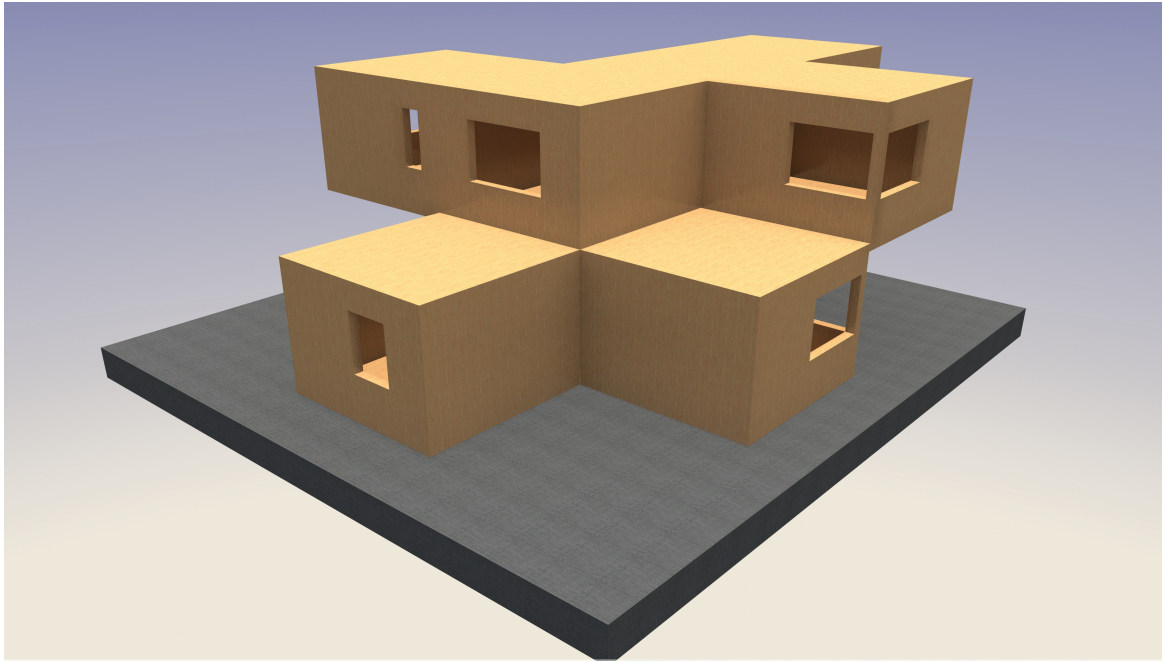


La prevenzione incendi nella edilizia residenziale



Ing. Giuseppe Mosca

Premessa

La prevenzione incendi fa parte della sicurezza sul lavoro è un branca della ingegneria civile distante dalle competenze della ingegneria edile improntate sulla progettazione strutturale architettonica impiantistica attenta alle problematiche ambientali che in Francia e in Europa consentono la iscrizione all'ordine degli architetti in virtù della legislazione sulla equivalenza dei titoli di studio. La progettazione ambientale prevede la costruzione di case in legno molto diffuse in Nord Europa dove si ha un maggiore rispetto della natura e non si verificano mai incendi boschivi ben più dannosi poiché il legno i boschi sono una risorsa utilizzata in edilizia e come biomassa per il riscaldamento inoltre i carabinieri per la biodiversità in accordo con le aziende del legno si preoccupano del reimpianto degli alberi tutelando il patrimonio boschivo generando indotto economico. In questa raccolta di appunti sono riportati due articoli il primo riguardante le canne fumarie degli edifici residenziali con impianti di riscaldamento alimentati a biomasse e a gas metano , il secondo la prevenzione incendi nella progettazione di case in legno , ormai anche in Italia si costruiscono edifici in X-Lam a 5-6 piani di conseguenza la prevenzione incendi assume sempre maggiore importanza. Saranno introdotti altri articoli che riguarderanno le strutture in legno lamellare per impianti sportivi gli edifici di culto con le verifiche da eseguire per sezione ridotta degli elementi strutturali nel rispetto delle NTC 2018 , la sicurezza antincendio di edifici con più piani per quanto concerne le regole tecniche verticali , la sicurezza degli impianti elettrici e di riscaldamento, Gli incendi con le norme vigenti sono degli eventi rari ovvero in una casa di nuova costruzione un corto circuito di un impianto elettrico non può essere causa di incendio, le caldaie per impianti di riscaldamento vengono posizionate sui balconi terrazzi o in locale caldaia con aperture di ventilazione , esplosioni dovute a fughe di gas sono improbabili al pari delle esalazioni di ossido di carbonio. Gli incendi hanno sempre una origine dolosa soprattutto in questi ultimi anni caratterizzati da conflitti sociali proteste e guerra in Europa, o di disattenzioni da parte di persone che nelle loro abitazioni hanno problemi di disabilità di salute fisica mentale che di fronte ad un generatore di calore a biomassa, elettrico o a gas metano si trovano in difficoltà ma come detto dipendono dall'ambiente sociale la sua salubrità dagli stimoli che da esso riceve e dalla microcriminalità sociale e urbana .

Indice

1- La prevenzione incendi negli edifici in legno

2- I camini e le canne fumarie

La prevenzione incendi negli edifici in legno

1- Introduzione

2- La capacità portante degli elementi strutturali

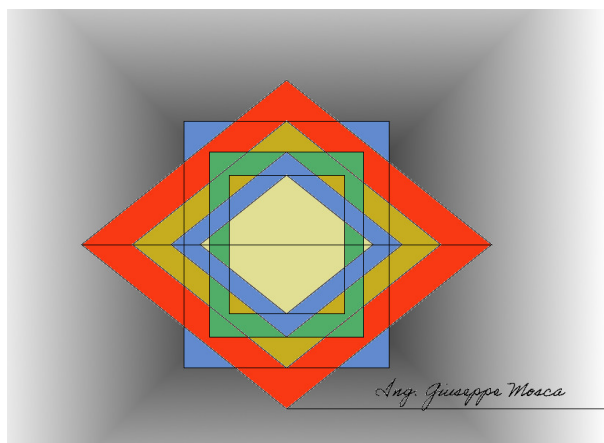
3- La capacità portante di una casa in legno

4- La capacità di compartimentazione

5- Le prescrizioni antincendio per gli impianti

6- Il certificato di prevenzione incendi

7 - Conclusioni



Ing. Giuseppe Mosca



N.B. Mi scuso a priori di eventuali imprecisioni o errori che se segnalati contribuiscono al miglioramento degli appunti

1- Introduzione

Le case in legno soprattutto in zone di montagna hanno sempre maggiore diffusione si integrano perfettamente nell'ambiente naturale , ma rispetto ad una edificio tradizionale in cemento armato o in muratura richiedono precauzioni particolari per la prevenzione incendi . Lo scopo di questi appunti è quello di migliorare esclusivamente la preparazione dell'autore poiché se dovessi progettare una casa in legno non sono neanche a conoscenza delle pratiche burocratiche da seguire e quindi delle prescrizioni tecniche da adottare per avere il certificato di prevenzione incendi da parte dei vigili del fuoco. Con le normative tecniche vigenti in Italia il rischio di incendio è molto basso gli incendi hanno sempre una origine dolosa raramente dipendono dalla inosservanza delle norme antincendio, hanno una radice microcriminale per cui compito dei vigili del fuoco è quello di controllare il territorio al pari delle forze dell'ordine quali carabinieri e polizia .

La resistenza a fuoco viene definita come “la capacità di una costruzione, ... di mantenere, per un tempo prefissato, la capacità portante, l'isolamento termico e la tenuta alle fiamme, ai fumi e ai gas caldi della combustione nonché tutte le altre prestazioni se richieste”.La resistenza al fuoco riguarda essenzialmente due capacità degli elementi strutturali:

-CAPACITÀ DI COMPARTIMENTAZIONE IN CASO D'INCENDIO:

attitudine di un elemento costruttivo a conservare, sotto l'azione del fuoco, oltre alla propria stabilità, un sufficiente isolamento termico ed una sufficiente tenuta ai fumi e ai gas caldi della combustione, nonché tutte le altre prestazioni se richieste;

-CAPACITÀ PORTANTE IN CASO DI INCENDIO: *attitudine della struttura, di una parte della struttura o di un elemento strutturale a conservare una sufficiente resistenza meccanica sotto l'azione del fuoco con riferimento alle altre azioni agenti.*

Al fine di limitare i rischi derivanti dagli incendi, le costruzioni devono essere progettate e costruite in modo tale da garantire la resistenza e la stabilità degli elementi portanti e limitare la propagazione del fuoco e dei fumi secondo determinati livelli prestazionali. I livelli prestazionali fissati per norma sono 5:

- Livello I. Nessun requisito specifico di resistenza al fuoco dove le conseguenze della perdita dei requisiti stessi siano accettabili o dove il rischio di incendio sia trascurabile*
- Livello II. Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo sufficiente all'evacuazione degli occupanti in luogo sicuro all'esterno della costruzione*
- Livello III. Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo congruo con la gestione dell'emergenza*
- Livello IV. Requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell'incendio, un limitato danneggiamento della costruzione*
- Livello V. Requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell'incendio, il mantenimento della totale funzionalità della costruzione stessa*

2- La capacità portante degli elementi strutturali

Le NTC 2018 al paragrafo 3.6.1 definiscono le regole da osservare nella verifica di elementi strutturali portanti dando la definizione di incendio come la combustione autoalimentata ed incontrollata di materiali combustibili presenti in un compartimento. Si definisce una curva di incendio ovvero un incendio convenzionale che rappresenta in funzione del tempo l'andamento della temperatura media dei gas di combustione intorno all'elemento strutturale. La curva può essere

- **nominale** curva adottata per la classificazione delle costruzioni e per le verifiche di resistenza al fuoco

- **naturale** curva determinata in base a modelli di incendio e parametri fisici che definiscono le variabili di stato all'interno del compartimento.

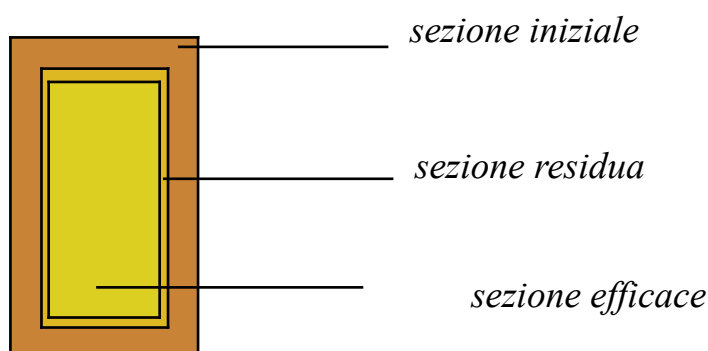
Nel caso di incendio di materiali di natura prevalentemente cellulosica come è il legno la curva di incendio nominale standard è definita come segue

$$\Theta_G = 20 + 345 \cdot \log_{10}(8t + 1) \quad \text{la temperatura è in } ^\circ\text{C} \quad t \text{ il tempo in secondi}$$

Le Classi di resistenza al fuoco definiscono il tempo in minuti durante il quale la resistenza al fuoco deve essere garantita

15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240 e 360;

Con riferimento alla sezione trasversale di un elemento ligneo si definiscono:



- **linea di carbonizzazione** : confine tra strato carbonizzato e sezione trasversale residua

- **sezione trasversale residua** : sezione trasversale originaria ridotta dello spessore carbonizzato

- **sezione trasversale efficace**: sezione trasversale originaria ridotta dello spessore carbonizzato e di un successivo strato in cui si considerano nulli la rigidità e la resistenza

Il calcolo prevede che nella sezione efficace le caratteristiche meccaniche ovvero modulo di elasticità normale e tangenziale e le resistenze rimangano inalterate.



