere sperimentale, nel senso che si propone, attraverso questa prima divulgazione presso gli associati, di raccogliere osservazioni, proposte di modifiche e/o integrazioni al testo.

Contemporaneamente all'impiego sperimentale sarà avviata una ricerca di laboratorio con prove al forno per supportare alcune ipotesi che, allo stato attuale, hanno valenza teorica o intuitiva.

L'obiettivo è quello di attivare procedure affinché il documento, opportunamente corretto con la sperimentazione, possa essere accettato dal Ministero degli Interni e dai comandi provinciali dei VV.F., che da questo dipendono, e possa confluire nel DAN (documento di applicazione nazionale degli Eurocodici).

Nel testo i paragrafi e la relativa numerazione fanno riferimento a quelli della norma UNI.

## **1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE**

E' bene precisare che la valutazione analitica della resistenza al fuoco degli elementi è una condizione necessaria ma non sufficiente a verificare la resistenza al fuoco di un comparto e a confermarne la classificazione.

La "Nota" chiarisce che il progettista ha il compito di "valutare" anche altre caratteristiche, per potersi rendere responsabile della classificazione della resistenza al fuoco di un comparto. Questa "valutazione" non deve necessariamente essere documentata.

Ne consegue che una dichiarazione firmata di resistenza al fuoco coinvolge la responsabilità del progettista anche per quanto non è contenuto nella relazione di calcolo che verifica la resistenza al fuoco dei singoli componenti.

Tale responsabilità può essere assunta solo da un progettista abilitato che, in caso di incendio, può essere chiamato a rispondere delle sue scelte progettuali.

In genere, è necessario che il progettista strutturale esegua la valutazione analitica della resistenza al fuoco, contemporaneamente e in sintonia con la resistenza strutturale "a freddo".

## **2. RIFERIMENTI NORMATIVI**

Gli Eurocodici possono essere attualmente un riferimento autorevole benché non definitivo, perché sono in fase di trasformazione in EN.

E' volontà dell'UNI modificare con successive edizioni la norma UNI 9502 portandola a coincidere con gli Eurocodici, fino a farla diventare DAN.

## **3. DEFINIZIONI**

Si evidenzia fin d'ora come la classificazione riguardi R, RE, REI, chiarendo che non esistono né E né I da soli, né EI.

## 5. PRINCIPI DI BASE

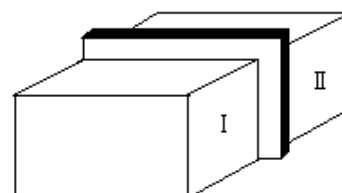
### 5.1 Classi di resistenza al fuoco

Il fatto che ogni elemento va classificato non comporta in linea di principio che necessariamente tutti gli elementi di un comparto debbano avere la stessa classificazione.

Occorre distinguere tra:

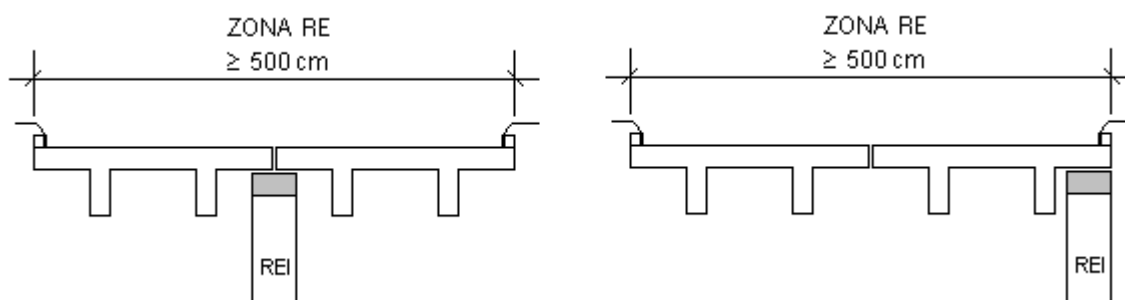
- gli elementi di separazione tra un compartimento e l'altro (strutture e pannelli interni) dove generalmente è richiesta la REI
- gli elementi di separazione tra compartimento e l'esterno (strutture di copertura e pannelli esterni) dove può essere richiesta la R o la RE
- gli elementi strutturali interni (pilastri, travi, solai non di compartimentazione, ecc.) dove è richiedibile la sola R

Per un efficiente funzionamento del sistema di separazione REI tra compartimenti è indispensabile impedire al fuoco di propagarsi by-passando all'esterno la separazione stessa.

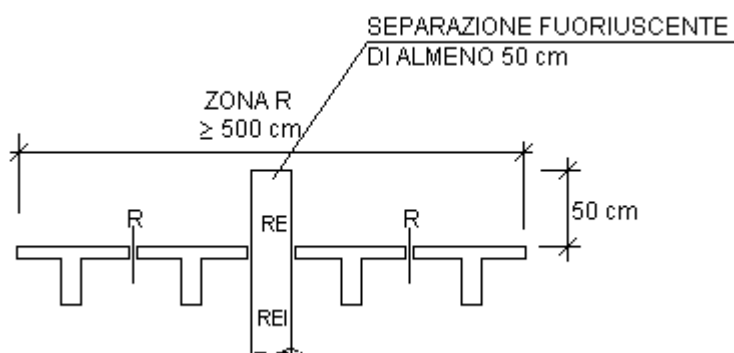


I provvedimenti da adottare interessano i componenti posizionati in adiacenza alla separazione, sia in copertura che lungo il perimetro esterno.

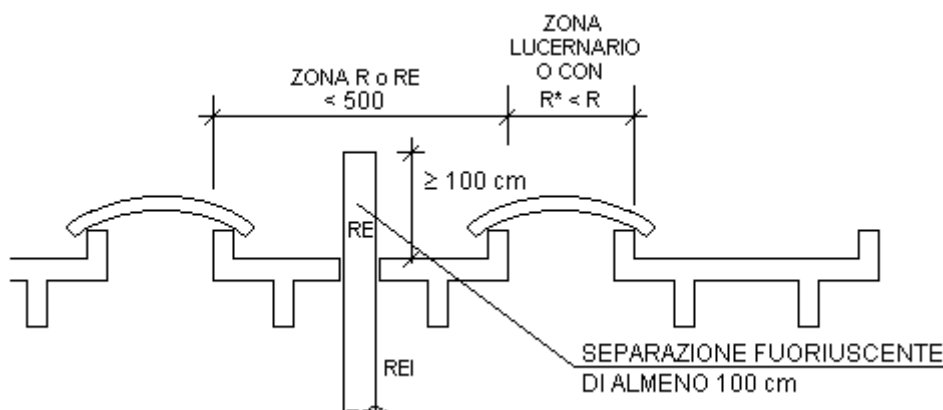
In tal senso si raccomanda di garantire RE per una fascia di almeno 5.00 m a cavallo della separazione.



Se non si può garantire la RE, ma la sola R occorre che la separazione fuoriesca di almeno 50 cm.



In presenza di lucernari, finestre o chiusure con  $R^*$  minore di quella  $R$  richiesta per il compartimento, che interessino la fascia di 5.00 m, occorre fuoriuscire con la separazione per almeno 100 cm.



## 5.2 Applicazione del procedimento analitico

### - Pericolo di scoppio

In caso di pericolo di “SPALLING” (scoppio del calcestruzzo), si può far riferimento alle indicazioni contenute nell'Eurocodice, oppure si può utilizzare un conglomerato cementizio additivato con prodotti chimici o con fibre sintetiche per aumentare la permeabilità.

### Isolanti sulla superficie non esposta al fuoco

La norma precisa che, in presenza di isolanti che annullano la propria resistenza termica entro i 200 °C, la valutazione analitica della resistenza al fuoco dell'elemento costruttivo potrà prescindere dalla presenza dell'isolante.

Pertanto, l'eventuale combustione di isolanti e di impermeabilizzanti con potere calorifico superiore P.C.S. maggiore di 2,0 MJ/kg, va tenuta in debito conto al fine di impedire la propagazione del fuoco da un compartimento all'altro, mentre si ritiene non necessario verificare un possibile aumento di temperatura nell'elemento strutturale per via della combustione, considerando che l'elemento va comunque verificato con un carico di neve che è incompatibile con l'incendio della sovrastruttura.

In presenza di isolanti, con P.C.S.  $\leq 2,0$  MJ/kg, tipo feltri in lana di vetro, con una densità inferiore a 15 kg/m<sup>3</sup>, elevata permeabilità e riduzione elevata dell'isolamento con il crescere della temperatura (resistenza termica a 400 °C almeno inferiore al 20% di quella iniziale) si può trascurare l'effetto dell'isolante sull'elemento strutturale se la sovrastruttura è ventilata o areata, mentre si può equiparare l'isolante ad una camera d'aria, se la sovrastruttura non è ventilata o areata.

Sempre in presenza di isolanti come sopra ma con densità maggiore di 15 kg/m<sup>3</sup> (tipo lana di roccia a sostegno di una guaina pedonabile) si deve ipotizzare che l'isolante non riduca significativamente la sua resistenza termica.

In tal caso la guaina si trova certamente su un supporto REI, e quindi non potrà prendere fuoco.

Con queste premesse si riporta nell'allegato 1 un esempio di calcolo delle mappature termiche nei vari casi.

### Isolanti interni agli elementi, con funzione di alleggerimento

I blocchi di alleggerimento in polistirene conglobati negli elementi anche con funzione di isolamento, quando il calcestruzzo con cui sono a contatto raggiunge temperature maggiori di  $120^{\circ}\text{C} \div 150^{\circ}\text{C}$ , passano dallo stato solido allo stato gassoso, creando una pressione interna.

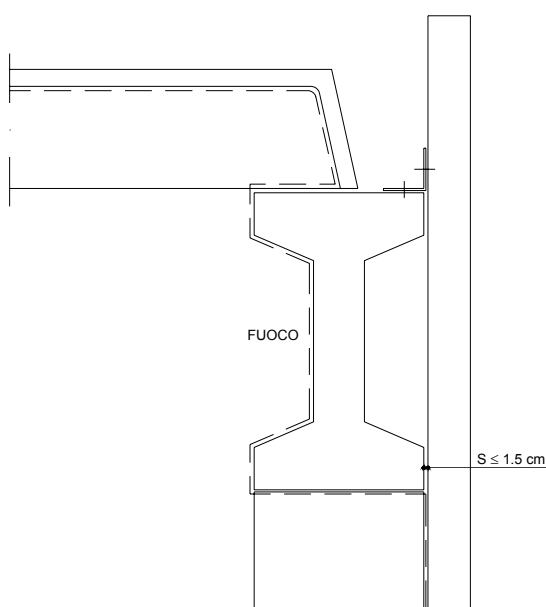
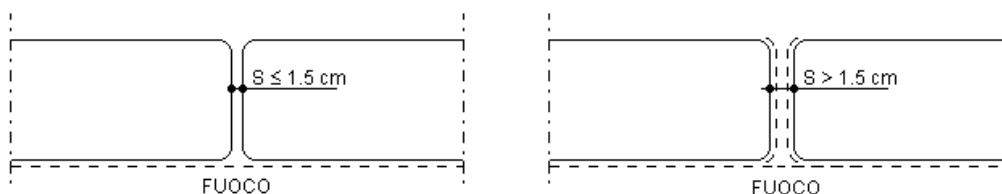
Tale pressione, che aumenta con la temperatura, in presenza di calcestruzzi di ridotta permeabilità, può causare uno scoppio che può danneggiare la struttura resistente dell'elemento, compromettendo così la classificazione R, RE o REI.

Occorre quindi realizzare nell'elemento fori per la fuoriuscita del gas, anche in direzione della faccia esposta al fuoco, così che non si creino sovrappressioni.

Evitato lo scoppio, si può considerare, agli effetti della mappatura termica, lo spazio occupato dall'alleggerimento una camera d'aria.

### Elementi accostati con giunti di larghezza $\leq 1,5$ cm

Si precisa che "si possono considerare continui" va inteso solo "ai fini della determinazione della superficie esposta al fuoco" per la determinazione della distribuzione delle temperature; in tal senso le superfici che delimitano un giunto di spessore nominale  $S \leq 1,5$  cm non si considerano esposte al fuoco.



L'efficacia dell'ancoraggio del pannello alla trave andrà verificata alla temperatura raggiunta dal calcestruzzo a contatto con l'ancoraggio stesso, per il tempo di esposizione richiesto.

## 6. DETERMINAZIONE DELLE TEMPERATURE

### 6.1.2 Proprietà fisiche del conglomerato cementizio

Per la conducibilità termica di un prodotto con caratteristiche fisiche degli inerti non solo variabili tra le diverse cave ma anche tra fornitura e fornitura di una medesima cava, viene assunto un valore convenzionale che è stato determinato imponendo la corrispondenza tra la mappatura termica teorica e le mappature ricavate da prove al forno.

Le prove al forno sono state eseguite su elementi prefabbricati con calcestruzzi non classificati per la conducibilità dell'inerte, che potevano contenere anche inerti silicei, per cui la conducibilità convenzionale della norma si riferisce al calcestruzzo normalmente utilizzato in Italia.

Si ritiene quindi che la conducibilità proposta nella norma, riferita ad aggregati prevalentemente calcarei, si possa adottare anche per i normali inerti utilizzati per un calcestruzzo di  $R_{ck} \leq 55 \text{ N/mm}^2$ .

Per calcestruzzi invece di più alta resistenza, dove gli inerti silicei siano appositamente selezionati per la loro resistenza, occorrerà riferirsi ad un'altra curva di conducibilità, reperibile sull'Eurocodice.

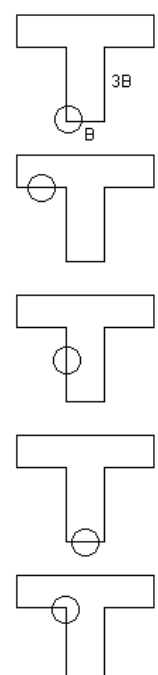
### 6.3 Mappatura termica

Le mappature riportate nella norma sono state effettuate senza tener conto della presenza d'acqua (2% in peso).

Si allegano (allegato 2) mappature termiche di travi ricavate tenendo conto della presenza d'acqua.

Tali mappature, realizzate su una sezione a T, consentono per le varie esposizioni, interpolando tra 2 dimensioni che comprendono la dimensione effettiva:

- di determinare l'effetto d'angolo
- di determinare l'effetto soletta piana
- di determinare l'effetto nervatura attaccata da 2 parti
- di determinare l'effetto nervatura attaccata da 3 parti
- di determinare l'effetto d'angolo concavo.



## 6.4 Rivestimenti protettivi

Per prodotti che non sono citati nella norma (per esempio vernici intumescenti) dovrà essere il produttore a rilasciare certificazione dello spessore equivalente al variare del tempo di esposizione e dello spessore del materiale, secondo le risultanze di specifiche prove sperimentali al fuoco.

### Inserti metallici

Nelle strutture in conglomerato cementizio possono essere presenti inserti metallici affioranti o parzialmente inseriti, come per esempio i profili metallici di ancoraggio o profilati di acciaio fuoriuscenti a sostegno dei carichi.