Per il calcolo di un elemento ligneo quale una trave si fa riferimento alla sezione efficace ottenuto riducendo la sezione iniziale di una profondità di carbonizzazione effettiva :

$$d_{ef} = d_{char} + K_0 * d_0 ;$$

d_{ef} profondità della sezione demolita

$d_{char} = t * \beta_N$ profondità di sezione carbonizzata

t tempo in minuti di esposizione all'incendio funzione della classe

β_N velocità di carbonizzazione superiore a quella effettiva per includere gli effetti di arrotondamento degli spigoli e di fessurazione

K_0 coefficiente dipendente dal tempo variabile tra 0 e 1 per $t \geq 20$ min $K_0 = 1$

$d_0 = 7$ mm

Tabella 13-1 – Velocità di carbonizzazione β_n

Materiale	β_n [mm/minuto]
a) Conifere e faggio	
Legno massiccio con massa volumica caratteristica non inferiore a 290 kg/m ³	0.8
Legno lamellare incollato con massa volumica caratteristica non inferiore a 290 kg/m ³	0.7
Pannelli di tavole incollate a strati incrociati con massa volumica caratteristica non inferiore a 290 kg/m ³ (si veda la nota ¹)	0.75
b) Latifoglie (escluso faggio)	
Legno massiccio o legno lamellare incollato con massa volumica caratteristica non inferiore a 290 kg/m ³	0.7
Legno massiccio o legno lamellare incollato con massa volumica caratteristica non inferiore a 450 kg/m ³	0.55
c) LVL	
LVL con massa volumica caratteristica non inferiore a 480 kg/m ³	0.7

¹ Si deve precisare che, in mancanza della norma europea di prodotto o fino alla scadenza del pertinente periodo di coesistenza, i certificati ETA dei singoli produttori riportano le velocità di carbonizzazione che, in generale, sono anche sensibili al tipo di colla utilizzata e potrebbero quindi non essere costanti nello spessore del pannello. Il valore qui indicato è da considerarsi a semplice titolo informativo.

per una trave in legno massiccio avente dimensioni 20x45 cm per una classe di resistenza al fuoco 30

$d_{ef} = 31$ mm la sezione efficace diventa 14 x 39 cm

La combinazione dei carichi corrispondente all'incendio (azione eccezionale)

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \Psi_{21} * Q_{K1} + \Psi_{22} * Q_{K2} + \dots$$

G_1 peso proprio

G_2 carico permanente

P presollecitazione

A_d incendio

Q_{K1} carico accidentale o variabile

$\Psi_{21} = 0,3$ per ambienti residenziali

Le resistenza ed i moduli elastici di progetto

$$f_{d,fi} = K_{mod,fi} * f_k * K_{fi} / \gamma_{M,fi} ; S_{d,fi} = K_{mod,fi} * S_k * K_{fi} / \gamma_{M,fi} ;$$

$$K_{mod,fi} = 1 ; \gamma_{M,fi} = 1$$

$K_{fi} = 1.25$ per legno massiccio

$K_{fi} = 1.15$ per legno lamellare incollato

$K_{fi} = 1.1$ per microlamellare LVL

Se utilizziamo un legno di conifera classe C24

$$f_{m,k} = 240 \text{ daN/cm}^2$$

$$f_{v,k} = 40 \text{ daN/cm}^2$$

$$E = 110000 \text{ daN/cm}^2$$

$$G = 6900 \text{ daN/cm}^2$$

Riportiamo un confronto tra la resistenza ed i moduli elastici di progetto utilizzati per la verifica all'incendio e quella per gli stati limite ultimi

Valori Caratteristici	Fuoco	$K_{mod} = 0.8$ $\gamma_M = 1.5$
240	300	128
40	50	21
110000	137500	58666
6900	8625	3680

Se sulla nostra trave di luce 5 m applichiamo un carico di 1500 daN/ml
 $\gamma_Q=1.5$; $G= 700 \text{ daN/ml}$; $Q = 800 \text{ daN/ml}$

$$M = 7031 \text{ daN*m} \quad V = 5625 \text{ daN}$$

La verifica a flessione $W = 20 \cdot 45^2 / 6 = 6750 \text{ cm}^3$ $A = 1125 \text{ cmq}$

$$\sigma = M/W = 104 \text{ daN/cm}^2; \quad \tau = 1,5 \cdot V/A = 7,5 \text{ daN/cm}^2$$

in presenza di incendio $p = 700 + 0,3 \cdot 800 = 940 \text{ daN/ml}$

$$M = 2937 \text{ daN*m} ; V = 2350 \text{ daN} ; W = 3549 \text{ cm}^3 ; A = 546 \text{ cmq}$$

$$\sigma = M/W = 82 \text{ daN/cm}^2; \quad \tau = 1,5 \cdot V/A = 6,45 \text{ daN/cm}^2 \quad \mathbf{30 \text{ minuti}}$$

Si vede che le tensioni di calcolo sono diminuite con parametri di progetto aumentati
Se modifichiamo la classe di resistenza ad esempio 60 min, le dimensioni della sezione efficace $10,4 \cdot 35,4 \text{ cm}$ $W = 2088 \text{ cm}^3$; $A = 368 \text{ cmq}$

$$\sigma = M/W = 140 \text{ daN/cm}^2; \quad \tau = 1,5 \cdot V/A = 9,57 \text{ daN/cm}^2 \quad \mathbf{60 \text{ minuti}}$$

Sez $6,2 \cdot 31,2 \text{ cm}$ $W = 1005 \text{ cm}^3$; $A = 194 \text{ cmq}$

$$\sigma = M/W = 292 \text{ daN/cm}^2; \quad \tau = 1,5 \cdot V/A = 18,17 \text{ daN/cm}^2 \quad \mathbf{90 \text{ minuti}}$$

La tenuta della nostra trave è assicurata per circa 90 minuti

- Resistenza di un collegamento esposto al fuoco

Per la valutazione della resistenza al fuoco di una struttura lignea è opportuno valutare la resistenza al fuoco dei collegamenti in essa presenti che se sono in acciaio rappresentano un punto di debolezza della struttura. La resistenza R30 richiesta per le costruzioni in legno se incentiviamo la distanza degli elementi di collegamento dai bordi di una quantità

$$\alpha_{fi} = \beta_N \cdot K_{FLUX} \cdot (t_{req} - t_{d,fi})$$

β_N velocità di carbonizzazione ideale

$K_{FLUX} = 1,5$ considera il flusso termico attraverso il connettore metallico

t_{dreq} resistenza al fuoco richiesta $\leq 30 \text{ min}$

$t_{d,fi}$ resistenza al fuoco assicurata dal collegamento

Tabella 13-2 – Classi di resistenza per unioni legno-legno non protette a comportamento simmetrico

Elementi di collegamento	$t_{d,n}$ (min)	Condizione imposta
Chiodi	15	$d \geq 2.8\text{mm}$
Viti	15	$d \geq 3.5\text{mm}$
Bulloni	15	$t_1 \geq 45\text{mm}$
Perni	20	$t_1 \geq 45\text{mm}$
Altri tipi di connettori (secondo EN 912)	15	$t_1 \geq 45\text{mm}$
t_1 spessore dell'elemento di legno laterale		
d diametro dell'elemento di collegamento		

$$\alpha_{fi} = \beta_N * K_{FLUX} * (t_{req} - t_{d,fi}) = 0,8 * 1,5 * (30 - 15) = 18 \text{ mm}$$

Se sulla trave eseguiamo un trattamento ignifugo con un ciclo preverniciante ed una finitura si ha una riduzione della velocità di carbonizzazione (dipende dal prodotto utilizzato e dalla azienda) compresa tra i valori

$$\beta = 0,8 * 0,497 = 0,40 \text{ mm/min}$$

$$\beta = 0,8 * 0,497 = 0,52$$

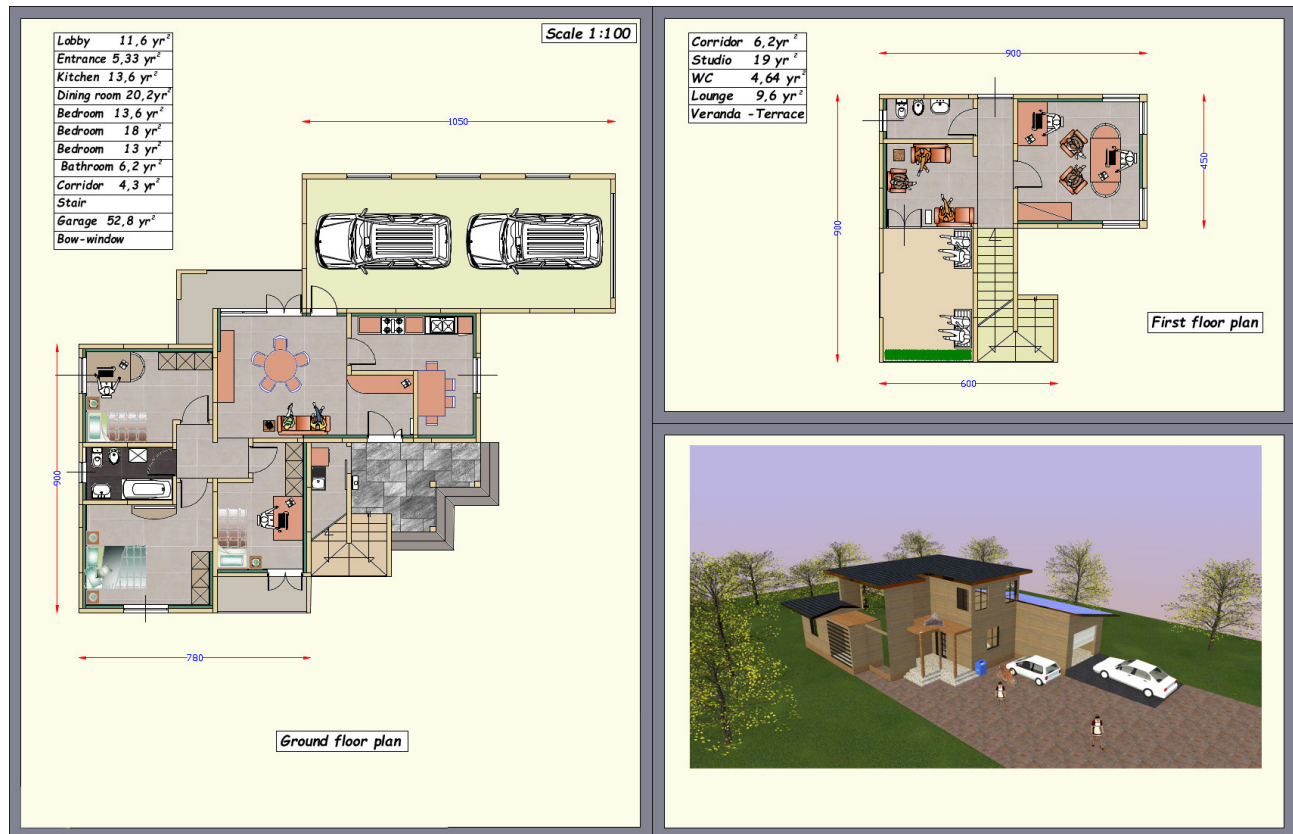
*per cui dopo 30 minuti la sezione residua passa da 14x39 cm a 16,2x41,2 cm
la tenuta della trave può essere superiore a 120 min con sezione 9x33,9 cm.*

La richiesta di capacità portante per un elemento strutturale in legno è per un tempo di 30 minuti.

La funzione del trattamento ignifugo tramite vernice e quindi quella di ridurre la velocità di carbonizzazione in modo da garantire la resistenza al fuoco in un intervallo di tempo più ampio.

3- La capacità portante di una casa in legno

Eseguiamo la progettazione ed il calcolo di una casa in legno Xlam modellandola tramite un software FEM con le verifiche all'incendio.