Per tali elementi, si può convenzionalmente adottare il criterio che la temperatura dell'inserto in prima approssimazione si possa derivare dalla media delle temperature a cui si trova l'acciaio parte a contatto con il calcestruzzo e parte a contatto con l'ambiente (vedi allegato 3.4).

Per indagini più approfondite, occorre rifarsi all'eurocodice parte fuoco per le strutture miste.

## 7.2 Verifica del criterio di tenuta e di isolamento (EI)

La nota sottolinea l'importanza di una accurata progettazione dei giunti e delle unioni tra componenti che costituiscono una compartimentazione orizzontale o verticale.

Questo significa che la responsabilità del progettista sottintende anche la verifica che le possibili deformazioni della soletta o della parete siano compatibili con la capacità portante (R), non determinino fessure che vanificano la tenuta (E), non alterino le condizioni minime per garantire l'isolamento (I).

Determinanti per assicurare la congruenza delle deformazioni, saranno i giunti (per esempio quelli maschio e femmina) e le unioni e cuciture tra i manufatti, che dovranno essere adeguatamente protette dall'aggressione del fuoco.

### 7.2.1 Verifica del criterio di isolamento termico (I)

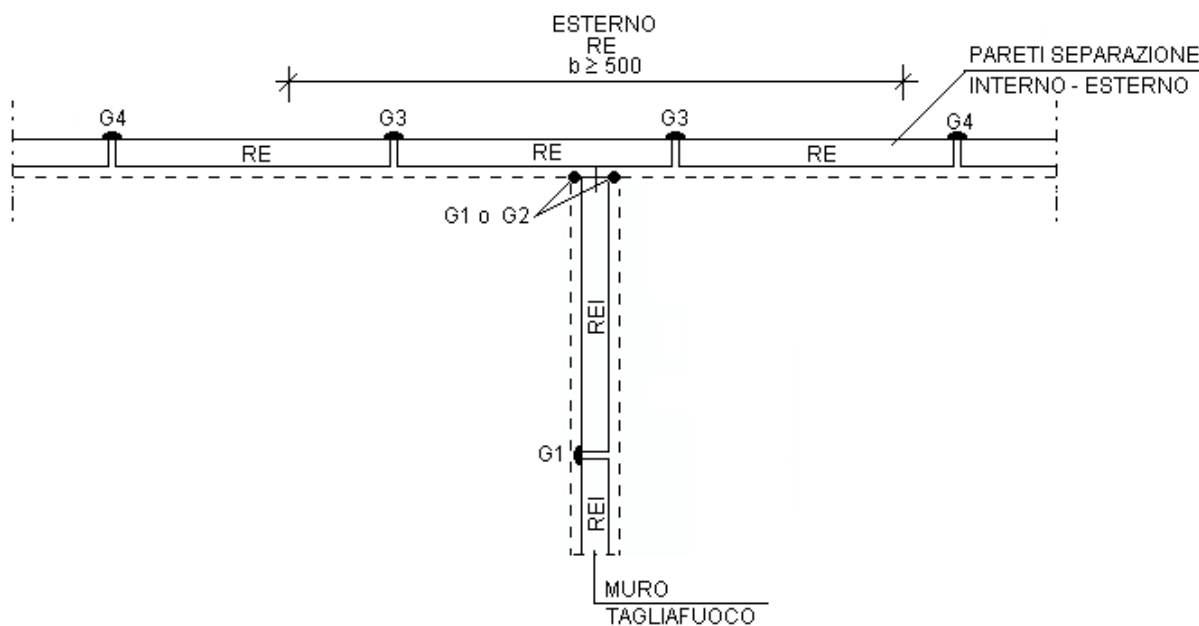
Per un errore grafico il prospetto 5 va corretto nel seguente modo:

|               | Resistenza al fuoco (minuti) |     |     |      |      |      |
|---------------|------------------------------|-----|-----|------|------|------|
|               | 30'                          | 60' | 90' | 120' | 180' | 240' |
| Spessore (mm) | 60                           | 80  | 100 | 120  | 150  | 175  |

### 7.2.2 Verifica del criterio di tenuta (E)

Si riportano alcune situazioni ricorrenti, precisando che esiste una sigillatura “normale” e una sigillatura che mantiene le sue funzioni anche ad elevate temperature e che chiameremo sigillatura “E”.

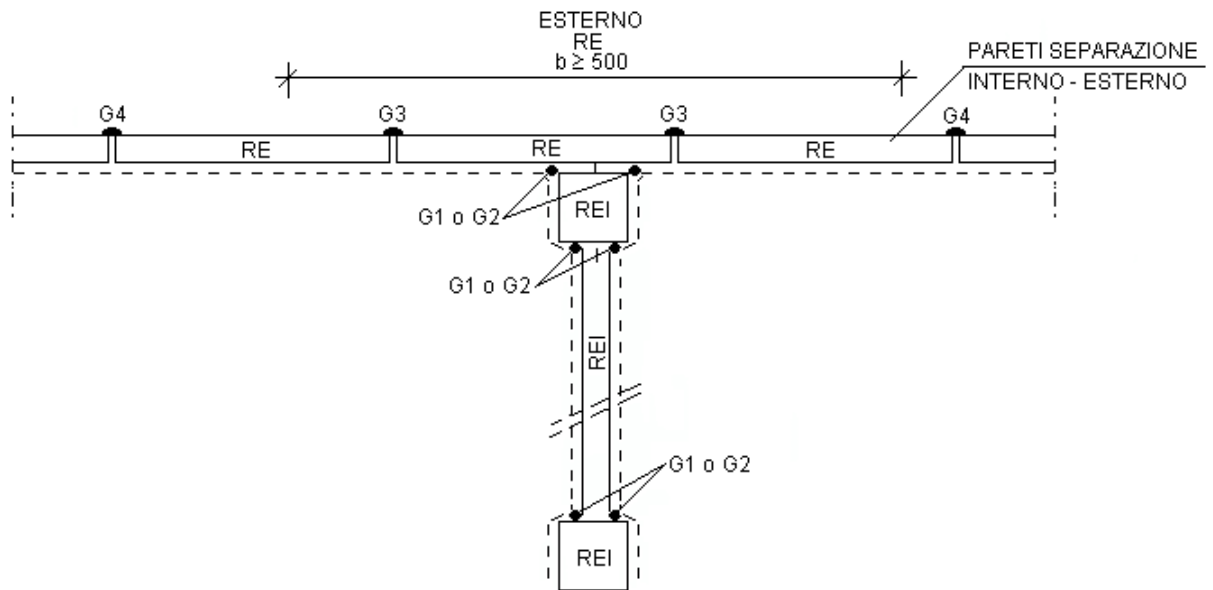
- 1) Parete tagliafuoco, realizzata con pannelli verticali, che si intesta direttamente sul tamponamento perimetrale.



- giunto g<sub>1</sub>: sigillatura “E” da un solo lato, purché il giunto sia di spessore nominale  $\leq 1,5$  cm. La congruenza di comportamento alla deformazione sarà fortemente migliorata prevedendo il giunto maschio e femmina.
- giunto g<sub>2</sub>: doppia sigillatura “E” per giunti  $> 1,5$  cm e a protezione della connessione.
- giunto g<sub>3</sub>: se di spessore  $\leq 1,5$  cm le caratteristiche del sigillante esterno dovranno essere tali da garantirne la funzione di tenuta, alla temperatura raggiunta dalla superficie esterna del pannello per il tempo di esposizione richiesto, cioè una sola sigillatura normale all'esterno.  
Se di spessore  $> 1,5$  cm si dovrà impiegare una sigillatura “E” all'interno o all'esterno.
- giunto g<sub>4</sub>: una sola sigillatura normale esterna.



- 2) Parete tagliafuoco, realizzata con pannelli orizzontali, che si intesta sul tamponamento perimetrale con pilastro in asse.



L'importanza dei fenomeni conseguenti alle deformazioni in caso d'incendio, apre nuove e complesse problematiche sul calcolo dello stato limite d'incendio per gli elementi strutturali o per i complessi strutturali, dove le deformazioni termiche impedita possono determinare sollecitazioni importanti del secondo ordine.

Ciò va tenuto in debito conto se la congruenza strutturale è condizione per garantire la tenuta E.

In allegato 3.5 si riporta la verifica di un muro tagliafuoco.

## 8. AZIONI

Quando non fosse chiara la categoria che determina il coefficiente  $\psi_{1,1}$  e il relativo  $\psi_{2,i}$  (come per esempio la distinzione tra la categoria 2 con affollamento e la categoria 3 con grande affollamento) la scelta del coefficiente  $\psi$  va concordata con il cliente.

## **9. PROPRIETA' DEI MATERIALI**

### **9.1 Conglomerato cementizio**

Anche seguendo la logica con cui si è modificato nel frattempo l'Eurocodice, la riduzione di resistenza a compressione riportata è valida per il conglomerato normalmente usato per gli elementi prefabbricati, di cui si è parlato in 6.1.2.

Nella normativa, non è stata inserita la curva di riduzione del modulo elastico con la temperatura. All'occorrenza comunque può essere assunta la curva riportata negli Eurocodici (vedi riferimenti normativi punto 2 della norma).

La riduzione del modulo elastico, con evidente semplificazione, può essere derivata dalla formula  $E_0 = K_c^2 \times E_{20}$

### **9.2 Acciaio**

La denominazione tipo 1 e tipo 2 non si riferisce ad acciai differenti dal punto di vista fisico-meccanico, ma alla diversa deformazione che l'acciaio può assumere allo stato ultimo.

L'acciaio tipo 2 è quello, per esempio, utilizzato nei pilastri per aumentare la resistenza a compressione, oppure nelle zone compresse di travi per incrementare lo stato limite a rottura.

## APPENDICE A

### VERIFICA DELLA CAPACITA' PORTANTE CON METODI SEMPLIFICATI

In A1 è riportato un metodo tabellare sicuramente cautelativo (non si considera la presenza d'acqua, si suppone che i carichi del calcolo a freddo non siano ridotti in caso di fuoco, si ipotizza che l'acciaio presente sia sfruttato al massimo nel calcolo a freddo).

In A2 è riportato un metodo tabellare chiamato criterio del fattore di riduzione medio, che si basa sulle mappature termiche anche tenendo presente la presenza d'acqua.

Le formule a pag. 17 e 18 della Norma contengono imprecisioni dovute ad errori di stampa; si riportano di seguito le formule corrette

per la verifica lato acciaio a flessione semplice:

$$k_{msw} = \frac{\sum_{i=1}^n A_{swi} h_i k_{si}}{\sum_{i=1}^n A_{swi} h_i}$$

per la verifica lato acciaio a taglio semplice:

$$k_{msw} = \frac{\sum_{i=1}^n A_{swi} k_{si}}{\sum_{i=1}^n A_{swi}} = \frac{\sum_{i=1}^n A_{swi} k_{si}}{A_{swi}}$$

per la verifica lato conglomerato:

$$k_{mc} = \frac{\sum_{i=1}^n A_{ci} k_{ci}}{\sum_{i=1}^n A_{ci}} = \frac{\sum_{i=1}^n A_{ci} k_{ci}}{A_c}$$

Si ribadisce che il criterio del fattore di riduzione medio non è applicabile, se il fuoco riduce il braccio della coppia interna. Cambia il braccio della coppia interna, per esempio, per sezioni soggette a momento negativo con fuoco all'intradosso. Il metodo non è applicabile poi nella verifica a taglio allo SLU per elementi non armati a taglio o nel caso in cui si tenga conto anche del contributo del calcestruzzo.

In questi casi la verifica della capacità portante deve essere condotta con il criterio della "sezione equivalente".

In A3 è riportato il criterio della sezione equivalente che è normalmente utilizzato nei programmi informatici di verifica di resistenza al fuoco (R).

Con tale metodo è possibile eseguire a caldo le stesse verifiche che sono state eseguite a freddo.

Per quanto riguarda la formula del k critico del par. A2

$$k_{crit.} = \eta_{fi} (\gamma_{M,fi} / \gamma_M) (\sigma_{reale} / \sigma_{max})$$

il rapporto  $\sigma_{reale} / \sigma_{max}$  può essere inteso come rapporto tra sollecitazione agente ( $S_d$ ) e capacità resistente ( $R_d$ ) della sezione allo SLU nel calcolo a freddo.

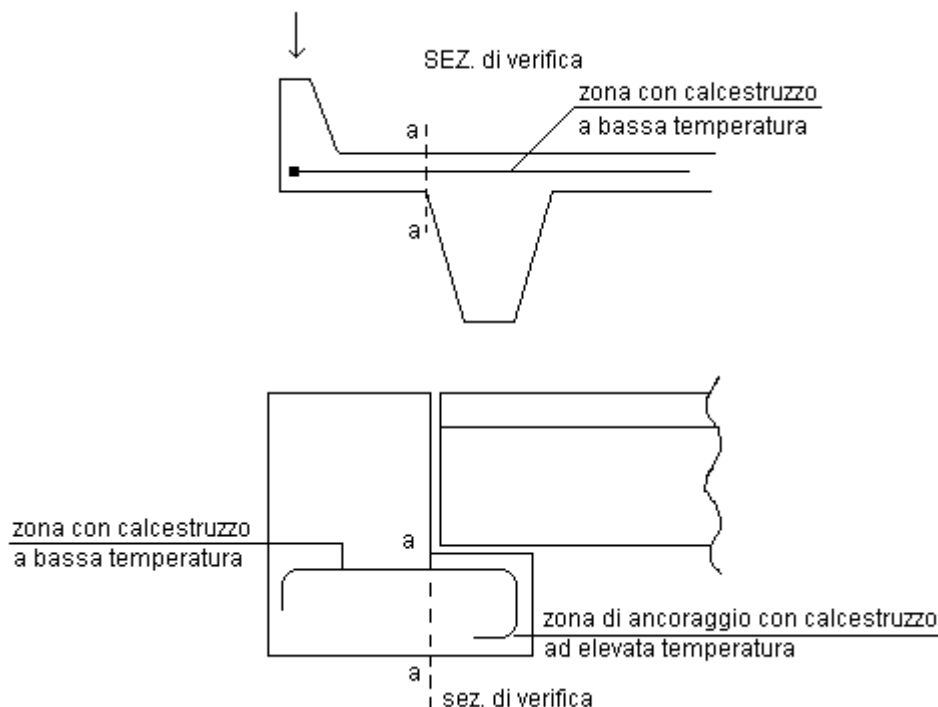
Si riportano in allegato 3.1 alcune verifiche tipiche.

L'esempio che presenta il solo calcolo dell'armatura aggiuntiva per la verifica a caldo, senza preoccuparsi della resistenza del calcestruzzo compresso, è possibile in quanto la rottura allo SLU avviene per un elemento tipo doppio T sicuramente lato acciaio.

### Verifiche nella sezione trasversale

Ci si riferisce alle armature che nella sezione trasversale dell'elemento si trovano a temperature differenti, come le armature trasversali che armano un dente di appoggio, le armature a taglio e le armature a torsione.

#### a) Verifica di armature nella sezione trasversale



La verifica dell'armatura della mensola richiede di individuare la temperatura che ha l'acciaio nella sezione di verifica a-a.

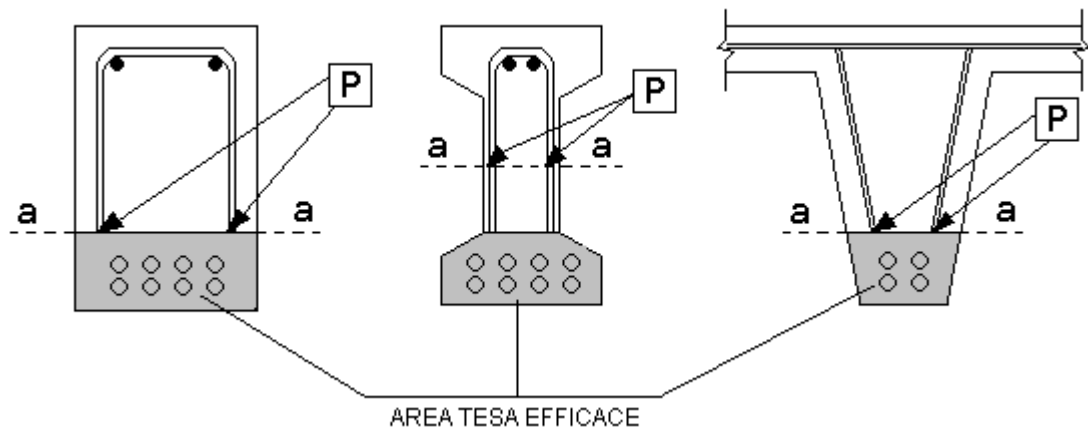
E' ragionevole pensare che tale armatura, avendo l'acciaio elevata conducibilità, non possa avere in ogni punto la medesima temperatura del calcestruzzo; la temperatura, almeno in un intorno del punto di verifica, sarà costante e pari alla media dei valori di temperatura che nella mappatura termica incontra.

Tale considerazione ci permette di ipotizzare che quando l'armatura si ancora in zone dove il calcestruzzo ha temperatura elevata, sia comunque scongiurato il pericolo che l'acciaio arrivi a temperature tali da annullare le sue capacità d'ancoraggio.

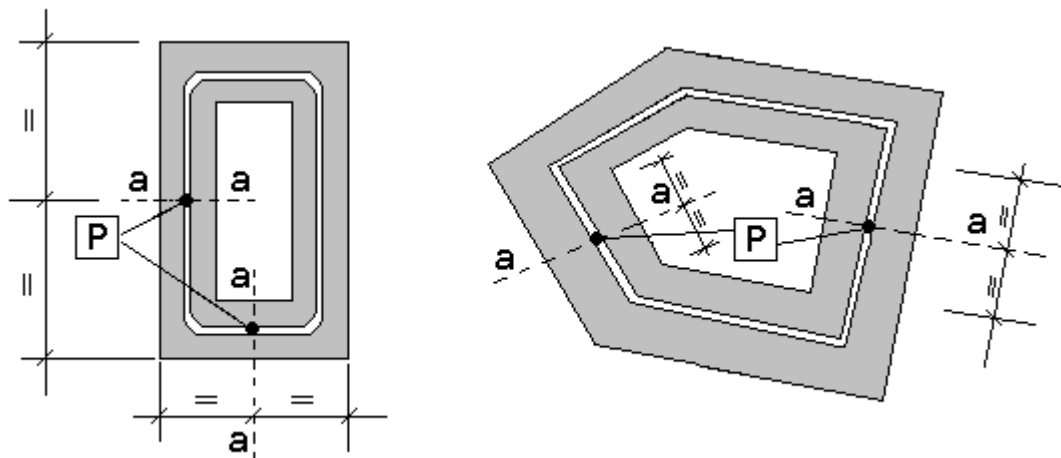
### b) Verifica delle staffe

In assenza di sperimentazione specifica, si può assumere per il calcolo delle temperature delle staffe per le verifiche a taglio e torsione lo stesso criterio, che la Delegazione Italiana ha proposto anche per l'Eurocodice, e quindi ripercorrere le verifiche a freddo con il criterio della sezione ridotta.

Nelle figure seguenti sono indicate le posizioni dove valutare la temperatura per il calcolo della resistenza a taglio e torsione assumendo come temperatura convenzionale della staffa quella del punto P, dove la sez. a-a incontra l'acciaio.



La sez. a-a, è la sezione sopra l'area tesa efficace per il calcolo dell'apertura delle fessure (vedi Eurocodice 2, paragrafo 4.4.2)



La verifica a torsione va effettuata nella sez. a-a assumendo come temperatura della staffa quella del punto P, dove la sez. a-a incontra l'acciaio.

In allegato 3.2 vi è un esempio di come valutare la temperatura  $\theta$  per il calcolo della resistenza a taglio e la delimitazione dell'area tesa efficace.

### c) Verifiche a taglio di elementi senza staffe

Per la verifica della resistenza a taglio allo SLU di elementi da solaio e privi di armatura a taglio si deve procedere al calcolo utilizzando la formula dell'EC2.

$$V_{R,d} = \left[ 0,25 \frac{k_{ct(\theta)} f_{ctk 0.05}}{\gamma_c} k (1,2 + 40 \rho) + 0,15 \sigma_{cpm} \right] b_w \times d$$

in cui:

$f_{ck 0.05}$  = valore a freddo della resistenza a trazione

$k_{ct(\theta)}$  = fattore di riduzione della resistenza del conglomerato cementizio a trazione, alla temperatura dove è minore il fattore  $k_{ci}$   $b_w$  alla base della nervatura

$\gamma_c$  = 1,2

$b_w$  = sezione ridotta assumendo per l'anima di calcestruzzo la temperatura più alta

$d$  = altezza utile, trascurando solo il calcestruzzo superiore ai 900°C

$k$  = 1,6 –  $d$

$\rho$  =  $A_f / b_w d$  con  $A_f$  la sezione ridotta dell'acciaio teso alla temperatura corrispondente, ed adeguatamente ancorato

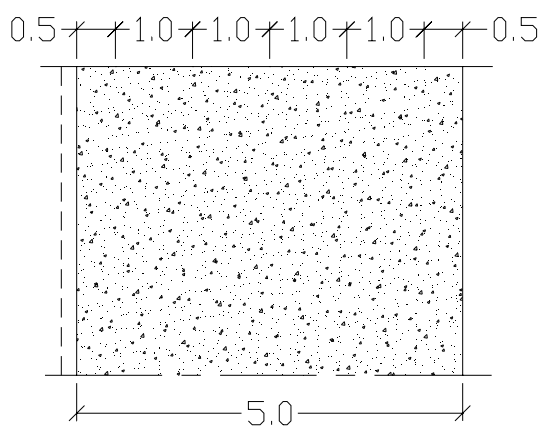
$\sigma_{cpm}$  =  $N / A_c$  precompressione media della sezione oggetto di verifica

N.B.: fare attenzione nel calcolo dei parametri, se la sezione è soggetta a  $M_{neg.}$  (fibre compresse al lembo inferiore) o a  $M_{pos.}$  (fibre compresse al lembo superiore).

Si riporta in allegato una verifica a taglio nella sezione d'appoggio di un elemento multiforato (allegato 3.3).

## ALLEGATO 1

- Mappature termiche per esposizione di 120 minuti di una soletta di 5 cm di spessore con varie soluzioni di isolante



|   |   | LATO<br>FUOCO<br>R120 | $\theta$ a 0,5 cm | $\theta$ a 1,5 cm | $\theta$ a 2,5 cm | $\theta$ a 3,5 cm | $\theta$ a 4,5 cm | LATO<br>OPPOSTO<br>FUOCO |
|---|---|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|
| 1 | Soletta in cls 5 cm di spessore<br>R 120 senza isolante o con isolante<br>tipo polistirene classe 1 o con feltro in<br>lana di vetro di densità $\leq 15 \text{ kg/m}^3$ con<br>$R_{400^\circ\text{C}} < 0,2 R_{20^\circ\text{C}}$ e con sovrastruttura<br>che crea camera d'aria ventilata o<br>areata | curva<br>standard     | 918               | 741               | 595               | 479               | 384               | 20°C                     |
| 2 | Soletta in cls 5 cm di spessore<br>REI 120 con isolante<br>alta densità<br>(superficie superiore adiabatica)  | curva<br>standard     | 958               | 840               | 750               | 692               | 664               | isolante<br>perfetto     |
| 3 | Soletta in cls 5 cm<br>con isolante tipo feltro in lana di vetro<br>densità $\leq 15 \text{ kg/m}^3$ e con $R_{400^\circ\text{C}} < 0,2$<br>$R_{20^\circ\text{C}}$ e con sovrastruttura che crea<br>camera d'aria né ventilata né areata  | curva<br>standard     | 931               | 770               | 639               | 538               | 454               | aria<br>20° ferma        |

**MAPPATURE TERMICHE**

**R90 – R120 – R180**

CON 2% DI ACQUA

SECONDO **UNI 9502** DEL MAGGIO 2001



X

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 218 | 218 | 217 | 215 | 211 | 205 | 194 | 179 | 163 | 152 | 152 | 163 | 179 | 194 | 205 | 211 | 215 | 217 | 218 | 218 |
| 306 | 306 | 305 | 302 | 298 | 289 | 275 | 253 | 226 | 208 | 208 | 226 | 253 | 275 | 289 | 298 | 302 | 305 | 306 | 306 |
| 462 | 462 | 461 | 459 | 454 | 445 | 426 | 390 | 332 | 297 | 297 | 332 | 390 | 426 | 445 | 454 | 459 | 461 | 462 | 462 |
| 746 | 746 | 747 | 746 | 743 | 736 | 719 | 668 | 498 | 416 | 416 | 498 | 668 | 719 | 736 | 743 | 746 | 747 | 746 | 746 |

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 722 | 547 | 547 | 722 |
| 800 | 627 | 627 | 800 |
| 825 | 667 | 667 | 825 |
| 838 | 685 | 685 | 838 |
| 842 | 692 | 692 | 842 |
| 843 | 694 | 694 | 843 |
| 844 | 695 | 695 | 844 |
| 844 | 696 | 696 | 844 |
| 845 | 698 | 698 | 845 |
| 846 | 700 | 700 | 846 |
| 849 | 708 | 708 | 849 |
| 856 | 718 | 718 | 856 |
| 870 | 746 | 746 | 870 |
| 899 | 801 | 801 | 899 |
| 952 | 907 | 907 | 952 |

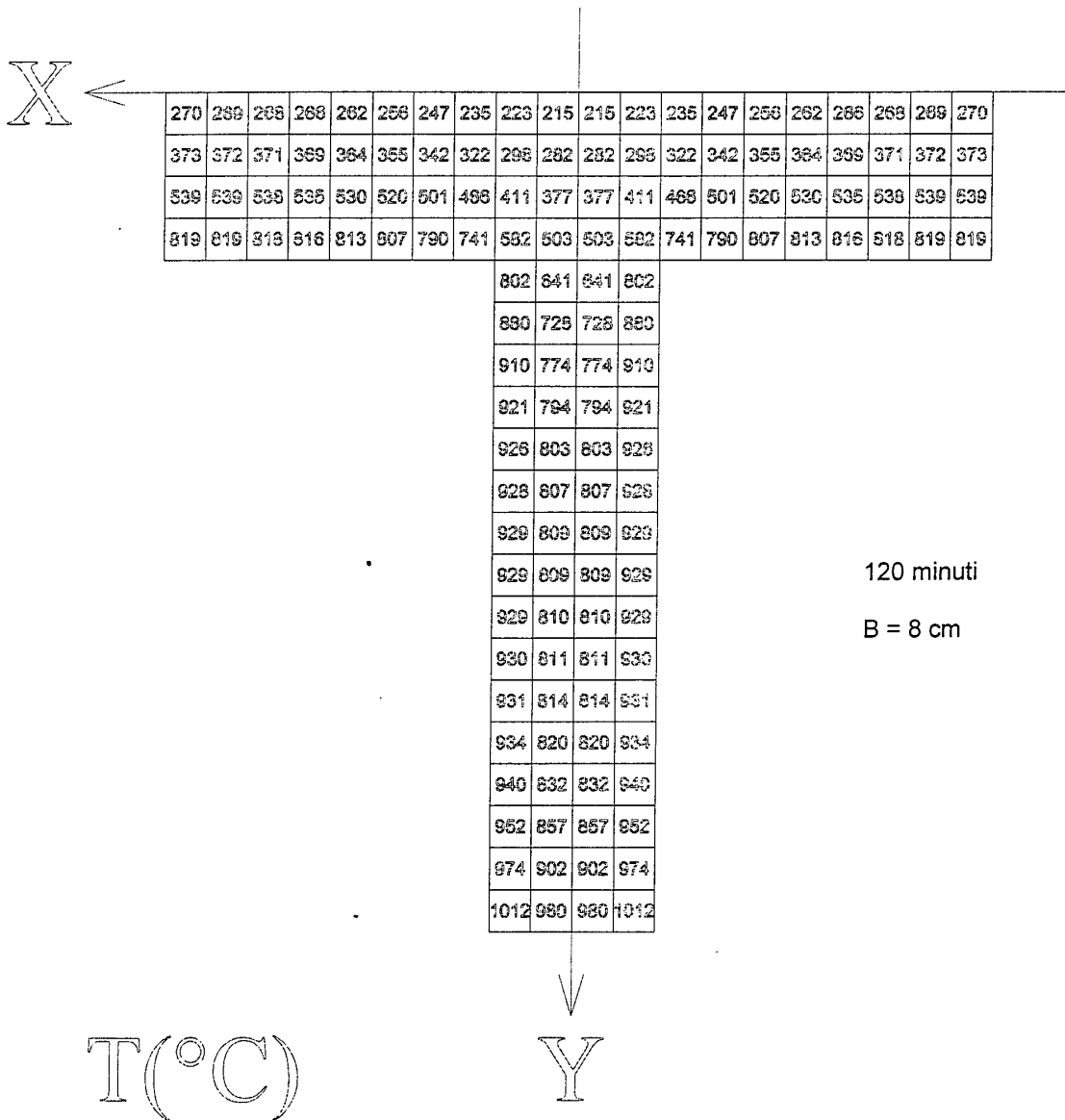
90 minuti

B = 8 cm

T(°C)

Y

Scala 1:3.08



Scala 1:3.08

X

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 327 | 328 | 325 | 324 | 320 | 315 | 308 | 298 | 288 | 281 | 281 | 288 | 298 | 308 | 315 | 320 | 324 | 325 | 328 | 327 |
| 458 | 458 | 454 | 452 | 447 | 439 | 427 | 409 | 387 | 373 | 373 | 367 | 409 | 427 | 439 | 447 | 452 | 454 | 458 | 458 |
| 642 | 642 | 641 | 638 | 633 | 623 | 605 | 573 | 520 | 489 | 489 | 520 | 573 | 605 | 623 | 633 | 638 | 641 | 642 | 642 |
| 914 | 914 | 914 | 912 | 909 | 903 | 888 | 845 | 704 | 631 | 631 | 704 | 845 | 888 | 903 | 909 | 912 | 914 | 914 | 914 |

|      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| 915  | 779  | 779  | 915  |
| 998  | 871  | 871  | 998  |
| 1017 | 920  | 920  | 1017 |
| 1028 | 944  | 944  | 1028 |
| 1034 | 955  | 955  | 1034 |
| 1036 | 960  | 960  | 1036 |
| 1038 | 962  | 962  | 1038 |
| 1038 | 963  | 963  | 1038 |
| 1038 | 964  | 964  | 1038 |
| 1038 | 966  | 966  | 1038 |
| 1040 | 969  | 969  | 1040 |
| 1043 | 974  | 974  | 1043 |
| 1047 | 983  | 983  | 1047 |
| 1054 | 999  | 999  | 1054 |
| 1067 | 1026 | 1026 | 1067 |
| 1089 | 1071 | 1071 | 1089 |