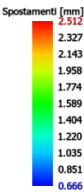
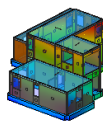


I pannelli X-lam hanno spessore 15 cm ed altezza 3 m ,i pannelli di solaio hanno uno spessore di 18 cm

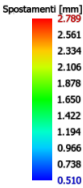
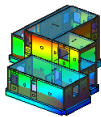
nodo	X	Y	nodo	X	Y
1	0	0	11	7,5	10,2
2	4,6	0	12	4,6	10,2
3	4,6	1,4	13	4,6	9
4	7,8	1,4	14	0	9
5	7,8	5,8	15	4,6	5,8
6	13,5	5,8			
7	13,5	10,2			
8	18	10,2			
9	18	14,7			
10	7,5	14,7			

La struttura è irregolare sia in pianta che in altezza è stata considerata solo l'azione sismica , l'azione del vento è stata trascurata poiché è ridotta la superficie investita ; le sollecitazioni torsionali vista la massa della struttura lineea e quindi le azioni inerziali sono modeste rispetto alla rigidezza e sezione dei pannelli per cui i criteri di regolarità strutturale non sono stati presi i considerazione. La copertura ha una leggera pendenza realizzata con struttura leggera in legno quindi nella modellazione sono stati considerati dei solai piani con sovraccarico. Il pannello ha uno spessore di 15,8 cm in presenza di incendio per un tempo di 20 minuti si riduce a 11, 5 cm vista la combinazione di carico per l'incendio ed il conseguente incremento della resistenza le verifiche sono soddisfatte . Si riportano di seguito le deformazioni per azioni sismiche e le sollecitazioni principali per $K_{mod}= 1$

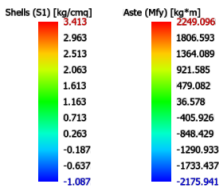
Tipo diagramma: Deformata
Combinazione corrente : Scenario Set_NT_SLV_SLD_A2_(STR/GEO) - C 2-I
Posizione masse N° 1



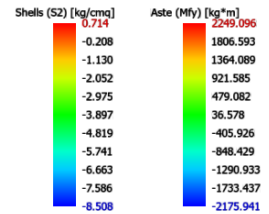
Tipo diagramma: Deformata
Combinazione corrente : Scenario Set_NT_SLV_SLD_A2_(STR/GEO) - C 3-I
Posizione masse N° 1



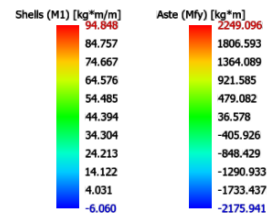
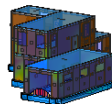
Tipo diagramma: Sollecitazioni
Combinazione corrente : Scenario Set_NT_SLV_SLD_A2_(STR/GEO) - C 2-I
Posizione masse N° 1
Sollecitazione aste: Momento fl.Y - pilastri/pali: Momento fl.Y
Sollecitazione Muri: S I



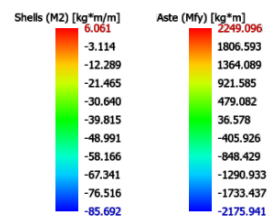
Tipo diagramma: Sollecitazioni
 Combinazione corrente : Scenario Set_NT_SLV_SLD_A2_(STR/GEO) - C 2-I
 Posizione masse N° 1
 Sollecitazione aste: Momento fl.Y - pilastri/pali: Momento fl.Y
 Sollecitazione Muri: S II



Tipo diagramma: Sollecitazioni
 Combinazione corrente : Scenario Set_NT_SLV_SLD_A2_(STR/GEO) - C 2-I
 Posizione masse N° 1
 Sollecitazione aste: Momento fl.Y - pilastri/pali: Momento fl.Y
 Sollecitazione Muri: M I



Tipo diagramma: Sollecitazioni
 Combinazione corrente : Scenario Set_NT_SLV_SLD_A2_(STR/GEO) - C 2-I
 Posizione masse N° 1
 Sollecitazione aste: Momento fl.Y - pilastri/pali: Momento fl.Y
 Sollecitazione Muri: M II



Si riporta di seguito il calcolo della struttura con pannelli di spessore 9,9 cm per la seguente combinazione di carico

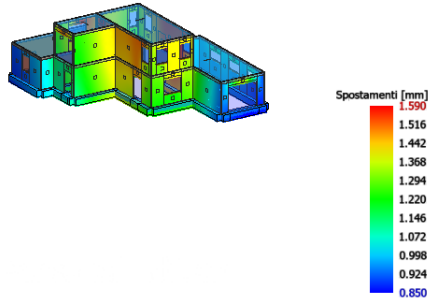
$$G_1 + G_2 + P + A_d + \Psi_{21} * Q_{K1} + \Psi_{22} * Q_{K2} + \dots$$

$t = 30 \text{ min}$ con resistenze e moduli elastici

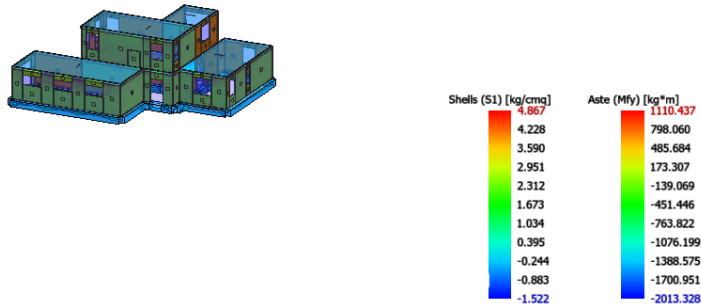
$K_{fi} = 1,25$; $\gamma_M = 1$ con sezione ridotta e per la combinazione $G+0,3*Q$

le verifiche all'incendio sono tutte soddisfatte

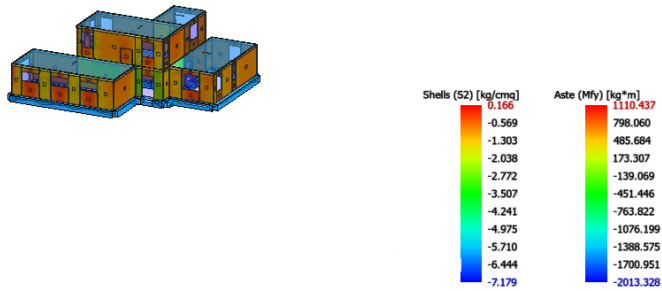
Tipo diagramma: Deformata
 Combinazione corrente : Scenario Set_NT_SLV_SLD_A2_(STR/GEO) - C 1-I
 Posizione masse N° 1



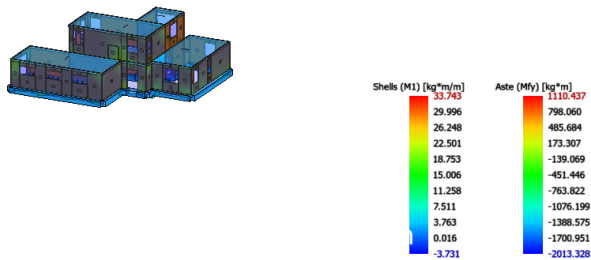
Tipo diagramma: Sollecitazioni
 Combinazione corrente : Scenario Set_NT_SLV_SLD_A2_(STR/GEO) - C 1-I
 Posizione masse N° 1
 Sollecitazione aste: Momento fl.Y - pilastri/pali: Momento fl.Y
 Sollecitazione Muri: S I



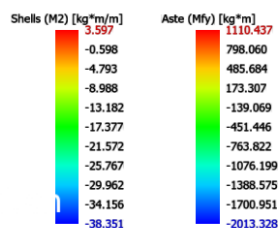
Tipo diagramma: Sollecitazioni
 Combinazione corrente : Scenario Set_NT_SLV_SLD_A2_(STR/GEO) - C 1-I
 Posizione masse N° 1
 Sollecitazione aste: Momento fl.Y - pilastri/pali: Momento fl.Y
 Sollecitazione Muri: S II



Tipo diagramma: Sollecitazioni
 Combinazione corrente : Scenario Set_NT_SLV_SLD_A2_(STR/GEO) - C 1-I
 Posizione masse N° 1
 Sollecitazione aste: Momento fl.Y - pilastri/pali: Momento fl.Y
 Sollecitazione Muri: M I



Tipo diagramma: Sollecitazioni
 Combinazione corrente : Scenario Set_NT_SLV_SLD_A2_(STR/GEO) - C 1-I
 Posizione masse N° 1
 Sollecitazione aste: Momento fl.Y - pilastri/pali: Momento fl.Y
 Sollecitazione Muri: M II



Per la verifica della piattina metallica la combinazione di carico esaminata non prevede azioni orizzontali ipotizzare che durante l'incendio vi sia un sisma o una forte azione del vento è alquanto improbabile , di conseguenza non vi sono momenti flettenti nei setti e le piattine non sono sollecitate. Il solo accorgimento della modifica della distanza dal bordo come previsto dalle istruzioni CNR è già di per se sufficiente.

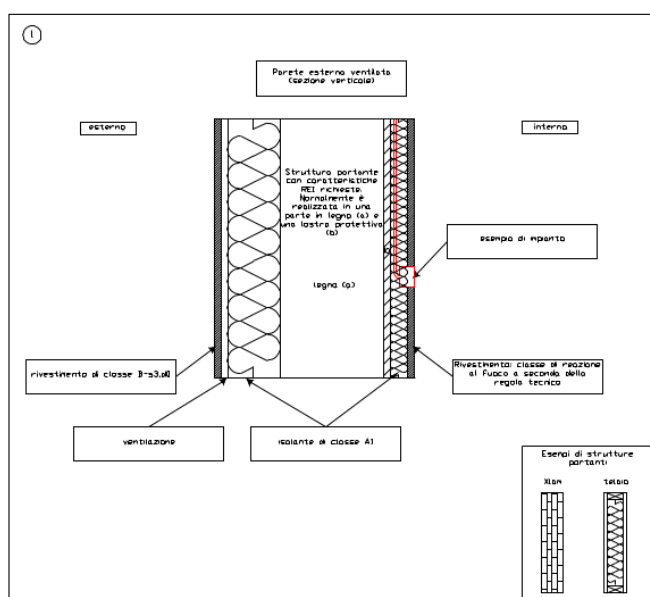
4- La capacità di compartimentazione

Come già detto la Capacità di compartimentazione in caso di incendio

attitudine di un elemento costruttivo a conservare, sotto l'azione del fuoco, oltre alla propria stabilità, un sufficiente isolamento termico ed una sufficiente tenuta ai fumi e ai gas caldi della combustione, nonché tutte le altre prestazioni se richieste;