180 minuti

B = 8 cm

T(°C)

Y

Scala 1:3.08

X

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 86  | 85  | 84  | 83  | 82  | 80  | 75  | 69  | 65  | 62  | 62  | 65  | 69  | 75  | 80  | 82  | 83  | 84  | 85  | 86  |
| 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 97  | 86  | 79  | 76  | 76  | 79  | 86  | 97  | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 177 | 176 | 175 | 172 | 167 | 157 | 140 | 117 | 100 | 98  | 96  | 100 | 117 | 140 | 157 | 167 | 172 | 175 | 176 | 177 |
| 260 | 260 | 278 | 273 | 265 | 248 | 221 | 183 | 154 | 138 | 136 | 154 | 183 | 221 | 248 | 265 | 273 | 278 | 280 | 280 |
| 447 | 447 | 445 | 440 | 429 | 406 | 362 | 286 | 227 | 195 | 195 | 227 | 286 | 362 | 406 | 429 | 440 | 445 | 447 | 447 |
| 742 | 742 | 740 | 737 | 730 | 708 | 645 | 444 | 321 | 266 | 266 | 321 | 444 | 645 | 708 | 730 | 737 | 740 | 742 | 742 |

|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 567 | 423 | 336 | 336 | 423 | 567 |
| 740 | 495 | 385 | 386 | 485 | 740 |
| 765 | 518 | 417 | 417 | 518 | 765 |
| 775 | 533 | 433 | 433 | 533 | 775 |
| 779 | 540 | 441 | 441 | 540 | 779 |
| 781 | 544 | 445 | 445 | 544 | 781 |
| 781 | 545 | 447 | 447 | 545 | 781 |
| 782 | 546 | 447 | 447 | 546 | 782 |
| 782 | 546 | 448 | 448 | 546 | 782 |
| 782 | 547 | 449 | 449 | 547 | 782 |
| 783 | 548 | 451 | 451 | 548 | 783 |
| 784 | 551 | 454 | 454 | 551 | 784 |
| 787 | 557 | 462 | 462 | 557 | 787 |
| 793 | 570 | 476 | 476 | 570 | 793 |
| 805 | 593 | 504 | 504 | 593 | 805 |
| 828 | 638 | 557 | 557 | 638 | 828 |
| 869 | 721 | 657 | 657 | 721 | 869 |
| 940 | 872 | 840 | 840 | 872 | 940 |

90 minuti

B = 12 cm

T(°C)

Y

Scala 1:3.18

X

|     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 99  | 90  | 86   | 84  | 84  | 88  | 90  | 99   | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 159 | 157 | 155 | 153 | 149 | 141 | 129 | 112 | 100  | 100 | 100 | 100 | 112 | 129  | 141 | 149 | 153 | 155 | 157 | 159 |
| 232 | 231 | 229 | 224 | 216 | 204 | 188 | 164 | 149  | 142 | 142 | 149 | 164 | 188  | 204 | 216 | 224 | 229 | 231 | 232 |
| 342 | 341 | 339 | 332 | 322 | 304 | 276 | 241 | 211  | 184 | 184 | 211 | 241 | 276  | 304 | 322 | 332 | 339 | 341 | 342 |
| 517 | 516 | 513 | 507 | 495 | 471 | 425 | 351 | 293  | 263 | 263 | 293 | 351 | 425  | 471 | 495 | 507 | 513 | 516 | 517 |
| 809 | 808 | 807 | 804 | 795 | 774 | 712 | 517 | 398  | 342 | 342 | 398 | 517 | 712  | 774 | 795 | 804 | 807 | 808 | 809 |
|     |     |     |     |     |     |     |     | 741  | 507 | 421 | 421 | 507 | 741  |     |     |     |     |     |     |
|     |     |     |     |     |     |     |     | 817  | 577 | 480 | 480 | 577 | 817  |     |     |     |     |     |     |
|     |     |     |     |     |     |     |     | 845  | 616 | 517 | 517 | 616 | 845  |     |     |     |     |     |     |
|     |     |     |     |     |     |     |     | 856  | 635 | 538 | 538 | 635 | 856  |     |     |     |     |     |     |
|     |     |     |     |     |     |     |     | 861  | 645 | 549 | 549 | 645 | 861  |     |     |     |     |     |     |
|     |     |     |     |     |     |     |     | 864  | 650 | 554 | 554 | 650 | 864  |     |     |     |     |     |     |
|     |     |     |     |     |     |     |     | 865  | 652 | 557 | 557 | 652 | 865  |     |     |     |     |     |     |
|     |     |     |     |     |     |     |     | 865  | 653 | 558 | 558 | 653 | 865  |     |     |     |     |     |     |
|     |     |     |     |     |     |     |     | 866  | 654 | 559 | 559 | 654 | 866  |     |     |     |     |     |     |
|     |     |     |     |     |     |     |     | 866  | 655 | 561 | 561 | 655 | 866  |     |     |     |     |     |     |
|     |     |     |     |     |     |     |     | 867  | 656 | 563 | 563 | 656 | 867  |     |     |     |     |     |     |
|     |     |     |     |     |     |     |     | 869  | 660 | 567 | 567 | 660 | 869  |     |     |     |     |     |     |
|     |     |     |     |     |     |     |     | 872  | 667 | 576 | 576 | 667 | 872  |     |     |     |     |     |     |
|     |     |     |     |     |     |     |     | 879  | 680 | 592 | 592 | 680 | 879  |     |     |     |     |     |     |
|     |     |     |     |     |     |     |     | 890  | 704 | 621 | 621 | 704 | 890  |     |     |     |     |     |     |
|     |     |     |     |     |     |     |     | 911  | 748 | 673 | 673 | 748 | 911  |     |     |     |     |     |     |
|     |     |     |     |     |     |     |     | 945  | 824 | 766 | 766 | 824 | 945  |     |     |     |     |     |     |
|     |     |     |     |     |     |     |     | 1001 | 948 | 923 | 923 | 948 | 1001 |     |     |     |     |     |     |

120 minuti

B = 12 cm

T(°C)

Y

Scala 1:3.18

X ←

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 186 | 185 | 182 | 178 | 172 | 164 | 155 | 145 | 136 | 131 | 131 | 136 | 145 | 155 | 164 | 172 | 178 | 182 | 185 | 186 |
| 241 | 239 | 236 | 231 | 223 | 213 | 200 | 188 | 174 | 168 | 168 | 174 | 186 | 200 | 213 | 223 | 231 | 236 | 239 | 241 |
| 321 | 319 | 315 | 308 | 299 | 285 | 267 | 248 | 229 | 219 | 218 | 229 | 248 | 267 | 285 | 299 | 308 | 315 | 319 | 321 |
| 440 | 436 | 434 | 427 | 414 | 395 | 367 | 332 | 302 | 268 | 266 | 302 | 332 | 367 | 395 | 414 | 427 | 434 | 436 | 440 |
| 625 | 623 | 619 | 612 | 598 | 572 | 528 | 453 | 396 | 367 | 367 | 396 | 453 | 528 | 572 | 598 | 612 | 619 | 623 | 625 |
| 905 | 905 | 903 | 898 | 889 | 869 | 811 | 629 | 513 | 460 | 460 | 513 | 629 | 811 | 869 | 889 | 898 | 903 | 905 | 905 |

|      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
| 850  | 835  | 552  | 552  | 635  | 850  |
| 926  | 716  | 623  | 623  | 716  | 926  |
| 956  | 762  | 669  | 669  | 762  | 956  |
| 963  | 767  | 697  | 697  | 767  | 963  |
| 975  | 800  | 713  | 713  | 800  | 975  |
| 978  | 806  | 721  | 721  | 806  | 978  |
| 980  | 810  | 725  | 725  | 810  | 980  |
| 981  | 812  | 727  | 727  | 812  | 981  |
| 981  | 813  | 729  | 729  | 813  | 981  |
| 982  | 815  | 731  | 731  | 815  | 982  |
| 983  | 817  | 734  | 734  | 817  | 983  |
| 985  | 822  | 740  | 740  | 822  | 985  |
| 988  | 829  | 749  | 749  | 829  | 988  |
| 994  | 843  | 766  | 766  | 843  | 994  |
| 1004 | 866  | 795  | 795  | 866  | 1004 |
| 1019 | 903  | 843  | 843  | 903  | 1019 |
| 1043 | 991  | 919  | 919  | 991  | 1043 |
| 1079 | 1045 | 1029 | 1029 | 1045 | 1079 |

180 minuti

B = 12 cm

T(°C)

Y

Scala 1:3.18

X

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 48  | 45  | 45  | 43  | 41  | 39  | 37  | 35  | 33  | 32  | 32  | 33  | 35  | 37  | 39  | 41  | 43  | 45  | 45  | 46  |
| 57  | 56  | 55  | 53  | 51  | 48  | 44  | 41  | 38  | 37  | 37  | 38  | 41  | 44  | 48  | 51  | 53  | 55  | 56  | 57  |
| 76  | 75  | 74  | 72  | 69  | 63  | 57  | 51  | 47  | 45  | 45  | 47  | 51  | 57  | 63  | 69  | 72  | 74  | 75  | 76  |
| 100 | 100 | 100 | 100 | 99  | 89  | 76  | 68  | 61  | 57  | 57  | 61  | 68  | 76  | 89  | 99  | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 174 | 173 | 170 | 164 | 152 | 133 | 100 | 93  | 80  | 72  | 72  | 80  | 93  | 100 | 133 | 152 | 164 | 170 | 173 | 174 |
| 277 | 275 | 271 | 261 | 243 | 214 | 173 | 136 | 100 | 90  | 90  | 100 | 136 | 173 | 214 | 243 | 261 | 271 | 275 | 277 |
| 444 | 443 | 438 | 427 | 402 | 354 | 271 | 199 | 145 | 111 | 111 | 145 | 199 | 271 | 354 | 402 | 427 | 438 | 443 | 444 |
| 740 | 740 | 737 | 729 | 706 | 638 | 423 | 281 | 168 | 158 | 158 | 168 | 281 | 423 | 638 | 706 | 729 | 737 | 740 | 740 |

|     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 644 | 372 | 250 | 199 | 199 | 250 | 372 | 644 |
| 714 | 425 | 238 | 230 | 230 | 238 | 425 | 714 |
| 738 | 453 | 311 | 251 | 251 | 311 | 453 | 738 |
| 747 | 466 | 324 | 263 | 263 | 324 | 466 | 747 |
| 751 | 472 | 331 | 270 | 270 | 331 | 472 | 751 |
| 752 | 475 | 334 | 274 | 274 | 334 | 475 | 752 |
| 753 | 476 | 336 | 275 | 275 | 336 | 476 | 753 |
| 753 | 477 | 336 | 276 | 276 | 336 | 477 | 753 |
| 753 | 477 | 337 | 276 | 276 | 337 | 477 | 753 |
| 753 | 477 | 337 | 277 | 277 | 337 | 477 | 753 |
| 753 | 478 | 337 | 277 | 277 | 337 | 478 | 753 |
| 753 | 478 | 338 | 278 | 278 | 338 | 478 | 753 |
| 754 | 479 | 339 | 280 | 280 | 339 | 479 | 754 |
| 755 | 482 | 343 | 283 | 283 | 343 | 482 | 755 |
| 757 | 486 | 349 | 290 | 290 | 349 | 486 | 757 |
| 762 | 496 | 361 | 304 | 304 | 361 | 496 | 762 |
| 771 | 513 | 392 | 327 | 327 | 392 | 513 | 771 |
| 786 | 544 | 420 | 368 | 368 | 420 | 544 | 786 |
| 812 | 598 | 485 | 439 | 439 | 485 | 598 | 812 |
| 859 | 693 | 604 | 566 | 566 | 604 | 693 | 859 |
| 936 | 860 | 816 | 797 | 797 | 816 | 860 | 936 |

90 minuti

B = 16 cm

T(°C)

Y

Scala 1:3.3

X <

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 64  | 63  | 62  | 60  | 57  | 54  | 51  | 48  | 46  | 45  | 45  | 46  | 48  | 51  | 54  | 57  | 60  | 62  | 63  | 64  |
| 79  | 78  | 76  | 74  | 70  | 65  | 61  | 57  | 54  | 52  | 52  | 54  | 57  | 61  | 65  | 70  | 74  | 76  | 78  | 79  |
| 100 | 100 | 100 | 98  | 91  | 83  | 77  | 71  | 66  | 63  | 63  | 66  | 71  | 77  | 83  | 91  | 98  | 100 | 100 | 100 |
| 151 | 150 | 146 | 139 | 128 | 112 | 100 | 93  | 83  | 79  | 79  | 83  | 93  | 100 | 112 | 128 | 139 | 146 | 150 | 151 |
| 223 | 221 | 217 | 207 | 193 | 172 | 150 | 127 | 100 | 100 | 100 | 100 | 127 | 150 | 172 | 193 | 207 | 217 | 221 | 224 |
| 335 | 332 | 326 | 315 | 295 | 263 | 221 | 180 | 149 | 134 | 134 | 149 | 180 | 221 | 263 | 295 | 315 | 326 | 332 | 335 |
| 512 | 510 | 503 | 480 | 464 | 412 | 327 | 253 | 203 | 178 | 178 | 203 | 253 | 327 | 412 | 464 | 480 | 503 | 510 | 512 |
| 807 | 806 | 802 | 793 | 769 | 701 | 487 | 345 | 284 | 227 | 227 | 284 | 345 | 487 | 701 | 769 | 793 | 802 | 806 | 807 |

|     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 712 | 444 | 324 | 274 | 274 | 324 | 444 | 712 |
| 786 | 506 | 368 | 311 | 311 | 368 | 506 | 786 |
| 812 | 539 | 397 | 337 | 337 | 397 | 539 | 812 |
| 822 | 556 | 414 | 354 | 354 | 414 | 556 | 822 |
| 827 | 564 | 424 | 363 | 363 | 424 | 564 | 827 |
| 829 | 569 | 429 | 369 | 369 | 429 | 569 | 829 |
| 830 | 571 | 432 | 371 | 371 | 432 | 571 | 830 |
| 831 | 572 | 433 | 373 | 373 | 433 | 572 | 831 |
| 831 | 572 | 434 | 374 | 374 | 434 | 572 | 831 |
| 831 | 573 | 434 | 374 | 374 | 434 | 573 | 831 |
| 831 | 573 | 435 | 375 | 375 | 435 | 573 | 831 |
| 832 | 574 | 436 | 376 | 376 | 436 | 574 | 832 |
| 833 | 576 | 438 | 379 | 379 | 438 | 576 | 833 |
| 834 | 579 | 443 | 384 | 384 | 443 | 579 | 834 |
| 837 | 586 | 451 | 392 | 392 | 451 | 586 | 837 |
| 843 | 597 | 464 | 407 | 407 | 464 | 597 | 843 |
| 852 | 616 | 487 | 432 | 432 | 487 | 616 | 852 |
| 867 | 648 | 527 | 475 | 475 | 527 | 648 | 867 |
| 893 | 701 | 594 | 547 | 547 | 594 | 701 | 893 |
| 934 | 792 | 708 | 671 | 671 | 708 | 792 | 934 |
| 996 | 935 | 897 | 860 | 860 | 897 | 935 | 996 |