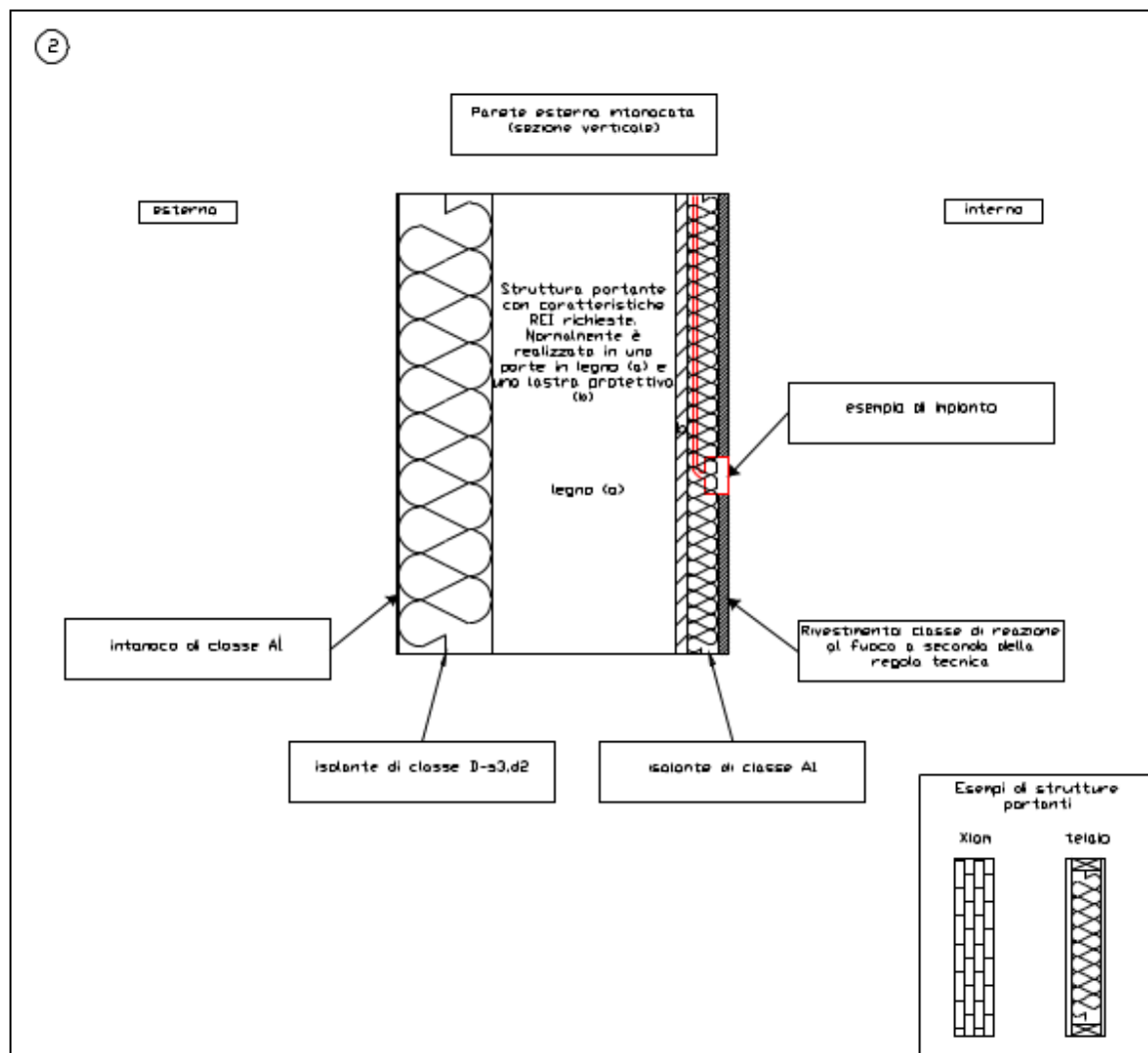
Riportiamo di seguito delle soluzioni progettuali per pareti e solai di edificio in legno

Parete esterna Ventilata



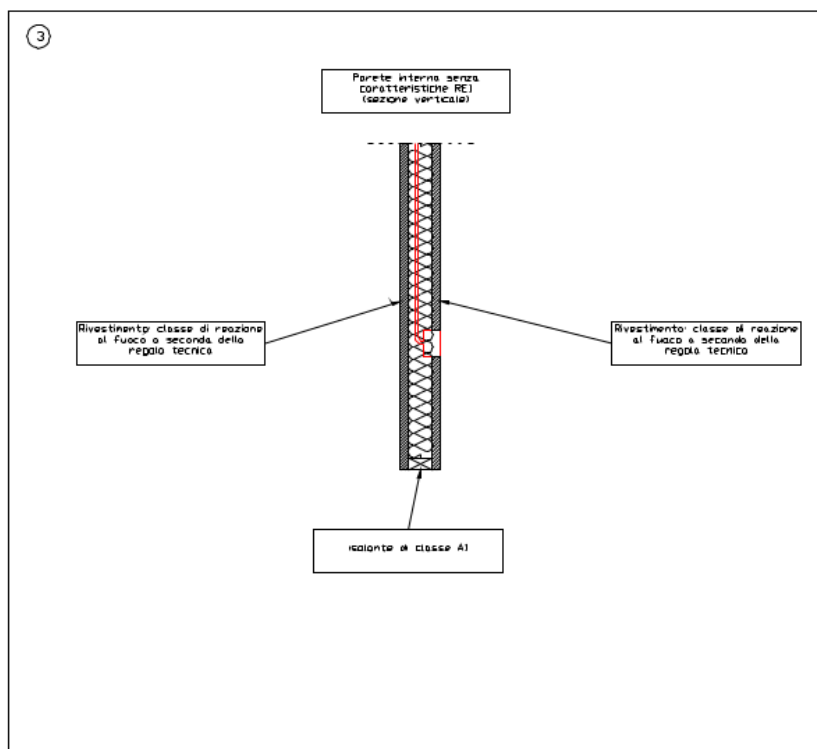
Le pareti ventilate sono particolarmente delicate per una possibile propagazione degli incendi. Lo scopo delle intercapedini esterne delle facciate ventilate è quello di creare un flusso d'aria alimentato dal delta termico, tale fenomeno viene purtroppo esaltato in caso di incendio e diventa causa di una veloce propagazione. Il rivestimento esterno infatti impedisce al calore di disperdersi ed il flusso d'aria garantisce l'alimentazione della combustione e la sua propagazione. Diventa fondamentale in questo contesto assicurarsi che il materiale presente nell'intercapedine garantisca requisiti di reazione al fuoco particolarmente performanti.

Parete esterna Intonacata

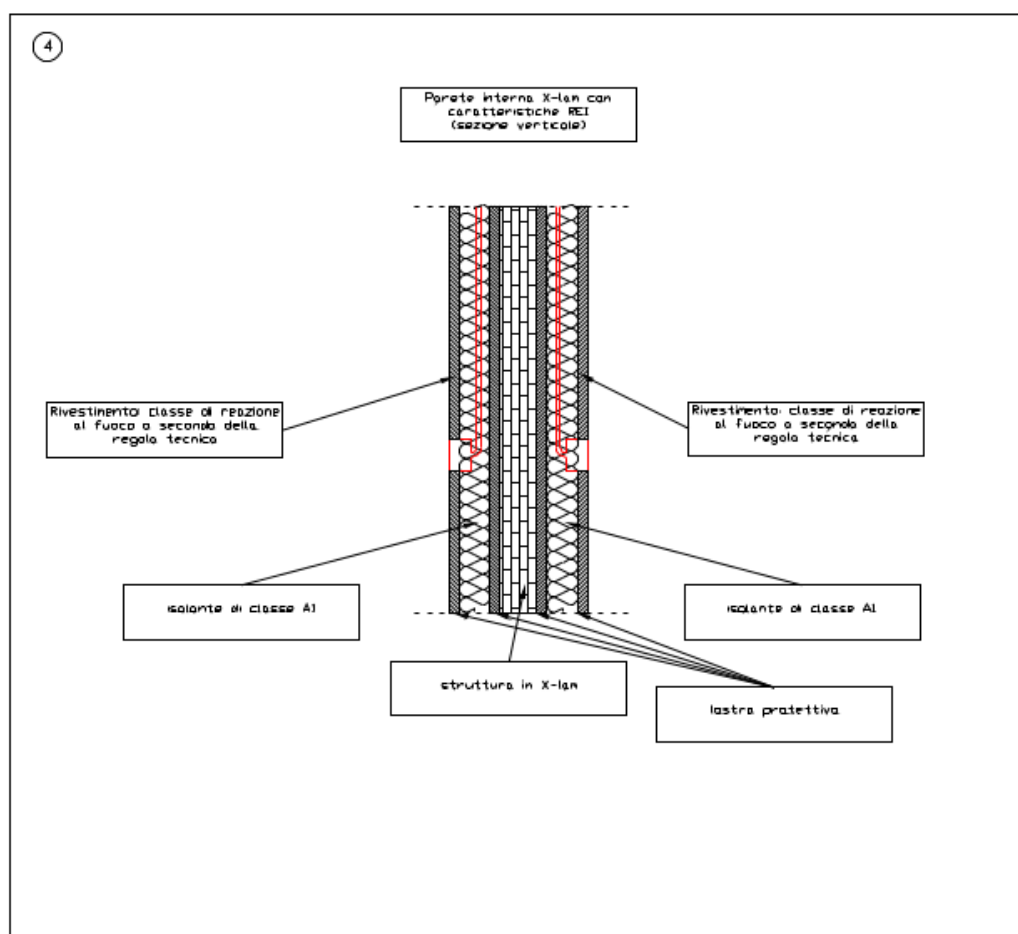


Il cappotto esterno protetto con un intonaco di classe A1 senza ventilazione consente di usare materiali isolanti fino alla classe D-s3,d2. Si dovrà fare attenzione in corrispondenza di fori e finestre e comunque nei punti di discontinuità a garantire la continuità della protezione con rivestimenti in classe A1. Nel caso di pareti particolarmente estese in altezza o in larghezza sarà opportuno prevedere delle fasce di interruzione dell'isolante combustibile con altro materiale con migliori caratteristiche di reazione al fuoco.