120 minuti

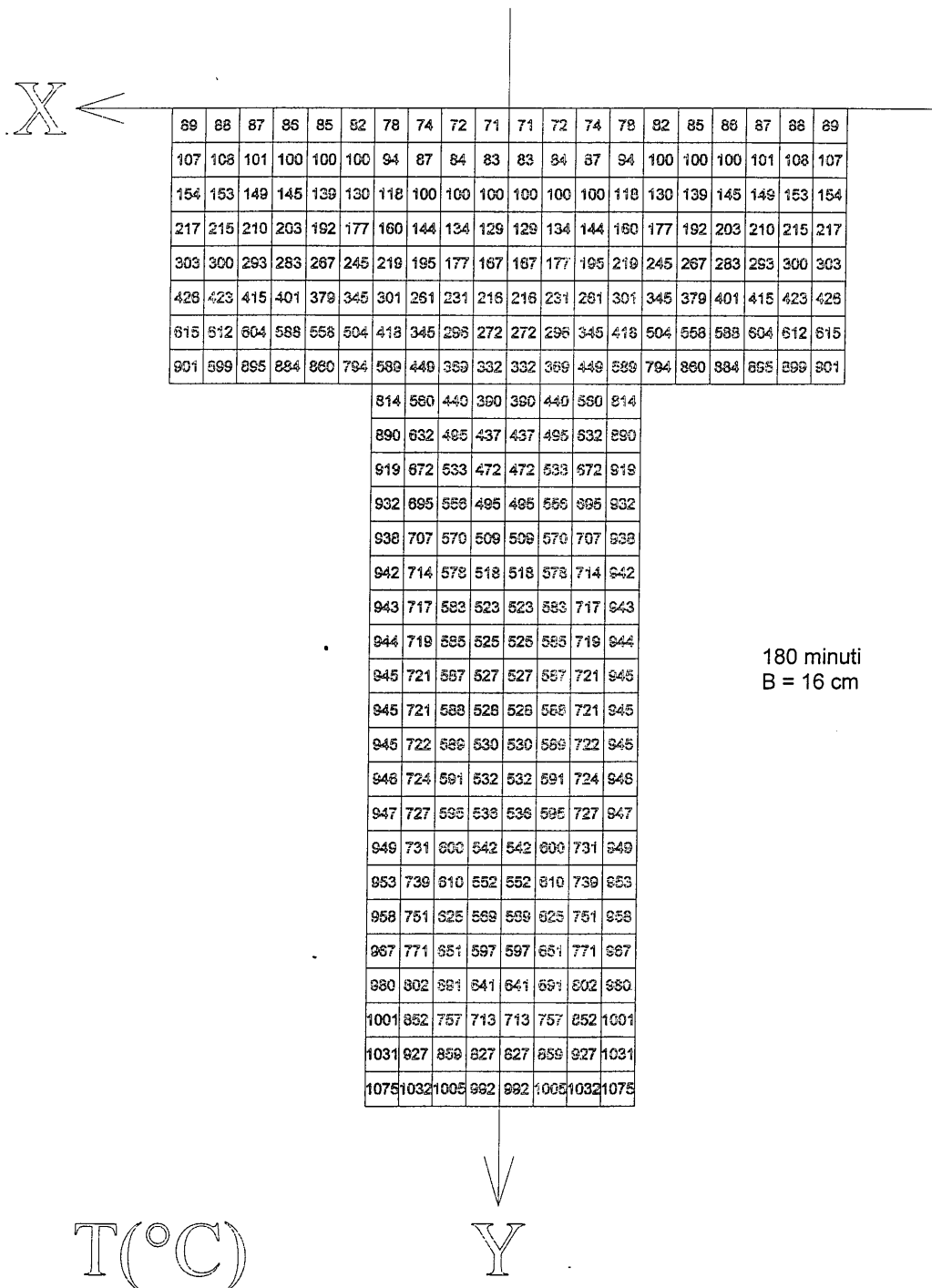
B = 16 cm

T(°C)

Y

Scala 1:3.3





Scala 1:3.3

X

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 28  | 28  | 27  | 27  | 26  | 25  | 24  | 23  | 23  | 23 | 23 | 23  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 27  | 28  | 28  |
| 32  | 31  | 31  | 30  | 29  | 28  | 26  | 25  | 24  | 24 | 24 | 24  | 25  | 26  | 28  | 29  | 30  | 31  | 31  | 32  |
| 39  | 39  | 38  | 38  | 35  | 33  | 30  | 29  | 27  | 26 | 26 | 27  | 29  | 30  | 33  | 35  | 36  | 38  | 39  | 39  |
| 52  | 52  | 50  | 48  | 45  | 41  | 37  | 34  | 32  | 30 | 30 | 32  | 34  | 37  | 41  | 45  | 48  | 50  | 52  | 52  |
| 73  | 72  | 70  | 67  | 61  | 54  | 48  | 43  | 39  | 37 | 37 | 39  | 43  | 48  | 54  | 61  | 67  | 70  | 72  | 73  |
| 100 | 100 | 100 | 98  | 88  | 75  | 65  | 56  | 49  | 45 | 45 | 49  | 56  | 65  | 75  | 88  | 98  | 100 | 100 | 100 |
| 172 | 169 | 163 | 152 | 132 | 100 | 90  | 74  | 62  | 57 | 57 | 62  | 74  | 90  | 100 | 132 | 152 | 163 | 169 | 172 |
| 273 | 270 | 260 | 243 | 213 | 170 | 132 | 100 | 80  | 70 | 70 | 80  | 100 | 132 | 170 | 213 | 243 | 260 | 270 | 273 |
| 441 | 437 | 428 | 402 | 352 | 287 | 191 | 135 | 100 | 85 | 85 | 100 | 135 | 191 | 287 | 352 | 402 | 428 | 437 | 441 |
| 739 | 736 | 728 | 706 | 637 | 418 | 270 | 177 | 123 | 98 | 98 | 123 | 177 | 270 | 418 | 637 | 706 | 728 | 736 | 739 |

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 638 | 357 | 221 | 146 | 100 | 100 | 146 | 221 | 357 | 638 |
| 708 | 408 | 252 | 166 | 122 | 122 | 166 | 252 | 408 | 708 |
| 731 | 433 | 271 | 180 | 135 | 135 | 180 | 271 | 433 | 731 |
| 739 | 444 | 281 | 189 | 144 | 144 | 189 | 281 | 444 | 739 |
| 742 | 450 | 287 | 194 | 150 | 150 | 194 | 287 | 450 | 742 |
| 744 | 452 | 289 | 196 | 152 | 152 | 196 | 289 | 452 | 744 |
| 744 | 453 | 290 | 198 | 154 | 154 | 198 | 290 | 453 | 744 |
| 745 | 454 | 291 | 198 | 154 | 154 | 198 | 291 | 454 | 745 |
| 745 | 454 | 291 | 199 | 155 | 155 | 199 | 291 | 454 | 745 |
| 745 | 454 | 292 | 199 | 155 | 155 | 199 | 292 | 454 | 745 |
| 745 | 455 | 292 | 200 | 157 | 157 | 200 | 292 | 455 | 745 |
| 746 | 456 | 294 | 203 | 160 | 160 | 203 | 294 | 456 | 746 |
| 747 | 459 | 298 | 208 | 166 | 166 | 208 | 298 | 459 | 747 |
| 749 | 464 | 306 | 218 | 178 | 178 | 218 | 306 | 464 | 749 |
| 754 | 475 | 321 | 237 | 198 | 198 | 237 | 321 | 475 | 754 |
| 764 | 494 | 347 | 267 | 230 | 230 | 267 | 347 | 494 | 764 |
| 780 | 528 | 380 | 318 | 282 | 282 | 318 | 380 | 528 | 780 |
| 809 | 586 | 462 | 386 | 367 | 367 | 386 | 462 | 586 | 809 |
| 857 | 685 | 587 | 535 | 511 | 511 | 535 | 587 | 685 | 857 |
| 936 | 857 | 809 | 783 | 772 | 772 | 783 | 809 | 857 | 936 |

90 minuti  
B = 20 cm

T(°C)

Y

Scala 1:3.32

X

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 37  | 36  | 35  | 34  | 33  | 32  | 30  | 29  | 28  | 28  | 28  | 25  | 29  | 30  | 32  | 33  | 34  | 35  | 36  | 37  |
| 43  | 42  | 41  | 40  | 38  | 36  | 34  | 32  | 31  | 30  | 30  | 31  | 32  | 34  | 36  | 38  | 40  | 41  | 42  | 43  |
| 54  | 53  | 51  | 49  | 47  | 44  | 41  | 38  | 36  | 35  | 35  | 36  | 38  | 41  | 44  | 47  | 49  | 51  | 53  | 54  |
| 71  | 70  | 68  | 64  | 60  | 56  | 51  | 47  | 44  | 42  | 42  | 44  | 47  | 51  | 56  | 60  | 64  | 68  | 70  | 71  |
| 100 | 98  | 94  | 88  | 79  | 73  | 66  | 59  | 54  | 51  | 51  | 54  | 59  | 66  | 73  | 79  | 88  | 94  | 98  | 100 |
| 145 | 143 | 136 | 124 | 100 | 89  | 86  | 75  | 67  | 63  | 63  | 67  | 75  | 86  | 99  | 100 | 124 | 136 | 143 | 145 |
| 217 | 213 | 205 | 190 | 168 | 145 | 119 | 99  | 84  | 77  | 77  | 84  | 99  | 119 | 145 | 168 | 190 | 205 | 213 | 217 |
| 329 | 324 | 313 | 293 | 260 | 214 | 168 | 132 | 100 | 91  | 91  | 100 | 132 | 168 | 214 | 260 | 293 | 313 | 324 | 329 |
| 507 | 502 | 489 | 462 | 408 | 319 | 237 | 176 | 133 | 100 | 100 | 133 | 176 | 237 | 319 | 408 | 462 | 489 | 502 | 507 |
| 804 | 801 | 782 | 768 | 697 | 476 | 323 | 228 | 170 | 141 | 141 | 170 | 228 | 323 | 476 | 697 | 768 | 782 | 801 | 804 |

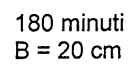
|     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 700 | 417 | 279 | 205 | 171 | 171 | 205 | 279 | 417 | 700 |
| 773 | 474 | 317 | 233 | 195 | 195 | 233 | 317 | 474 | 773 |
| 798 | 504 | 341 | 253 | 213 | 213 | 253 | 341 | 504 | 798 |
| 808 | 519 | 355 | 268 | 228 | 228 | 268 | 355 | 519 | 808 |
| 812 | 527 | 363 | 274 | 233 | 233 | 274 | 363 | 527 | 812 |
| 814 | 530 | 368 | 278 | 238 | 238 | 278 | 368 | 530 | 814 |
| 815 | 532 | 370 | 281 | 240 | 240 | 281 | 370 | 532 | 815 |
| 815 | 533 | 371 | 282 | 242 | 242 | 282 | 371 | 533 | 815 |
| 816 | 534 | 372 | 283 | 243 | 243 | 283 | 372 | 534 | 816 |
| 816 | 535 | 373 | 285 | 245 | 245 | 285 | 373 | 535 | 816 |
| 816 | 536 | 375 | 287 | 247 | 247 | 287 | 375 | 536 | 816 |
| 818 | 539 | 379 | 291 | 252 | 252 | 291 | 379 | 539 | 818 |
| 820 | 543 | 385 | 298 | 259 | 259 | 298 | 385 | 543 | 820 |
| 823 | 551 | 396 | 311 | 272 | 272 | 311 | 396 | 551 | 823 |
| 830 | 565 | 413 | 330 | 293 | 293 | 330 | 413 | 565 | 830 |
| 841 | 588 | 442 | 362 | 327 | 327 | 362 | 442 | 588 | 841 |
| 859 | 624 | 488 | 413 | 380 | 380 | 413 | 488 | 624 | 859 |
| 886 | 683 | 562 | 485 | 466 | 466 | 485 | 562 | 683 | 886 |
| 930 | 760 | 686 | 633 | 610 | 610 | 633 | 686 | 760 | 930 |
| 995 | 930 | 888 | 863 | 852 | 852 | 863 | 888 | 930 | 995 |

120 minuti  
B = 20 cm

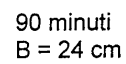
T(°C)

Y

Scala 1:3.32



27



X ←

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 27  | 27  | 26  | 26  | 26  | 26  | 25  | 25  | 25  | 24  | 23  | 23  | 22  | 22  | 22 | 22 | 22  | 23  | 23  | 24  | 25  | 25  | 25  | 26  | 26  | 26  | 26  | 27  | 27  |
| 29  | 29  | 29  | 29  | 29  | 28  | 28  | 27  | 26  | 26  | 25  | 24  | 23  | 23  | 23 | 23 | 23  | 24  | 25  | 26  | 26  | 27  | 28  | 28  | 29  | 29  | 29  | 29  | 29  |
| 34  | 34  | 34  | 34  | 33  | 33  | 32  | 31  | 30  | 29  | 28  | 26  | 25  | 25  | 24 | 24 | 25  | 25  | 26  | 28  | 29  | 30  | 31  | 32  | 33  | 33  | 34  | 34  | 34  |
| 43  | 42  | 42  | 42  | 41  | 40  | 39  | 38  | 36  | 34  | 32  | 30  | 29  | 27  | 27 | 27 | 27  | 29  | 30  | 32  | 34  | 36  | 38  | 39  | 40  | 41  | 42  | 42  | 43  |
| 55  | 55  | 55  | 54  | 54  | 52  | 50  | 48  | 45  | 42  | 39  | 36  | 33  | 31  | 30 | 30 | 31  | 33  | 36  | 39  | 42  | 45  | 48  | 50  | 52  | 54  | 54  | 55  | 55  |
| 75  | 74  | 74  | 74  | 72  | 71  | 68  | 64  | 59  | 54  | 49  | 44  | 40  | 37  | 36 | 37 | 40  | 44  | 49  | 54  | 59  | 64  | 68  | 71  | 72  | 74  | 74  | 74  | 75  |
| 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 98  | 94  | 87  | 78  | 72  | 64  | 56  | 49  | 45  | 42 | 42 | 45  | 49  | 55  | 64  | 72  | 78  | 87  | 94  | 99  | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 153 | 153 | 152 | 151 | 149 | 144 | 137 | 125 | 100 | 97  | 83  | 71  | 61  | 55  | 51 | 51 | 55  | 61  | 71  | 83  | 97  | 100 | 125 | 137 | 144 | 149 | 151 | 152 | 153 |
| 227 | 227 | 226 | 224 | 221 | 215 | 206 | 190 | 167 | 142 | 114 | 83  | 77  | 67  | 62 | 62 | 67  | 77  | 93  | 114 | 142 | 167 | 190 | 206 | 215 | 221 | 224 | 226 | 227 |
| 339 | 338 | 338 | 336 | 332 | 326 | 314 | 293 | 259 | 212 | 164 | 126 | 98  | 81  | 73 | 73 | 81  | 98  | 126 | 164 | 212 | 259 | 293 | 314 | 326 | 332 | 336 | 338 | 339 |
| 516 | 516 | 515 | 513 | 510 | 503 | 489 | 461 | 407 | 318 | 232 | 168 | 123 | 95  | 85 | 85 | 95  | 123 | 168 | 232 | 318 | 407 | 461 | 489 | 503 | 510 | 513 | 515 | 516 |
| 809 | 809 | 809 | 808 | 806 | 802 | 782 | 768 | 696 | 473 | 317 | 217 | 150 | 100 | 94 | 94 | 100 | 150 | 217 | 317 | 473 | 696 | 768 | 782 | 802 | 806 | 808 | 809 | 809 |

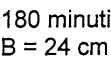
|     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 697 | 410 | 265 | 181 | 128 | 100 | 100 | 128 | 181 | 265 | 410 | 697 |
| 769 | 465 | 300 | 203 | 142 | 100 | 100 | 142 | 203 | 300 | 465 | 769 |
| 794 | 494 | 322 | 219 | 154 | 119 | 119 | 154 | 219 | 322 | 494 | 794 |
| 804 | 508 | 335 | 228 | 162 | 128 | 128 | 162 | 228 | 335 | 508 | 804 |
| 808 | 516 | 341 | 234 | 168 | 134 | 134 | 168 | 234 | 341 | 516 | 808 |
| 810 | 519 | 345 | 238 | 171 | 138 | 138 | 171 | 238 | 345 | 519 | 810 |
| 811 | 520 | 347 | 239 | 173 | 140 | 140 | 173 | 239 | 347 | 520 | 811 |
| 811 | 521 | 348 | 240 | 174 | 141 | 141 | 174 | 240 | 348 | 521 | 811 |
| 811 | 521 | 348 | 241 | 174 | 142 | 142 | 174 | 241 | 348 | 521 | 811 |
| 811 | 522 | 349 | 241 | 175 | 142 | 142 | 175 | 241 | 349 | 522 | 811 |
| 811 | 522 | 349 | 242 | 178 | 143 | 143 | 176 | 242 | 349 | 522 | 811 |
| 812 | 523 | 350 | 243 | 177 | 145 | 145 | 177 | 243 | 350 | 523 | 812 |
| 812 | 524 | 352 | 246 | 181 | 149 | 149 | 181 | 246 | 352 | 524 | 812 |
| 813 | 527 | 356 | 251 | 187 | 156 | 156 | 187 | 251 | 356 | 527 | 813 |
| 815 | 531 | 362 | 259 | 198 | 168 | 168 | 198 | 259 | 362 | 531 | 815 |
| 819 | 540 | 374 | 274 | 215 | 187 | 187 | 215 | 274 | 374 | 540 | 819 |
| 826 | 555 | 394 | 297 | 241 | 215 | 215 | 241 | 297 | 394 | 555 | 826 |
| 838 | 579 | 425 | 333 | 280 | 256 | 256 | 280 | 333 | 425 | 579 | 838 |
| 856 | 617 | 473 | 388 | 340 | 318 | 318 | 340 | 388 | 473 | 617 | 856 |
| 884 | 678 | 551 | 476 | 433 | 414 | 414 | 433 | 476 | 551 | 678 | 884 |
| 929 | 776 | 679 | 620 | 588 | 571 | 571 | 588 | 620 | 679 | 776 | 929 |
| 994 | 929 | 885 | 857 | 841 | 834 | 834 | 841 | 857 | 885 | 929 | 994 |

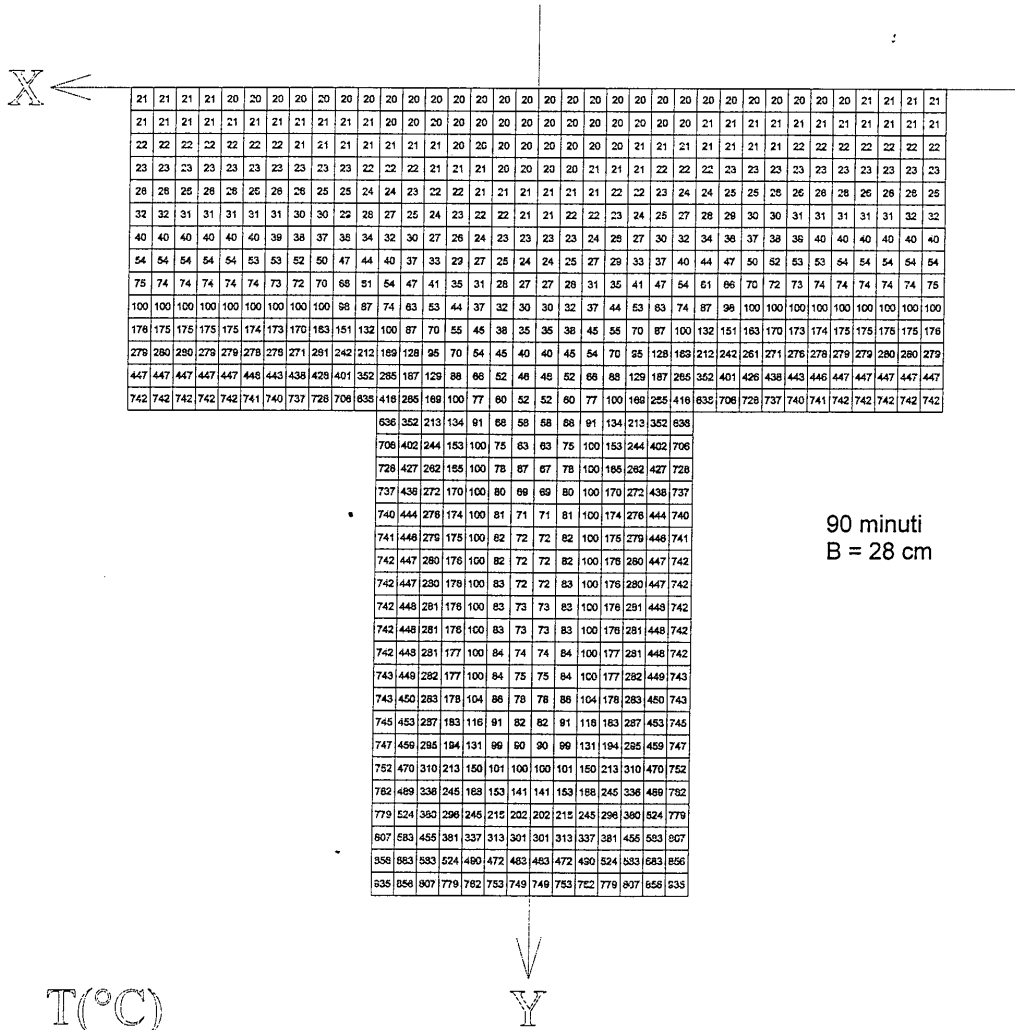
120 minuti  
B = 24 cm

T(°C)

Y

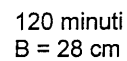
Scala 1:4.61





Scala 1:5.37





X <

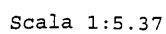
|      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 29   | 29   | 29  | 29  | 28  | 28  | 28  | 27  | 27  | 26  | 25  | 24  | 24   | 23   | 23  | 23  | 23  | 24  | 24  | 25  | 25  | 26  | 26  | 27  | 27  | 28  | 28  | 28  | 28  | 29  | 29  | 29  |
| 32   | 32   | 32  | 31  | 31  | 31  | 31  | 30  | 29  | 28  | 27  | 27  | 26   | 25   | 24  | 24  | 24  | 24  | 25  | 25  | 26  | 27  | 27  | 28  | 29  | 30  | 31  | 31  | 31  | 32  | 32  | 32  |
| 36   | 36   | 36  | 36  | 35  | 35  | 34  | 33  | 32  | 30  | 29  | 28  | 27   | 25   | 26  | 26  | 26  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  | 32  | 33  | 33  | 34  | 35  | 35  | 36  | 36  | 36  | 36  |
| 43   | 43   | 43  | 43  | 43  | 42  | 41  | 41  | 39  | 38  | 37  | 35  | 33   | 32   | 30  | 29  | 28  | 28  | 29  | 30  | 32  | 33  | 35  | 37  | 39  | 39  | 41  | 41  | 42  | 43  | 43  | 43  |
| 53   | 53   | 53  | 53  | 52  | 52  | 51  | 50  | 48  | 46  | 44  | 42  | 39   | 37   | 35  | 33  | 32  | 31  | 31  | 32  | 33  | 35  | 37  | 33  | 42  | 44  | 46  | 48  | 50  | 51  | 52  | 53  |
| 68   | 68   | 68  | 65  | 65  | 64  | 64  | 62  | 60  | 58  | 54  | 51  | 47   | 44   | 41  | 38  | 37  | 36  | 37  | 38  | 41  | 44  | 47  | 51  | 54  | 58  | 60  | 62  | 64  | 64  | 65  | 66  |
| 83   | 82   | 82  | 82  | 81  | 81  | 80  | 79  | 77  | 74  | 69  | 63  | 58   | 53   | 49  | 45  | 43  | 41  | 41  | 43  | 45  | 49  | 53  | 58  | 63  | 69  | 74  | 77  | 79  | 80  | 81  | 82  |
| 100  | 100  | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 97  | 89  | 80  | 73  | 66   | 59   | 54  | 50  | 48  | 48  | 50  | 54  | 59  | 66  | 73  | 80  | 89  | 97  | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 158  | 155  | 155 | 155 | 154 | 153 | 150 | 147 | 141 | 131 | 118 | 100 | 84   | 72   | 65  | 59  | 57  | 57  | 59  | 65  | 72  | 82  | 94  | 100 | 118 | 131 | 141 | 147 | 150 | 153 | 154 | 155 |
| 222  | 222  | 221 | 220 | 219 | 217 | 213 | 207 | 197 | 183 | 165 | 144 | 124  | 100  | 87  | 77  | 70  | 67  | 67  | 70  | 77  | 87  | 100 | 124 | 144 | 165 | 183 | 197 | 207 | 213 | 217 | 219 |
| 308  | 309  | 309 | 308 | 305 | 303 | 296 | 290 | 277 | 256 | 232 | 200 | 167  | 134  | 100 | 89  | 81  | 77  | 77  | 81  | 89  | 100 | 134 | 157 | 200 | 232 | 256 | 277 | 290 | 296 | 303 | 308 |
| 434  | 434  | 433 | 433 | 431 | 428 | 422 | 413 | 396 | 370 | 330 | 278 | 224  | 177  | 135 | 102 | 92  | 87  | 87  | 92  | 102 | 135 | 177 | 224 | 278 | 330 | 370 | 396 | 413 | 422 | 428 | 431 |
| 622  | 622  | 622 | 621 | 620 | 617 | 612 | 602 | 584 | 550 | 488 | 389 | 299  | 227  | 172 | 131 | 100 | 95  | 95  | 100 | 131 | 172 | 227 | 299 | 389 | 488 | 550 | 584 | 602 | 612 | 617 | 620 |
| 905  | 905  | 904 | 904 | 903 | 902 | 896 | 882 | 856 | 781 | 658 | 518 | 391  | 283  | 209 | 157 | 123 | 100 | 100 | 123 | 157 | 209 | 283 | 391 | 518 | 658 | 781 | 856 | 882 | 896 | 902 | 903 |
| 783  | 482  | 337 | 242 | 181 | 141 | 119 | 119 | 119 | 141 | 181 | 242 | 337  | 482  | 783 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 857  | 554  | 378 | 270 | 201 | 157 | 135 | 135 | 157 | 201 | 270 | 378 | 554  | 857  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 884  | 589  | 405 | 290 | 217 | 171 | 149 | 149 | 171 | 217 | 290 | 405 | 589  | 884  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 896  | 607  | 422 | 304 | 228 | 181 | 159 | 159 | 181 | 228 | 304 | 422 | 607  | 896  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 901  | 617  | 432 | 313 | 236 | 189 | 166 | 166 | 189 | 236 | 313 | 432 | 617  | 901  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 904  | 623  | 438 | 319 | 242 | 194 | 172 | 172 | 194 | 242 | 319 | 438 | 623  | 904  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 906  | 626  | 441 | 322 | 245 | 198 | 176 | 176 | 198 | 245 | 322 | 441 | 626  | 906  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 907  | 628  | 443 | 325 | 249 | 201 | 179 | 179 | 201 | 249 | 325 | 443 | 628  | 907  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 907  | 629  | 445 | 327 | 251 | 204 | 182 | 182 | 204 | 251 | 327 | 445 | 629  | 907  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 908  | 631  | 448 | 330 | 254 | 208 | 186 | 186 | 208 | 254 | 330 | 448 | 631  | 908  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 909  | 633  | 451 | 334 | 259 | 213 | 191 | 191 | 213 | 259 | 334 | 451 | 633  | 909  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 910  | 636  | 455 | 340 | 266 | 221 | 199 | 199 | 221 | 266 | 340 | 455 | 636  | 910  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 913  | 642  | 463 | 348 | 270 | 232 | 211 | 211 | 232 | 270 | 348 | 463 | 642  | 913  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 919  | 650  | 475 | 363 | 282 | 248 | 228 | 228 | 248 | 282 | 363 | 475 | 650  | 919  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 922  | 663  | 482 | 383 | 314 | 272 | 253 | 253 | 272 | 314 | 383 | 482 | 663  | 922  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 931  | 682  | 517 | 412 | 345 | 306 | 287 | 287 | 306 | 345 | 412 | 517 | 682  | 931  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 944  | 710  | 554 | 454 | 381 | 354 | 336 | 336 | 354 | 381 | 454 | 554 | 710  | 944  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 962  | 752  | 608 | 518 | 458 | 424 | 407 | 407 | 424 | 458 | 518 | 608 | 752  | 962  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 987  | 814  | 690 | 610 | 559 | 529 | 515 | 515 | 529 | 559 | 610 | 690 | 814  | 987  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1023 | 902  | 814 | 754 | 715 | 692 | 681 | 681 | 692 | 715 | 754 | 814 | 902  | 1023 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1072 | 1023 | 988 | 922 | 846 | 835 | 830 | 830 | 835 | 846 | 922 | 988 | 1023 | 1072 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

180 minuti  
B = 28 cm

T(°C)

Y

Scala 1:5.37



[illegible]