Parete interna non di compartimentazione

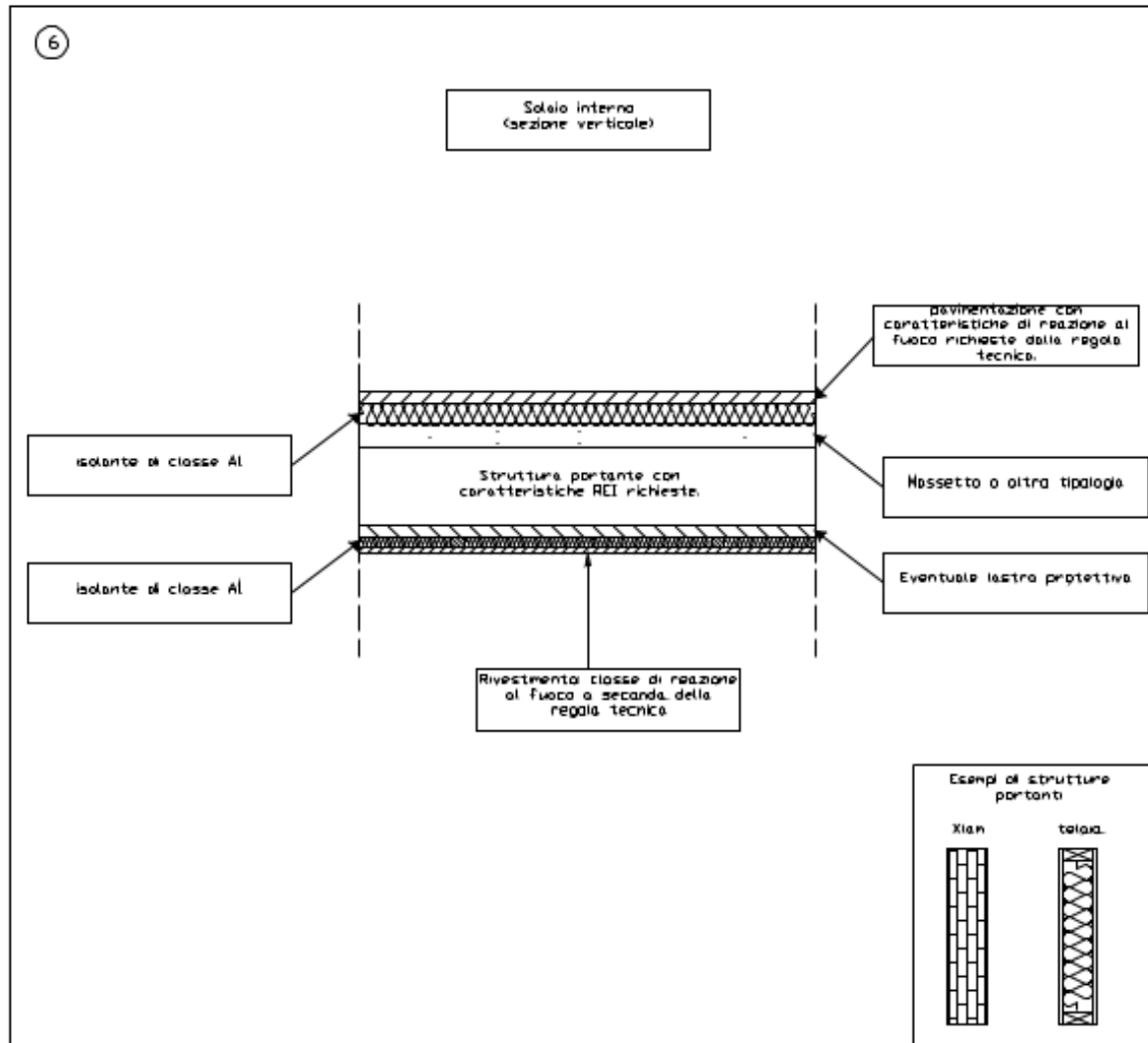


Parete interna di compartimentazione



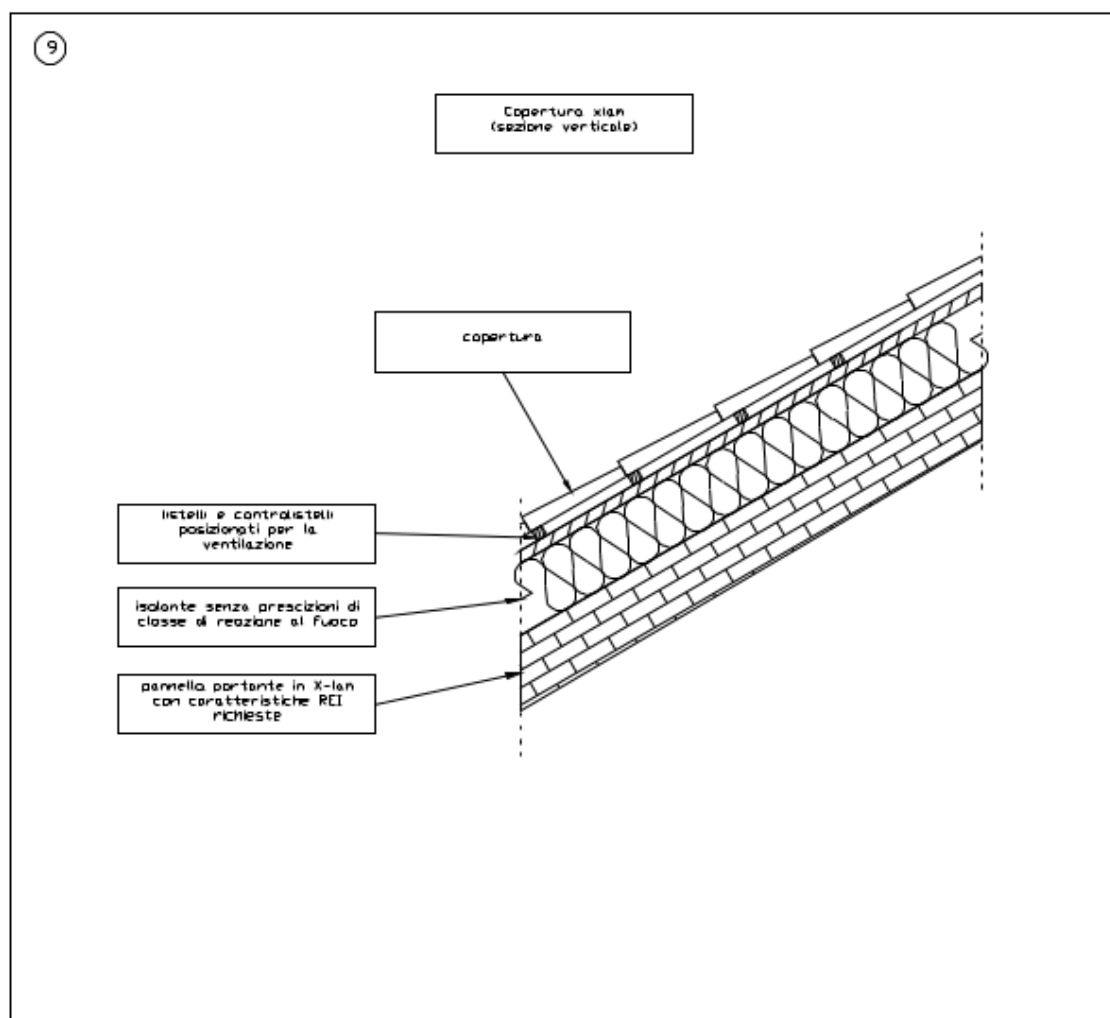
La resistenza al fuoco è affidata in questo caso alla parte centrale. La resistenza al fuoco può essere ottenuta mediante una maggiorazione dello spessore dell'elemento portante ligneo oppure installando una o più lastre protettive. Esternamente all'elemento sono realizzati dei rivestimenti con lo scopo di ospitare gli impianti. Questo pacchetto deve garantire delle prestazioni solo dal punto di vista della reazione al fuoco per quanto riguarda sia l'isolante sia il rivestimento, per cui si rimanda al punto precedente.

Solaio piano di compartimentazione



I solai quasi sempre costituiscono struttura di compartimentazione. Qualsiasi sia la tipologia dell'elemento strutturale (lastra, travi e tavolato, cassoni, ecc) la resistenza al fuoco può essere ottenuta o maggiorando gli spessori di legno utilizzati o applicando rivestimenti protettivi. Qualora si applichino rivestimenti a pavimento, oltre a verificare la compatibilità della loro reazione al fuoco con quanto prescritto dalle regole tecniche, si dovrà verificare anche la rispondenza della posa in opera; in particolare quando è prevista la posa su supporto incombustibile si dovrà badare ad interporre tra struttura lignea e rivestimento un elemento che garantisca il rispetto del requisito.

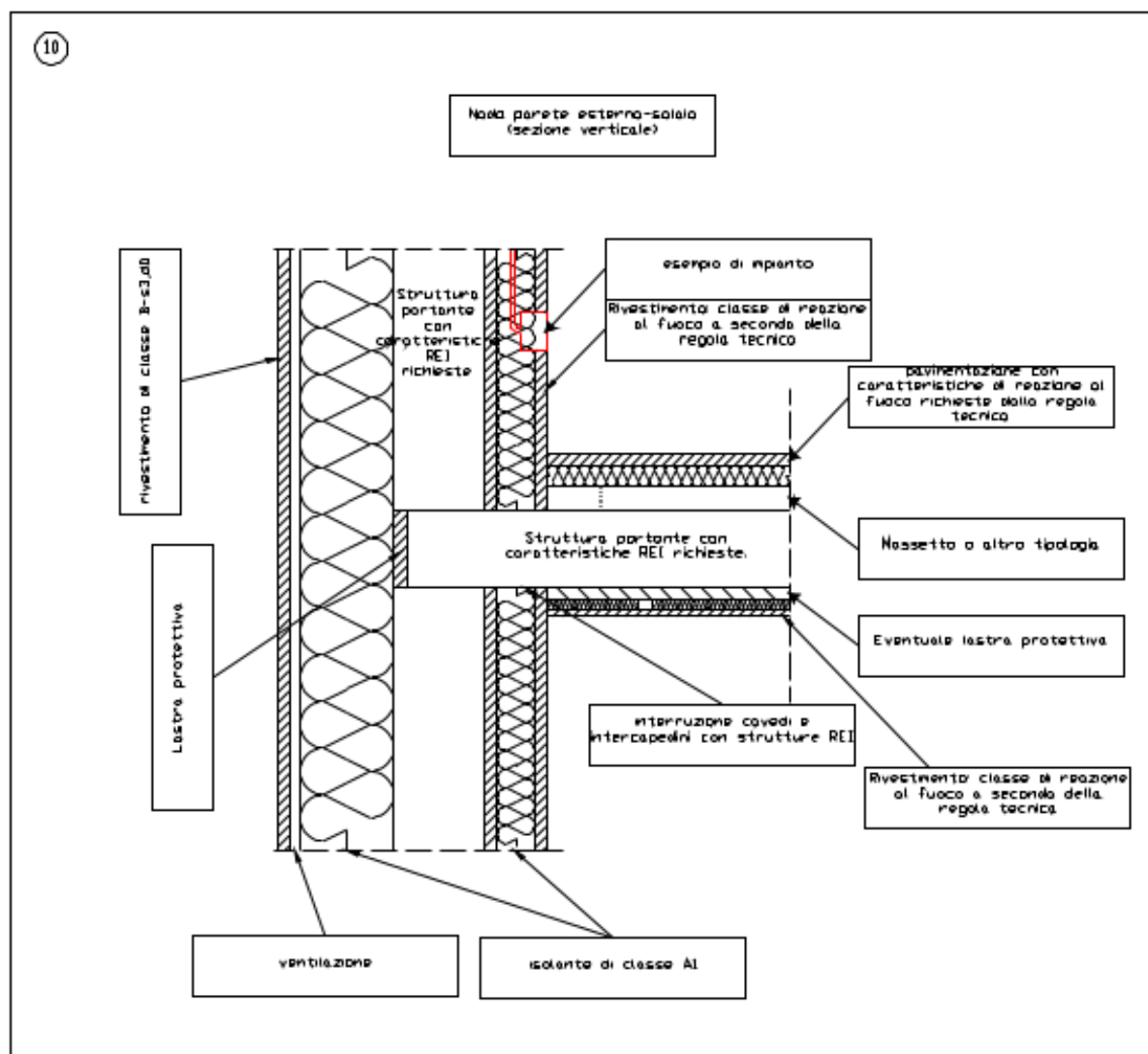
Copertura a falda



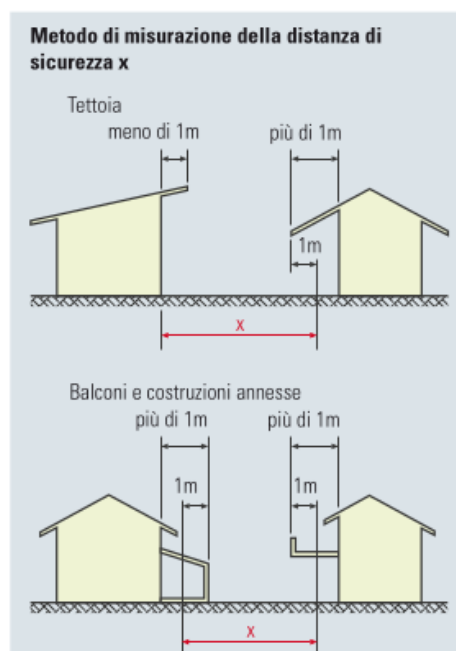
Quando la copertura si estende sopra diversi compartimenti si deve garantire che il collegamento tra elementi verticali di compartimentazione e copertura stessa non determinino degli effetti ponte con il possibile passaggio dell'incendio. Al fine di evitare punti di debolezza si può prevedere che l'elemento verticale sbordi rispetto alla copertura oppure realizzare un tratto di copertura REI a cavallo e solidale all'elemento verticale di compartimentazione (di almeno un metro per parte di estensione).

Nodo parete esterna- solaio

I nodi di connessione tra elementi verticali ed elementi orizzontali devono garantire l'interruzione di cavedi ed intercapedini. Per garantire la compartimentazione orizzontale è indispensabile che lungo il perimetro del solaio sia mantenuta la continuità con elementi REI verticali che abbiano una certa estensione. In mancanza di questo completamente l'involucro esterno dell'edificio potrebbe determinare un punto di passaggio dell'incendio da un piano all'altro. La lastra protettiva sul lato verticale tra isolante in classe A1 e la parte strutturale del solaio è da consigliarsi principalmente nel caso del telaio con isolanti combustibili all'interno del solaio.



Le distanze di sicurezza per impedire la propagazione degli incendi tra gli edifici sono comprese tra 4 e 10 m così come indicato in figura



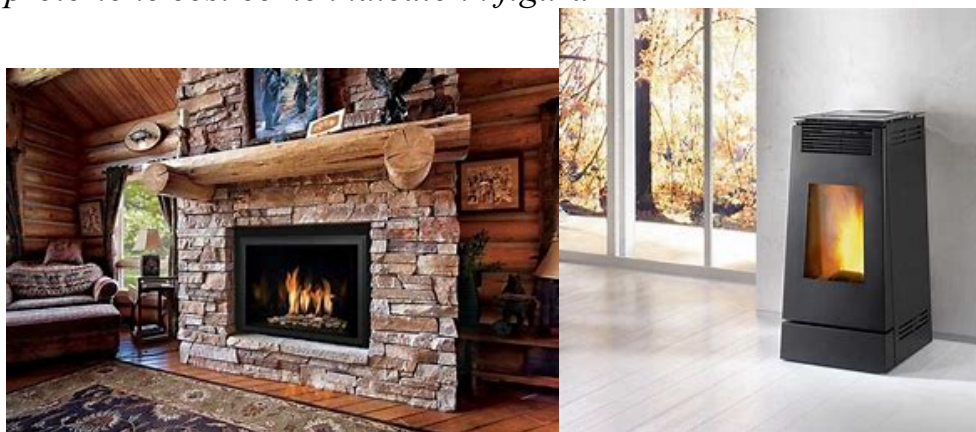
Distanze di sicurezza secondo AICAA

Strati più esterni delle pareti esterne adiacenti	casa unif.	condo- minio
entrambi combustibili	7m	10m
uno dei due combustibile	6m	7,5m
entrambi incombustibili	4m	5m

5- Le prescrizioni antincendio per gli impianti

-Impianto di riscaldamento

L'impianto di riscaldamento può essere a pavimento o con radiatori alimentato a metano o ad energia elettrica ibrido con sistema fotovoltaico; se l'impianto è a metano è opportuno ricavare un locale caldaia o disporre la caldaia all'esterno del nostro edificio in modo che il gas metano non entri neanche nella nostra abitazione. Il sistema ideale è un impianto a metano con caldaia esterna e stufa per la cucina ad auto-induzione ovvero alimentata da energia elettrica in modo che la nostra abitazione sia perfettamente coibentata senza bocchette di sicurezza per eventuali esalazioni di monossido di carbonio o per perdite di gas. Altra soluzione è una pompa di calore alimentata ad energia elettrica tramite fotovoltaico ; si è soliti utilizzare soprattutto nelle zone di montagna impianti a biomasse quali stufe a pellet o caminetti con una fiamma libera nella nostra casa in legno per cui vanno utilizzati adeguati sistemi di protezione così come indicato in figura



La fiamma è contenuta in un involucro in muratura o metallico isolato dall'esterno ben compartimentato che evita la propagazione dell'incendio .

Stufe a legna o pellet o altri apparecchi termici a biomassa, sono un punto critico e di particolare importanza ai fini della sicurezza da rischi o pericoli di incendio del tetto o altre strutture in legno. L'attraversamento delle strutture in legno in tutta sicurezza va fatto utilizzando il sistema di evacuazione dei fumi più opportuno scegliendolo in funzione delle temperature dei fumi degli apparecchi che si vogliono utilizzare; per caminetti, stufe etc, si devono usare camini – canne fumarie con temperatura di funzionamento minima di 400°C, inoltre devono resistere a incendio di fuliggine. La soluzione migliore è disporre la nostra stufa a pellet o camino in prossimità di una apertura e realizzare una canna fumaria esterna al nostro edificio rivestita con della pietra o in laterizio. I rischi di incendio connessi all'utilizzo di un camino sono molteplici

-a. L'emissione di scintille o di materiali incandescenti nella parte frontale o aperta del camino bruciano la superficie del pavimento o i rivestimenti delle pareti o del pavimento stesso, come ad esempio i tappeti.

-b. L'emissione di scintille o di materiali incandescenti dal camino che provocano l'accensione di un tetto combustibile innescando l'incendio.

-c. L'emissione di scintille o di materiali incandescenti attraverso una fessura creata-si nel camino, o per un difetto dello stesso, provocano l'accensione delle travi in legno della struttura portante o dei solai dell'edificio, adiacenti alla canna fumaria.

-d. Il surriscaldamento di materiali infiammabili posti in prossimità del camino o della canna fumaria.

Le soluzioni migliori per un impianto di riscaldamento in una casa in legno è un impianto a gas metano a radiatori o a pavimento con caldaia esterna al nostro edificio e stufa da cucina ad induzione; ancora pompa di calore alimentata energia elettrica con fotovoltaico.

-Impianto elettrico

Ai fini della prevenzione degli incendi, gli impianti elettrici:

a) devono possedere caratteristiche strutturali, tensione di alimentazione e possibilità di intervento individuate nel piano della gestione delle emergenze tali da non costituire pericolo durante le operazioni di spegnimento;

b) non devono costituire causa primaria d'incendio o di esplosione;

c) non devono fornire alimento o via privilegiata di propagazione degli incendi; il comportamento al fuoco della membratura deve essere compatibile con la specifica destinazione d'uso dei singoli locali;

d) i cavi per energia e segnali non devono determinare rischio per la emissione di fumo, gas acidi e corrosivi, secondo le vigenti norme di buona tecnica;

e) devono essere suddivisi in modo che un eventuale guasto non provochi la messa fuori servizio dell'intero sistema (utenza);

f) devono disporre di apparecchi di manovra ubicati in posizioni protette e riportare chiare indicazioni dei circuiti cui si riferiscono.

-Impianto Fotovoltaico

Gli impianti fotovoltaici rappresentano un particolare tipo di impianto elettrico all'interno di un edificio in legno, poiché hanno un lato in corrente continua (a monte dell'inverter) che ha delle caratteristiche che lo rendono più pericoloso in caso di malfunzionamenti dell'impianto stesso (non è possibile lo sgancio, non risulta protetto dai cortocircuiti). La soluzione migliore è realizzare l'impianto fotovoltaico all'esterno della nostra casa in legno su una pensilina fotovoltaica che funge da garage posto macchina e non sulla copertura per una superficie di 45 mq corrispondente a 3 posti macchina .

6- Il certificato di prevenzione incendi

La normativa antincendio è molto restrittiva

TITOLO III – PREVENZIONI DAI PERICOLI DI INCENDIO

ART. 59 – IMPIEGO DI MATERIALI LIGNEI

1. Sono di norma vietati i materiali lignei per la formazione delle strutture portanti in tutti quei casi in cui particolari condizioni ambientali, tradizioni costruttive o qualificate scelte architettoniche richiedano l'uso di materiale ligneo per le strutture portanti; l'impiego di queste è condizionato all'adozione di trattamenti ed accorgimenti atti a renderle incombustibili o, comunque, resistenti al fuoco mediante applicazione di prodotti ritenuti idonei, allo scopo dal Comando Provinciale Vigili del Fuoco.

ART. 60 – PREVENTIVO NULLA OSTA DEI VIGILI DEL FUOCO

1. E' richiesto il preventivo nulla osta dei Vigili del Fuoco per gli edifici nei quali sono esercitate le attività elencate nel Decreto Ministeriale 16 Febbraio 1982, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 98 del 9 Aprile 1982 e su successive eventuali modificazioni.

ART. 61 – CERTIFICAZIONE DI COMPETENZA DEI VIGILI DEL FUOCO

1. Prima del rilascio del certificato di agibilità concernente gli edifici di cui al precedente Art. 60 è richiesto il relativo nulla osta o certificato di prevenzione incendi del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco."

Riportiamo di seguito quanto previsto dal codice di prevenzione incendi in merito alle strutture in legno

S.2.9.2

Procedura per il calcolo del contributo al carico di incendio di strutture in legno

1. Il contributo degli elementi strutturali di legno può essere determinato attraverso il seguente procedimento:
 - a. si determina la classe del compartimento prescindendo inizialmente dalla presenza degli elementi strutturali lignei; tale classe, ai soli fini della determinazione di cui al successivo punto b, non potrà in ogni caso essere inferiore a 15 minuti;
 - b. si calcola lo spessore di carbonizzazione degli elementi strutturali di legno corrispondente alla classe determinata al punto precedente, adottando come valori di riferimento della velocità di carbonizzazione quelli contenuti nella norma UNI EN 1995-1-2 "Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio" di cui si riporta uno stralcio nella tabella S.2-11.

In caso di elementi strutturali di legno dotati di rivestimenti protettivi antincendio si può procedere al calcolo dello spessore di carbonizzazione tenendo conto delle specifiche indicazioni fornite dalla norma UNI EN 1995-1-2.
 - c. si determina definitivamente la classe del compartimento, tenendo anche conto del carico di incendio specifico relativo alle parti di elementi strutturali di legno corrispondenti allo spessore di cui al punto b. che hanno partecipato alla combustione.
2. Per tipologie di legnami non espressamente riportate nella tabella S.2-11, ci si potrà regolare per analogia assumendo in ogni caso valori conservativi ai fini della sicurezza antincendio.

Specie legnosa	Tipologia di legno	Velocità [mm/min]
Legname tenero (conifere e faggio)	Legno laminato incollato con densità caratteristica $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,70
	Legno massiccio con densità caratteristica $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,80
Legname duro (latifoglie)	Legno duro massiccio o laminato incollato con densità caratteristica $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,70
	Legno duro massiccio o laminato incollato con densità caratteristica $\geq 450 \text{ kg/m}^3$	0,55

Tabella S.2-11: Velocità di carbonizzazione del legno

S.2.9

Procedura per il calcolo del carico di incendio specifico di progetto

1. Il valore del carico d'incendio specifico di progetto $q_{f,d}$ è determinato secondo la seguente relazione:

$$q_{f,d} = \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n \cdot q_f \quad \text{S.2-4}$$

dove:

$q_{f,d}$ carico d'incendio specifico di progetto [MJ/m²]

δ_{q1} fattore che tiene conto del rischio di incendio in relazione alla dimensione del compartimento e i cui valori sono definiti nella tabella S.2-6.

δ_{q2} è il fattore che tiene conto del rischio di incendio in relazione al tipo di attività svolta nel compartimento e i cui valori sono definiti nella tabella S.2-7.

$\delta_n = \prod_i \delta_{ni}$ è il fattore che tiene conto delle differenti *misure antincendio* del compartimento ed i cui valori sono definiti nella tabella S.2-8.

q_f è il valore nominale del carico d'incendio specifico da determinarsi secondo la formula: [MJ/m²]

$$q_f = \frac{\sum_{i=1}^n g_i \cdot H_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} \quad \text{S.2-5}$$

dove:

g_i massa dell'i-esimo materiale combustibile [kg]

H_i potere calorifico inferiore dell'i-esimo materiale combustibile; i valori di H_i dei materiali combustibili possono essere determinati per via sperimentale in accordo con UNI EN ISO 1716, dedotti dal prospetto E3 della norma UNI EN 1991-1-2, oppure essere mutuati dalla letteratura tecnica [MJ/kg]

m_i fattore di partecipazione alla combustione dell'i-esimo materiale combustibile pari a 0,80 per il legno e altri materiali di natura cellulosica e 1,00 per tutti gli altri materiali combustibili

ψ_i fattore di limitazione della partecipazione alla combustione dell'i-esimo materiale combustibile pari a:

0 per i materiali contenuti in contenitori appositamente progettati per resistere al fuoco per un tempo congruente con la classe di resistenza al fuoco e comunque classe minima almeno EI 15 (es. armadi resistenti al fuoco per liquidi infiammabili, ...);

0,85 per i materiali contenuti in contenitori non combustibili, che conservino la loro integrità durante l'esposizione all'incendio e non appositamente progettati per resistere al fuoco (es. fusti, contenitori o armadi metallici, ...);

1 in tutti gli altri casi (es. barattoli di vetro, bombolette spray, ...);

A *superficie lorda* del piano del compartimento o, nel caso degli incendi localizzati, *superficie lorda* effettiva di distribuzione del carico di incendio. [m²]

Nota Si riporta un esempio di calcolo nella tabella S.2-9

Superficie lorda del compartimento [m ²]	δ_{q1}	Superficie lorda del compartimento [m ²]	δ_{q1}
$A < 500$	1,00	$2500 \leq A < 5000$	1,60
$500 \leq A < 1000$	1,20	$5000 \leq A < 10000$	1,80
$1000 \leq A < 2500$	1,40	$A \geq 10000$	2,00