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 895 | 407 | 259 | 168 | 108 | 83  | 62  | 81  | 51  | 88  | 83  | 108 | 188 | 295 | 407 | 895 |
| 798 | 481 | 293 | 192 | 137 | 93  | 74  | 65  | 65  | 74  | 83  | 127 | 182 | 295 | 481 | 798 |
| 792 | 480 | 315 | 208 | 141 | 100 | 79  | 66  | 68  | 79  | 101 | 208 | 315 | 490 | 792 |     |
| 802 | 504 | 327 | 218 | 148 | 100 | 82  | 72  | 72  | 82  | 100 | 148 | 218 | 327 | 504 | 802 |
| 806 | 514 | 334 | 223 | 151 | 100 | 83  | 74  | 74  | 83  | 100 | 151 | 223 | 334 | 514 | 806 |
| 808 | 514 | 337 | 227 | 154 | 100 | 84  | 75  | 75  | 84  | 100 | 154 | 227 | 337 | 514 | 808 |
| 809 | 519 | 340 | 228 | 155 | 100 | 85  | 77  | 77  | 85  | 100 | 155 | 229 | 340 | 519 | 809 |
| 809 | 517 | 341 | 230 | 156 | 100 | 86  | 78  | 78  | 86  | 100 | 156 | 230 | 341 | 517 | 809 |
| 810 | 516 | 342 | 232 | 157 | 100 | 87  | 80  | 80  | 87  | 100 | 157 | 232 | 342 | 516 | 810 |
| 811 | 520 | 345 | 234 | 160 | 100 | 89  | 82  | 82  | 89  | 100 | 159 | 234 | 346 | 520 | 811 |
| 812 | 522 | 348 | 239 | 162 | 107 | 82  | 86  | 86  | 92  | 107 | 162 | 239 | 348 | 522 | 812 |
| 814 | 528 | 355 | 247 | 173 | 124 | 99  | 92  | 92  | 99  | 124 | 173 | 247 | 355 | 528 | 814 |
| 818 | 536 | 367 | 261 | 190 | 141 | 101 | 101 | 101 | 101 | 141 | 190 | 261 | 367 | 536 | 818 |
| 825 | 562 | 387 | 286 | 218 | 173 | 145 | 135 | 135 | 145 | 173 | 218 | 286 | 387 | 562 | 825 |
| 837 | 578 | 437 | 322 | 259 | 219 | 194 | 183 | 183 | 194 | 219 | 259 | 322 | 419 | 576 | 837 |
| 855 | 615 | 489 | 379 | 322 | 266 | 265 | 255 | 255 | 265 | 286 | 322 | 379 | 458 | 615 | 855 |
| 864 | 676 | 548 | 498 | 419 | 389 | 371 | 363 | 363 | 371 | 389 | 419 | 469 | 548 | 676 | 864 |
| 878 | 775 | 676 | 615 | 576 | 535 | 539 | 533 | 533 | 539 | 563 | 576 | 615 | 676 | 776 | 878 |
| 994 | 928 | 804 | 855 | 837 | 826 | 819 | 818 | 818 | 818 | 826 | 837 | 855 | 884 | 929 | 994 |

Y

35

X

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 24  | 24  | 23  | 23  | 23  | 23  | 23  | 23  | 22  | 22  | 22  | 22  | 21  | 21  | 21  | 21  | 21 | 21 | 21 | 21 | 21  | 22  | 22  | 22  | 22  | 23  | 23  | 23  | 23  | 23  | 24  | 24  |     |
| 25  | 25  | 25  | 25  | 25  | 24  | 24  | 24  | 24  | 23  | 23  | 23  | 22  | 22  | 22  | 21  | 21 | 21 | 21 | 21 | 21  | 22  | 22  | 22  | 23  | 23  | 24  | 24  | 24  | 25  | 25  | 25  | 25  |
| 27  | 27  | 27  | 27  | 27  | 26  | 26  | 26  | 26  | 25  | 24  | 24  | 23  | 23  | 22  | 22  | 22 | 22 | 22 | 22 | 23  | 23  | 24  | 24  | 25  | 25  | 26  | 26  | 26  | 27  | 27  | 27  | 27  |
| 30  | 30  | 30  | 30  | 30  | 30  | 29  | 29  | 29  | 29  | 28  | 27  | 27  | 26  | 25  | 24  | 24 | 23 | 23 | 23 | 23  | 24  | 24  | 25  | 26  | 27  | 27  | 28  | 29  | 29  | 30  | 30  | 30  |
| 35  | 35  | 35  | 35  | 35  | 34  | 34  | 33  | 32  | 31  | 30  | 29  | 28  | 28  | 26  | 25  | 24 | 24 | 24 | 24 | 25  | 26  | 26  | 29  | 30  | 31  | 32  | 33  | 34  | 34  | 35  | 35  | 35  |
| 43  | 43  | 42  | 42  | 42  | 41  | 40  | 39  | 38  | 36  | 35  | 33  | 31  | 30  | 28  | 27  | 26 | 26 | 26 | 27 | 28  | 30  | 31  | 33  | 35  | 36  | 38  | 39  | 40  | 41  | 42  | 42  | 43  |
| 53  | 52  | 52  | 52  | 51  | 51  | 49  | 48  | 46  | 44  | 41  | 38  | 36  | 34  | 32  | 30  | 29 | 28 | 28 | 29 | 30  | 32  | 34  | 36  | 39  | 41  | 44  | 46  | 48  | 49  | 51  | 52  | 52  |
| 66  | 66  | 65  | 65  | 64  | 63  | 62  | 60  | 57  | 54  | 50  | 47  | 43  | 40  | 37  | 34  | 33 | 32 | 32 | 33 | 34  | 37  | 40  | 43  | 47  | 50  | 54  | 57  | 60  | 62  | 63  | 64  | 65  |
| 83  | 82  | 82  | 81  | 81  | 80  | 79  | 77  | 73  | 68  | 63  | 58  | 52  | 47  | 43  | 40  | 37 | 36 | 36 | 37 | 40  | 43  | 47  | 52  | 58  | 63  | 68  | 73  | 77  | 79  | 80  | 81  | 81  |
| 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 96  | 89  | 80  | 73  | 65  | 57  | 51  | 48  | 43 | 41 | 41 | 43 | 46  | 51  | 57  | 65  | 73  | 80  | 89  | 96  | 100 | 100 | 100 | 100 |     |
| 156 | 155 | 155 | 154 | 152 | 150 | 147 | 141 | 131 | 116 | 100 | 83  | 61  | 50  | 43  | 40  | 37 | 36 | 36 | 37 | 40  | 43  | 47  | 52  | 58  | 63  | 68  | 73  | 77  | 79  | 80  | 81  | 81  |
| 221 | 221 | 220 | 219 | 217 | 213 | 207 | 197 | 183 | 165 | 144 | 124 | 100 | 85  | 74  | 64  | 58 | 55 | 55 | 56 | 64  | 74  | 85  | 100 | 124 | 144 | 165 | 183 | 197 | 207 | 213 | 217 | 219 |
| 308 | 308 | 308 | 306 | 303 | 298 | 290 | 277 | 258 | 231 | 200 | 166 | 133 | 100 | 87  | 75  | 67 | 63 | 63 | 67 | 75  | 87  | 100 | 133 | 166 | 200 | 231 | 258 | 277 | 290 | 298 | 303 | 306 |
| 434 | 432 | 432 | 431 | 428 | 422 | 413 | 396 | 370 | 330 | 277 | 223 | 175 | 134 | 100 | 87  | 77 | 72 | 72 | 77 | 87  | 100 | 134 | 175 | 223 | 277 | 330 | 370 | 396 | 413 | 422 | 432 | 434 |
| 622 | 622 | 621 | 620 | 617 | 612 | 602 | 584 | 550 | 487 | 389 | 297 | 224 | 169 | 127 | 100 | 87 | 81 | 81 | 87 | 100 | 127 | 169 | 224 | 297 | 389 | 487 | 550 | 584 | 602 | 612 | 617 | 620 |
| 904 | 904 | 904 | 903 | 902 | 899 | 894 | 882 | 855 | 781 | 555 | 389 | 279 | 203 | 150 | 114 | 86 | 86 | 86 | 95 | 114 | 150 | 203 | 279 | 389 | 555 | 781 | 855 | 882 | 894 | 899 | 902 | 903 |
| 904 | 904 | 904 | 903 | 902 | 899 | 894 | 882 | 855 | 781 | 555 | 389 | 279 | 203 | 150 | 114 | 86 | 86 | 86 | 95 | 114 | 150 | 203 | 279 | 389 | 555 | 781 | 855 | 882 | 894 | 899 | 902 | 903 |

|      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |
|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| 781  | 489  | 333 | 237 | 172 | 128 | 100 | 94  | 94  | 100 | 128 | 172 | 237 | 333 | 489  | 781  |
| 856  | 552  | 373 | 284 | 191 | 140 | 101 | 98  | 98  | 101 | 140 | 191 | 284 | 373 | 552  | 856  |
| 883  | 586  | 400 | 283 | 206 | 152 | 117 | 100 | 100 | 117 | 152 | 206 | 283 | 400 | 586  | 883  |
| 895  | 604  | 417 | 296 | 215 | 160 | 124 | 100 | 100 | 124 | 160 | 215 | 296 | 417 | 604  | 895  |
| 900  | 614  | 427 | 305 | 223 | 168 | 128 | 100 | 100 | 128 | 168 | 223 | 305 | 427 | 614  | 900  |
| 903  | 620  | 433 | 311 | 228 | 170 | 130 | 100 | 100 | 130 | 170 | 228 | 311 | 433 | 620  | 903  |
| 905  | 623  | 437 | 315 | 232 | 174 | 133 | 100 | 100 | 133 | 174 | 232 | 315 | 437 | 623  | 905  |
| 906  | 626  | 440 | 319 | 236 | 177 | 136 | 100 | 100 | 136 | 177 | 236 | 319 | 440 | 626  | 906  |
| 907  | 629  | 444 | 323 | 241 | 182 | 141 | 115 | 115 | 141 | 182 | 241 | 323 | 444 | 629  | 907  |
| 908  | 633  | 449 | 329 | 246 | 191 | 152 | 131 | 131 | 152 | 191 | 246 | 329 | 449 | 633  | 908  |
| 911  | 638  | 457 | 339 | 259 | 204 | 160 | 149 | 149 | 160 | 204 | 259 | 339 | 457 | 638  | 911  |
| 915  | 647  | 469 | 353 | 275 | 222 | 189 | 172 | 172 | 189 | 222 | 275 | 353 | 469 | 647  | 915  |
| 921  | 660  | 486 | 373 | 298 | 248 | 217 | 202 | 202 | 217 | 248 | 298 | 373 | 486 | 660  | 921  |
| 930  | 680  | 512 | 403 | 332 | 284 | 256 | 241 | 241 | 256 | 284 | 332 | 403 | 512 | 680  | 930  |
| 943  | 708  | 549 | 447 | 379 | 335 | 308 | 295 | 295 | 308 | 335 | 379 | 447 | 549 | 708  | 943  |
| 961  | 750  | 605 | 510 | 448 | 406 | 384 | 372 | 372 | 384 | 406 | 448 | 510 | 605 | 750  | 961  |
| 987  | 812  | 668 | 566 | 551 | 516 | 495 | 485 | 485 | 495 | 516 | 551 | 566 | 668 | 812  | 987  |
| 1023 | 902  | 813 | 751 | 710 | 683 | 667 | 659 | 659 | 667 | 683 | 710 | 751 | 813 | 902  | 1023 |
| 1072 | 1023 | 987 | 961 | 944 | 932 | 924 | 921 | 921 | 924 | 932 | 944 | 961 | 987 | 1023 | 1072 |

180 minuti  
B = 32 cm

T(°C)

Y

Scala 1:5.37

## ESEMPI DI VERIFICHE DI RESISTENZA AL FUOCO

### Allegato 3.1

Tegolo TT di altezza 40 + 5 cm e di base 12 cm. R120

## TABELLA DELLE TEMPERATURE

Technical drawing of a reinforced concrete slab cross-section. The drawing shows a slab with a total width of 40 cm and a total height of 35 cm. The slab is supported by a wall on the left and a column on the right. The wall has a thickness of 15 cm. The column has a diameter of 12 cm. The slab is reinforced with three layers of reinforcement: a top layer (Trefoli) with a diameter of 10 cm, a middle layer (Armatura lenta) with a diameter of 7.5 cm, and a bottom layer (Trefoli) with a diameter of 5 cm. The distance between the top and middle reinforcement is 30 cm, and the distance between the middle and bottom reinforcement is 10 cm. The distance from the wall to the column is 35 cm.

| N | T° C | Kpi   | d  |
|---|------|-------|----|
| 1 | 654  | 0,010 | 5  |
| 2 | 538  | 0,224 | 10 |
| 3 | 501  | 0,298 | 15 |

$$K_{mp} = \frac{\sum_{i=1}^n A_{pi} h_i K_{pi}}{\sum_{i=1}^n A_{pi} h_i}$$

$$K_{mp} = \frac{0,35 \times 0,224 + 0,30 \times 0,298 + 0,01 \times 0,4}{0,35 + 0,30 + 0,4}$$

$$K_{mp} = 0,163$$

## IPOTESI DI CARICO

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| Peso proprio            | 2,15 kN/m <sup>2</sup> |
| Peso del getto          | 1,25 kN/m <sup>2</sup> |
| Sovraccarico permanente | 2,00 kN/m <sup>2</sup> |
| Sovraccarico variabile  | 3,00 kN/m <sup>2</sup> |

## FATTORE DI RIDUZIONE DEI SOVRACCARICHI E DEI MATERIALI

$$K_{crit.} = \frac{1 \times 540 + 0,5 \times 300}{1,4 \times 540 + 1,5 \times 300} \times \frac{1}{1,15} = \frac{540 + 150}{756 + 450} \times \frac{1}{1,15} = \frac{690}{1206} \times \frac{1}{1,15}$$

$$K_{crit.} = 0,4975$$

$$0,163 < 0,4975$$

L'armatura presente non è sufficiente.

Si procede a calcolare l'armatura da aggiungere confrontando il momento resistente dei trefoli con quello necessario.