Tabella S.2-6: Parametri per la definizione del fattore δ_{q1}

Classi di rischio	Descrizione	δ_{q2}
I	Aree che presentano un basso rischio di incendio in termini di probabilità di innesco, velocità di propagazione delle fiamme e possibilità di controllo dell'incendio da parte delle squadre di emergenza	0,80
II	Aree che presentano un moderato rischio di incendio in termini di probabilità d'innesco, velocità di propagazione di un incendio e possibilità di controllo dell'incendio stesso da parte delle squadre di emergenza	1,00
III	Aree che presentano un alto rischio di incendio in termini di probabilità d'innesco, velocità di propagazione delle fiamme e possibilità di controllo dell'incendio da parte delle squadre di emergenza	1,20

Tabella S.2-7: Parametri per la definizione del fattore δ_{q2}

Misura antincendio minima		δ_{ni}	
Controllo dell'incendio di livello di prestazione III (capitolo S.6)	rete idranti con protezione interna	δ_{n1}	0,90
	rete idranti con protezione interna ed esterna	δ_{n2}	0,80
Controllo dell'incendio di livello di prestazione IV (capitolo S.6)	sistema automatico ad acqua o schiuma e rete idranti con protezione interna	δ_{n3}	0,54
	altro sistema automatico e rete idranti con protezione interna	δ_{n4}	0,72
	sistema automatico ad acqua o schiuma e rete idranti con protezione interna ed esterna	δ_{n5}	0,48
	altro sistema automatico e rete idranti con protezione interna ed esterna	δ_{n6}	0,64
Gestione della sicurezza antincendio di livello di prestazione II [1] (capitolo S.5)		δ_{n7}	0,90
Controllo di fumi e calore di livello di prestazione III (capitolo S.8)		δ_{n8}	0,90
Rivelazione ed allarme di livello di prestazione III (capitolo S.7)		δ_{n9}	0,85
Operatività antincendio di livello di prestazione IV (capitolo S.9)		δ_{n10}	0,81
[1] Gli addetti antincendio devono garantire la presenza continuativa durante le 24 ore.			

Tabella S.2-8: Parametri per la definizione dei fattori δ_{ni}

- Qualora, in alternativa all'equazione S.2-5, si pervenga alla determinazione di q_f attraverso una valutazione statistica del carico di incendio per la specifica attività, si deve far riferimento a valori con probabilità di superamento $< 20\%$. Considerazioni aggiuntive utili a tale scopo sono fornite nel paragrafo S.2.9.1.
- In caso di presenza di strutture portanti lignee nel compartimento va seguita la procedura di cui al paragrafo S.2.9.2
- Fatto salvo quanto indicato al comma 6 del paragrafo S.2.5, lo spazio di riferimento generalmente coincide con il compartimento antincendio considerato e il carico di incendio specifico è quindi riferito alla *superficie lorda del piano* del

S.2.4.1

Soluzioni conformi per il livello di prestazione I

1. Deve essere interposta *distanza di separazione* su spazio a cielo libero non inferiore alla massima altezza della costruzione verso altre opere da costruzione e verso il confine dell'area su cui sorge l'attività medesima.
2. Deve essere limitata la propagazione dell'incendio verso le altre opere da costruzione o all'esterno del confine dell'area su cui sorge l'attività medesima, adottando le soluzioni indicate al paragrafo S.3.4.1.
3. Non è richiesta all'opera da costruzione alcuna prestazione minima di capacità portante in condizioni di incendio, o di compartimentazione interna.

S.2.4.2

Soluzioni conformi per il livello di prestazione II

1. Deve essere interposta *distanza di separazione* su spazio a cielo libero come previsto per il livello di prestazione I.
2. Devono essere verificate le prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni in base agli incendi convenzionali di progetto come previsto al paragrafo S.2.5.
3. La *classe minima di resistenza al fuoco* deve essere pari almeno a 30 o inferiore, qualora consentita dal livello di prestazione III per il carico di incendio specifico di progetto $q_{f,d}$ del compartimento in esame.

S.2.4.3

Soluzioni conformi per il livello di prestazione III

1. Devono essere verificate le prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni in base agli incendi convenzionali di progetto come previsto al paragrafo S.2.5.
2. La *classe minima di resistenza al fuoco* è ricavata per compartimento in relazione al carico di incendio specifico di progetto $q_{f,d}$ come indicato in tabella S.2-3.

Carico di incendio specifico di progetto	Classe minima di resistenza al fuoco
$q_{f,d} \leq 200 \text{ MJ/m}^2$	Nessun requisito
$q_{f,d} \leq 300 \text{ MJ/m}^2$	15
$q_{f,d} \leq 450 \text{ MJ/m}^2$	30
$q_{f,d} \leq 600 \text{ MJ/m}^2$	45
$q_{f,d} \leq 900 \text{ MJ/m}^2$	60
$q_{f,d} \leq 1200 \text{ MJ/m}^2$	90
$q_{f,d} \leq 1800 \text{ MJ/m}^2$	120
$q_{f,d} \leq 2400 \text{ MJ/m}^2$	180
$q_{f,d} > 2400 \text{ MJ/m}^2$	240

Tabella S.2-3: Classe minima di resistenza al fuoco

S.2.4.4

Soluzioni conformi per il livello di prestazione IV

1. Ai fini della verifica della capacità portante in condizioni di incendio si applicano le soluzioni conformi valide per il livello di prestazione III di cui al paragrafo S.2.4.3. Non possono essere impiegate le indicazioni dei paragrafi S.2.8.2 e S.2.8.3.

2. Ai fini del controllo del danneggiamento di tutti gli elementi di compartimentazione sia orizzontali che verticali ad esclusione delle chiusure dei varchi (es. porte, serrande, barriere passive, ...), appartenenti sia al compartimento di primo innesco che agli altri, vanno verificati i seguenti limiti di deformabilità nelle condizioni di carico termico e meccanico previste per le soluzioni conformi del livello di prestazione III:
 - $\delta_{v,max}/L = 1/100$ rapporto tra *massima inflessione* $\delta_{v,max}$ e la *luce* L degli elementi caricati verticalmente come travi e solai ortotropi;
 - $\delta_{v,max}/L = 1/100$ rapporto tra *massima inflessione* $\delta_{v,max}$ e la *luce minima* L degli elementi a piastra;
 - $\delta_{h,max}/h = 1/100$ rapporto tra il *massimo spostamento di interpiano* $\delta_{h,max}$ e l'*altezza di interpiano* h .
3. I giunti tra gli elementi di compartimentazione, se presenti, devono essere in grado di assecondare i movimenti previsti in condizioni di incendio. A tale fine è possibile impiegare giunti lineari testati in base alla norma EN 1366-4, caratterizzati dalla *percentuale di movimento* (M%) idonea.
4. Ai fini della capacità di compartimentazione, gli elementi di chiusura dei vani di comunicazione fra compartimenti devono essere a tenuta di fumo (EI S₂₀₀) e le pareti devono essere dotate di *resistenza meccanica* (M) aggiuntiva, per una classe determinata come per il livello di prestazione III.

S.2.4.5

Soluzioni conformi per il livello di prestazione V

1. Ai fini della verifica della capacità portante in condizioni di incendio, della deformabilità (per il danneggiamento strutturale) e della compartimentazione si applicano le prescrizioni valide per il livello di prestazione IV.
2. Non si forniscono soluzioni conformi per la verifica degli impianti ritenuti significativi ai fini della funzionalità dell'opera.
3. Ai fini del controllo del danneggiamento di tutti gli elementi strutturali vanno verificati i limiti di deformabilità imposti dalle NTC per le verifiche agli stati limite di esercizio. Dette verifiche vanno condotte nelle condizioni di carico termico e meccanico previste per le soluzioni conformi del livello di prestazione III.

Per la nostra casa in legno atteso un livello di prestazione III il carico di incendio specifico :

$$q_{fd} = q_f * \delta_{q1} * \delta_{q2} * \delta_n \quad \text{dove}$$

$$\delta_{q1} = 1 ; \quad \delta_{q2} = 1 ; \quad \delta_n = 0,9 ; \quad q_f = M * H * 0,8 * 0,85 / A = 3,37 \text{ MJ/mq}$$

H potere calorifico legno *q_{fd} = 3 MJ/mq*

A superficie del compartimento

M massa globale legno

$$H = 17 \text{ KJ/kg}$$

$$A = 172 \text{ mq} + 68 \text{ mq} = 240 \text{ mq}$$

$$M \approx 70000 \text{ kg}$$

Densità legno : 600 kg/mc il livello prestazionale III è garantito

Livello III. Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo congruo con la gestione dell'emergenza

- Livello II. Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo sufficiente all'evacuazione degli occupanti in luogo sicuro all'esterno della costruzione

1. Il livello II di prestazione può ritenersi adeguato per costruzioni fino a due piani fuori terra ed un piano interrato, isolate

*- eventualmente adiacenti ad altre purché strutturalmente e funzionalmente separate
- destinate ad un'unica attività non aperta al pubblico e ai relativi impianti tecnologici di servizio e depositi, ove si verificano tutte le seguenti ulteriori condizioni:*

1. le dimensioni della costruzione siano tali da garantire l'esodo in sicurezza degli occupanti;

2. gli eventuali crolli totali o parziali della costruzione non arrechino danni ad altre costruzioni;

3. gli eventuali crolli totali o parziali della costruzione non compromettano l'efficacia degli elementi di compartimentazione e di impianti di protezione attiva che proteggono altre costruzioni;

4. il massimo affollamento complessivo della costruzione non superi 100 persone e la densità di affollamento media non sia superiore a 0,2 pers/m²;

5. la costruzione non sia adibita ad attività che prevedono posti letto;

6. la costruzione non sia adibita ad attività specificamente destinate a malati, anziani, bambini o a persone con ridotte o impedito capacità motorie, sensoriali o cognitive.

2. Le classi di resistenza al fuoco necessarie per garantire il livello II di prestazione sono le seguenti, indipendentemente dal valore assunto dal carico di incendio specifico di progetto:

La classe di resistenza al fuoco deve essere pari ad almeno 30 minuti.

7- Conclusioni

Le case in legno sono delle strutture con buon comportamento sismico confortevoli che si integrano perfettamente nell'ambiente naturale migliorando il paesaggio: hanno anche una funzione sociale che è quella di prevenzione della criminalità che genera incendi boschivi poiché si apprezza il valore intrinseco del legno non come legna da ardere ma come materiale da costruzione. Le norme antincendio sono molto restrittive ma si riesce facilmente a progettare delle strutture che abbiano una buona capacità di resistenza al fuoco per un tempo prefissato e siano robuste e confortevoli. Gli incendi hanno sempre una origine dolosa, ed è buona norma nelle case in legno non avere fiamme libere quali caminetti e stufe nonché evitare che il metano entri nella nostra abitazione per cui i rischi di incendio sono tutti nei cortocircuiti dell'impianto elettrico che con le dovute precauzioni ed accorgimenti possono essere evitati. Riportiamo nelle pagine seguenti il modulo per una asseverazione redatta da un tecnico abilitato che attesta che i lavori da eseguire rispettano le prescrizioni antincendio ed un modulo per la richiesta della nulla osta preventivo ai vigili del fuoco del relativo comando provinciale.

Rif. Pratica VV.F. n.