## MOMENTO RESISTENTE A CALDO

Azioni di progetto

$$F_{fid} = \gamma_g \times G_k + \psi_{11} \times Q_{k1}$$

$$G_k = (2,15 + 1,25 + 2) \times 2,5 = 13,51 \text{ kN/m}$$

$$\gamma_g = 1$$

$$Q_{k1} = 3 \times 2,5 = 7,5 \text{ kN/m}$$

$$\psi_{11} = 0,5$$

$$M_{sdfi} = \frac{1}{2} (13,51 + 0,5 \times 7,5) \times 7,4^2 / 8 = 59,07 \text{ kNm}$$

## CALCOLO DEL MOMENTO RESISTENTE DEI TREFOLI PRESENTI A CALDO

$$M_R = 1,39 \times 18600 \times 0,35 \times 0,9 \times 0,224 + 1,39 \times 18600 \times 0,3 \times 0,9 \times 0,298 = 18,24 + 20,80 \\ = 39,04 \text{ kNm}$$

$$\Delta M_R = 59,07 - 39,04 = 20,03 \text{ kNm}$$

$$A_f = 20,03 / (0,9 \times 0,375 \times 430 / 1,15 \times 0,412) = 3,8 \text{ cm}^2$$

Si arma con 1 Ø 22 per nervatura

### Allegato 3.2

#### VERIFICA A TAGLIO DI UN TEGOLO TT H40+5 B12

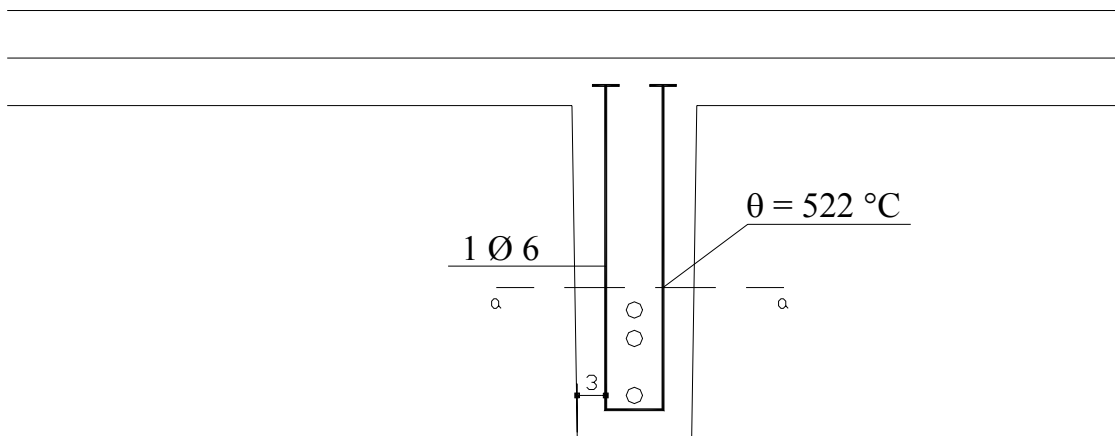
La staffatura  $\varnothing 6$  di testata dimensionata a freddo senza tener conto del contributo del calcestruzzo e posta ad una distanza di  $\sim 3$  cm dal bordo, si trova ad una temperatura, all'altezza della sez. a che sottende l'area tesa efficace, di  $522^\circ\text{C}$ :

$$\theta = 522^\circ\text{C} \quad K_{\text{ma}} = 0,557$$

$$K_{\text{crit.}} = 0,4975$$

$$K_{\text{ma}} = 0,557 > K_{\text{crit.}} 0,4975$$

Verifica soddisfatta





### Allegato 3.3

#### VERIFICA A TAGLIO DI UN ELEMENTO SENZA STAFFE

#### SOLAIO ALVEOLARE

#### VERIFICA A TAGLIO IN APPOGGIO PER R120

Dati di base con riferimento ad una singola nervatura (interasse=28cm):

$$L_c = 12.00\text{m}$$

$$\text{Peso proprio solaio} = 1.05 \text{ kN/m}$$

$$\text{Sovr. perm.} \quad 100 \times 0.28 = 0.28 \text{ kN/m}$$

$$\text{Sovr. neve} \quad 100 \times 0.28 = 0.30 \text{ kN/m}$$

Assumendo

$$R_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctk\ 0,05} = 0,7 \times 0,27 \sqrt[3]{R_{ck}^2} = 2,565 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{Rd} = 0,25 \times f_{ctk\ 0,05} / \gamma_c = 0,25 \times 2,565 / 1,5 = 0,427 \text{ N/mm}^2$$

$$d = 40 - 3,5 = 36,50 \text{ cm}$$

$$d_{fi} = 40 - 5,5 = 34,50 \text{ cm} \quad (\text{è la distanza dal lembo compresso dell'acciaio aggiunto per taglio})$$

$$b_w = 6 \text{ cm}$$

$$A_{sl} = \text{per semplificare} = 0 \text{ in favore di sicurezza}$$

$$\rho_l = A_{sl} / b_w d = 0$$

$$\sigma_{CP} = N_{sd} / A_c = 0 \text{ in favore di sicurezza}$$

$$\text{Verifica a freddo} \quad V_{sd} = [1,4 (1,05 + 0,28) + 1,5 \times 0,3 \times 12/2] = 13,87 \text{ kN} = V_{Rd1}$$

$$\begin{aligned} V_{Rd1} &= [\tau_{Rd} \times k (1,2 + 40 \rho_l) + 0,15 \sigma_{CP}] b_w \times d = \\ &= 0,427 \times 1,235 \times 1,2 \times 60 \times 365 = 13,87 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{Verifica a caldo} \quad V_{Rd1} = [1 (1,05 + 0,28) + 0,5 \times 0,3] 12/2 = 8,88 \text{ kN}$$

Temperatura del calcestruzzo all'attacco dell'anima  $\theta = 204^\circ\text{C}$

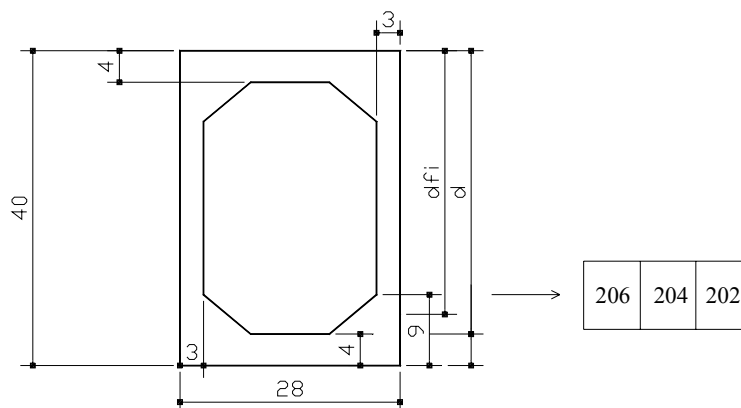
$$f_{ctk} = k_{ct} \times f_{ctk} (20^\circ) = k_{ct} \times 2,565$$

$$k_{ct} = 600 - 404 / 500 = 0,792 \quad \gamma_{cfi} = 1,2$$

$$\tau_{Rd\ fi} = 0,25 \times 0,792 \times 2,565 / 1,2 = 0,243 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{Rd\ fi} = 0,423 \times 1,235 \times 1,2 \times 60 \times 345 = 12,98 \text{ kN} > V_{sd\ fi} = 8,88 \text{ kN}$$

Il taglio resistente è maggiore del taglio sollecitante



### Allegato 3.4

#### ANGOLARE in FERRO

Per il tratto di piastra annegato nel cls, si assume una temperatura  $\theta$  pari alla media delle temperature del cls, ovvero

$$\theta = (967 \times 0.5 + 1 \times (825 + 662 + 532 + 428) + 0.5 \times 362) / 5 = 622^\circ$$

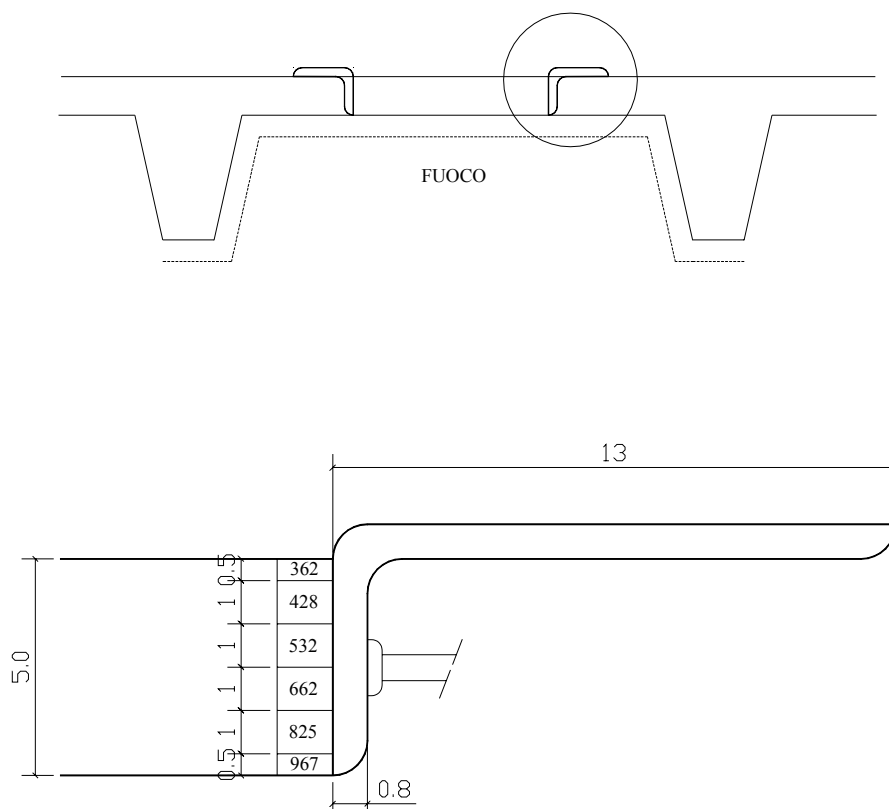
Per l'ala si assume  $\theta = 362^\circ$  ovvero la  $\theta$  del lembo superiore della soletta; la  $\theta$  media complessiva risulta:

$$\theta_{\text{media}} = (362^\circ \times 13\text{cm} + 622^\circ \times 5\text{cm}) / (13+5) = 434^\circ\text{C}$$

$$\text{Fattore di riduzione } K = (6650 - 9 \times 434) / 3500 = \mathbf{0.784}$$

Assumendo il fattore di sicurezza dei carichi pari a 1.5 e quello di sicurezza dell'acciaio pari a 1.15, risulta

$$(1/1.5) \times (1/1.15) = \mathbf{0.58 < 0.784 \text{ VERIFICA SODDISFATTA}}$$



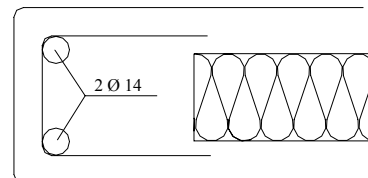
### Allegato 3.5

#### VERIFICA DI UN MURO TAGLIAFUOCO

Si verifica per REI 120 un muro tagliafuoco alto 10 m e realizzato con pannelli verticali di 20 cm di spessore e larghezza 250 cm.

#### VERIFICA R

Il muro è stato progettato a freddo per una spinta di 100 kg a 1 m di altezza, o in alternativa con una pressione di 300 N/m<sup>2</sup> (M = 9,4 kNm) , ma l'armatura di 2 + 2 Ø 14 è dovuta anche alle fasi di movimentazione del pezzo.



Poiché l'armatura va dimensionata tenendo conto della deformazione del pannello, dobbiamo prima determinare la freccia che ha il pannello, in caso d'incendio, ipotizzando che all'interno rimanga aria.

La temperatura media della superficie esposta al fuoco supponiamo che valga 840°C, quella della superficie opposta 140°C. Con il che possiamo dire che è verificata la I.

Il  $\Delta T$  di circa 700° tra le 2 facce del pannello, distanti 20 cm, produce una differenza di allungamento che vale, come ordine di grandezza (il coefficiente di dilatazione in realtà non è costante al crescere della temperatura):

$$\Delta l = 700(^{\circ}\text{C}) \times 1000 \text{ (cm)} \times 0,00001 = 7 \text{ cm}$$

di cui 3,5 cm alla base e 3,5 cm in sommità.

La rotazione all'estremità vale:

$$\alpha = \text{artg } 3,5/20 = 9,93^{\circ} \text{ circa}$$

La curvatura è costante, per cui:

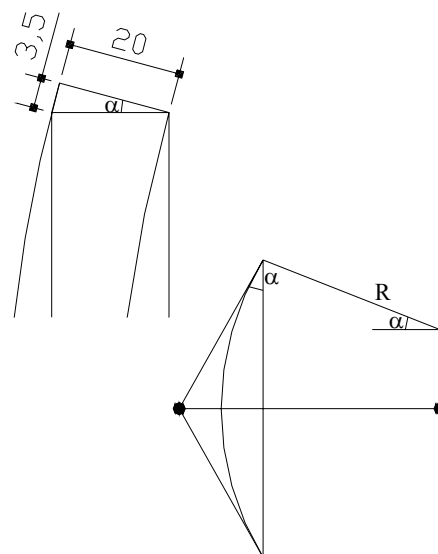
$$R \sin \alpha = 500$$

$$\text{da cui } R = 500 / \sin \alpha = 2901 \text{ cm}$$

La freccia vale

$$\begin{aligned} f &= R - R \cos \alpha = \\ &= R (1 - \cos \alpha) = 2901 \times (0,01497) = 43,4 \text{ cm} \end{aligned}$$

Il calcolo è stato sviluppato prescindendo dalla deformabilità dei vincoli e delle strutture a cui il pannello è collegato.

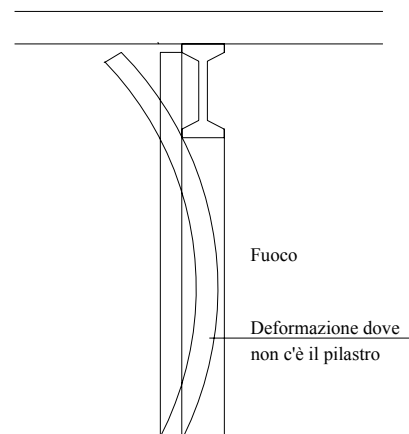


La verifica della E è molto più complessa.

Innanzitutto, per un muro tagliafuoco, solitamente si deve ipotizzare la possibilità di incendio in entrambi i compartimenti.

Pannelli verticali ancorati ad una trave si deformano con una freccia verso l'interno del compartimento che contiene il fuoco; occorre mantenere la "E" tra i pannelli che si deformano e il pannello la cui deformazione è impedita dall'eventuale presenza di un pilastro.

Questo è possibile se i pannelli hanno un giunto maschio-femmina, in grado di impedire deformazioni differenti, con il beneficio comunque di aver a caldo il modulo elastico del calcestruzzo sensibilmente ridotto (vedi 9.1)



Negli angoli tra il muro tagliafuoco e il pannello esterno, occorre verificare che i vincoli siano correttamente dimensionati in rapporto al particolare stato di sollecitazione al quale sono sottoposti.

Una soluzione alternativa potrebbe essere quella di utilizzare, tra pilastro e pilastro, pannelli orizzontali, sempre con giunto orizzontale a maschio-femmina, oppure di posizionare una trave intermedia rompitratta, oppure di realizzare un muro tagliafuoco a taglio strutturale, come fosse un pannello a taglio termico.

In quest'ultimo caso il paramento che si allunga, inevitabilmente da un solo lato, non provoca sensibili deformazioni, sempre che l'allungamento sia compatibile con il tipo di connettori previsti e con i vincoli del pannello alla struttura.

Problemi complessi legati alle deformazioni si hanno anche per divisori realizzati con doppia lamiera e isolante interposto, nonché per muri realizzati con blocchi in cemento o in mattoni, dove le deformazioni possono, indipendentemente dalla frequenza delle corree, creare i presupposti di un pericolo statico.

E' bene precisare che la soluzione del doppio muro non risolve minimamente il problema né dell'entità delle deformazioni, né della loro congruenza nelle zone di spigolo.