ASSEVERAZIONE AI FINI DELLA SICUREZZA ANTINCENDIO

(art. 4 del Decreto del Ministro dell'Interno 7.8.2012)

Il sottoscritto

Titolo professionale		Cognome		Nome	
iscritto all'Albo professionale dell'Ordine/Collegio		provincia		n. iscrizione	
con ufficio in		indirizzo		n. civico	
c.a.p.	comune	provincia	telefono		
indirizzo di posta elettronica			indirizzo di posta elettronica certificata		

consapevole della sanzione penale prevista dall'art. 19 comma 6 della L. 241/90, dall'art. 20 comma 2 del D.Lgs. 139/06, nonché di quelle previste dagli artt. 359 e 481 del C.P. in caso di dichiarazioni mendaci e falsa rappresentazione degli atti, in relazione alle opere che hanno come oggetto:

i lavori di:

☐

nuovo insediamento

☐

modifica attività esistente

(barrare con ☒ il riquadro di interesse)

relativi all'attività

tipo di attività (albergo, scuola, etc.) - in caso di SCIA parziale indicare i riferimenti pertinenti ¹			
sita in	indirizzo	n. civico	c.a.p.
comune	provincia	telefono	

Individuata/e² ai n./sotto classe/ cat.:

VISTI

➤ la documentazione tecnica di seguito indicata:

☐	progetti approvati dal Comando VV.F. (solo per attività di cat B e C)	in data	prot. n.
☐	relazione tecnica e gli elaborati grafici di progetto, di cui all'Allegato I lettera B del Decreto del Ministro dell'Interno 7.8.2012 (per attività di cat. A)	in data	prot. n.
☐	documentazione tecnica di progetto e la dichiarazione di non aggravio del rischio incendi allegate (per attività di cat. A,B,C in caso di modifiche di cui art.4, comma 6, del DPR 01/08/2011 n.151, che non comportino aggravio delle preesistenti condizioni di sicurezza)		

(barrare con ☒ il riquadro di interesse)

- le normative tecniche di prevenzione incendi, valutate ai fini della presente asseverazione;
- l'esito dei sopralluoghi e delle verifiche effettuate, ai fini della presente asseverazione;
- le certificazioni e le dichiarazioni, così come sintetizzate nella distinta allegata;

ASSEVERA**LA CONFORMITÀ DELLA/E ATTIVITÀ SOPRAINDICATA/E AI REQUISITI DI PREVENZIONE INCENDI E DI SICUREZZA ANTINCENDIO**

Data	<i>Timbro Professionale</i>	Firma del professionista
------	---	--------------------------

¹ Oltre alla tipologia di attività inserire ulteriori specificazioni, qualora trattasi di SCIA parziale per uno dei casi seguenti (alternativi l'uno all'altro):

- ∞ Indicazione del lotto nel caso di esecuzione per stralci successivi già indicati in fase di valutazione del progetto;
- ∞ Indicazione dello stralcio e normativa di riferimento nel caso in cui la SCIA sia presentata in applicazione di una specifica disposizione che prevede la presentazione di SCIA di adeguamento parziale (p.e. strutture sanitarie, campeggi, macchine elettriche, asili nido).

² Riportare il numero e la categoria corrispondente (A/B/C) individuata sulla base dell'elenco contenuto nell'Allegato I del DPR 01/08/2011 n.151 e la sottoclasse di cui al Decreto del Ministro dell'Interno 7.8.2012.

DISTINTA DELLA DOCUMENTAZIONE TECNICA ALLEGATA*(In caso di modifiche le documentazioni da produrre vanno riferite alle parti oggetto della modifica stessa)*

A) La documentazione non allegata alle certificazioni e/o dichiarazioni di cui ai successivi punti 2, 3, 4, nonché all' eventuale documentazione di cui al p.to 5, è raccolta in apposito fascicolo che il titolare è tenuto a rendere disponibile per eventuali controlli.

B) La documentazione progettuale, le certificazioni e/o le dichiarazioni di cui ai successivi punti 1,2, 3, 4 possono essere integrate da una distinta (da allegare ed indicare al successivo punto 5) ove specificare nome, cognome del firmatario e data di sottoscrizione di ciascun documento allegato.

1. DOCUMENTAZIONE PROGETTUALE

☐ **Relazione tecnica** (n. atti:) **ed elaborati grafici** (n. elaborati:)
Allegare in caso di attività di cui all'Allegato I, cat. A del DPR 01/08/2011 n. 151 o di modifiche di cui art.4, comma 6, del DPR 01/08/2011 n.151, che non comportino aggravio delle preesistenti condizioni di sicurezza.

☐ **Dichiarazione di non aggravio del rischio incendio**
Allegare in caso di modifiche di cui art.4, comma 6, del DPR 01/08/2011 n.151, che non comportino aggravio delle preesistenti condizioni di sicurezza.

2. CERTIFICAZIONI DI ELEMENTI STRUTTURALI PORTANTI E/O SEPARANTI CLASSIFICATI AI FINI DELLA RESISTENZA AL FUOCO, CON ESCLUSIONE DELLE PORTE E DEGLI ALTRI ELEMENTI DI CHIUSURA

☐ n° (n° totale dei modelli allegati – ogni modello può riferirsi a più elementi)

3. DICHIARAZIONI INERENTI I PRODOTTI CLASSIFICATI AI FINI DELLA REAZIONE E DELLA RESISTENZA AL FUOCO ED I DISPOSITIVI DI APERTURA DELLE PORTE

☐ n° (n° totale dei modelli allegati – ogni documento può riferirsi a più prodotti)

4. DICHIARAZIONI/CERTIFICAZIONI RELATIVE AGLI IMPIANTI RILEVANTI AI FINI DELLA SICUREZZA ANTINCENDIO COSI' DISTINTE:

-DICHIARAZIONI DI CONFORMITÀ/RISPONDEZZA redatte sul modello di cui al DM 37/08 e s.m.i. (DC);

- DICHIARAZIONI DI CORRETTA INSTALLAZIONE E FUNZIONAMENTO redatte sul modello mod. DICH. IMP. (DI);

- CERTIFICAZIONI DI RISPONDEZZA E FUNZIONALITÀ redatte sul modello mod. CERT. IMP (CI).

La distinta di seguito riportata deve essere compilata in ogni sua parte, mediante l'apposizione in ogni riquadro del relativo numero dei modelli allegati (riportando il valore 0 per le tipologie di certificazione/dichiarazione non presentate)

(DC)	(DI)	(CI)
------	------	------

☐ **4.I)** n° produzione, trasformazione, trasporto, distribuzione e di utilizzazione dell'ENERGIA ELETTRICA;

☐ **4.II)** n° protezione contro le SCARICHE ATMOSFERICHE;

☐ **4.III)** n° deposito, trasporto, distribuzione e utilizzazione, comprese le opere di evacuazione dei prodotti della combustione e di ventilazione ed aerazione dei locali, di GAS, ANCHE IN FORMA LIQUIDA, COMBUSTIBILI O INFIAMMABILI O COMBURENTI;

☐ **4.IV)** n° deposito, trasporto, distribuzione e utilizzazione, comprese le opere di evacuazione dei prodotti della combustione e di ventilazione ed aerazione dei locali, di SOLIDI E LIQUIDI COMBUSTIBILI O INFIAMMABILI O COMBURENTI;

☐ **4.V)** n° RISCALDAMENTO, CLIMATIZZAZIONE, CONDIZIONAMENTO E REFRIGERAZIONE, comprese le opere di evacuazione dei prodotti della combustione, e di VENTILAZIONE ED AERAZIONE DEI LOCALI;

☐ **4.VI)** n° ESTINZIONE O CONTROLLO incendi/esplosioni di tipo automatico e manuale;

☐ **4.VII)** n° CONTROLLO DEL FUMO E CALORE;

☐ **4.VIII)** n° RIVELAZIONE di fumo, calore, gas e incendio e SEGNALAZIONE ALLARME;

Sigla del professionista

5. ALTRA EVENTUALE DOCUMENTAZIONE

☐ n°		
	Indicare n° documenti	(specificare tipologia documenti)
☐ n°		
	Indicare n° documenti	(specificare tipologia documenti)

N.B. :La distinta deve essere compilata in ogni sua parte, mediante l'apposizione in ogni riquadro del relativo numero dei modelli allegati (riportando il valore 0 per le tipologie di certificazione/dichiarazione non presentate)

Data

Timbro
Professionale

Firma del professionista

Rif. Pratica VV.F. n.

Spazio per protocollo

marca da
bollo
(solo sull'originale)

AL COMANDO PROVINCIALE DEI VIGILI DEL FUOCO DI

Provincia	
Il sottoscritto	
Cognome	Nome
domiciliato in	
indirizzo	n. civico c.a.p. comune
provincia	C.F. codice fiscale della persona fisica
telefono	
indirizzo di posta elettronica	indirizzo di posta elettronica certificata
nella sua qualità di	
qualifica rivestita (titolare, legale rappresentante, amministratore, etc.)	
della	
ragione sociale ditta, impresa, ente, società, associazione, etc.	
con sede in	
indirizzo	n. civico c.a.p.
comune	provincia telefono
indirizzo di posta elettronica	indirizzo di posta elettronica certificata
responsabile dell'attività sotto indicata	

CHIEDE

ai sensi dell'art. 8 del DPR 01/08/2011 n. 151 il

NULLA OSTA DI FATTIBILITA'

per i lavori di:

☐ nuovo insediamento
(barrare con ☒ il riquadro di interesse)

☐ modifica attività esistente

relativi all'attività principale:

tipo di attività (albergo, scuola, etc.)
sita in
indirizzo
n. civico c.a.p.
comune
provincia telefono

Le attività oggetto della istanza sono individuate¹ ai n./sotto classe/ cat.:

La documentazione tecnico progettuale è sottoscritta da:

Titolo professionale	Cognome	Nome
iscritto all'Albo professionale dell'Ordine/Collegio di	n. iscrizione	
con Ufficio in		
indirizzo	n. civico	
c.a.p.	comune	provincia telefono
indirizzo di posta elettronica	indirizzo di posta elettronica certificata	

¹ Riportare il numero e la categoria corrispondente (B/C) individuata sulla base dell'elenco contenuto nell'Allegato I del DPR 01/08/2011 n.151 e la sottoclasse di cui al Decreto del Ministro dell'Interno del 7-8-2012.

L'istanza è limitata ai seguenti aspetti di prevenzione incendi: (barrare una o più caselle)

- ☐ ubicazione;
- ☐ comunicazioni e separazioni;
- ☐ accesso all'area ed accostamento dei mezzi di soccorso;
- ☐ caratteristiche costruttive e lay-out (distanziamenti, separazioni, isolamento);
- ☐ resistenza al fuoco;
- ☐ reazione al fuoco;
- ☐ compartimentazione;
- ☐ vie esodo;
- ☐ sistema di controllo dei fumi naturale o meccanico;
- ☐ aree ed impianti a rischio specifico;
- ☐ impianti elettrici di sicurezza;
- ☐ illuminazione di sicurezza;
- ☐ mezzi ed impianti di estinzione degli incendi;
- ☐ impianti di rivelazione, segnalazione e allarme;
- ☐ segnaletica di sicurezza;
- ☐ altro (specificare)_____.

INFORMAZIONI GENERALI

a) INFORMAZIONI GENERALI SULL'ATTIVITÀ PRINCIPALE E SULLE EVENTUALI ATTIVITÀ SECONDARIE SOGGETTE A CONTROLLO DI PREVENZIONE INCENDI

b) INDICAZIONI DEL TIPO DI INTERVENTO IN PROGETTO

c) INDICAZIONI RELATIVE AGLI ASPETTI DI PREVENZIONE INCENDI OGGETTO DELL'ISTANZA

Allega i seguenti documenti tecnici di progetto, debitamente firmati, coerenti con quanto previsto dall'Allegato I al Decreto del Ministro dell'Interno del 7-8-2012, che evidenzino gli aspetti di prevenzione incendi oggetto della istanza:

- Relazione tecnica (n. fascicoli:)
- Elaborati grafici (n. elaborati:)

N.B.: la compilazione della distinta di versamento e' obbligatoria.

Attestato di versamento n. _____ del _____ intestato alla
 Tesoreria Provinciale dello Stato di _____ ai sensi del DLgs 139/2006
 per un totale di € _____ così distinte:

attività n.	_____	€ _____
	Sottocl./ categoria ²	
attività n.	_____	€ _____
	Sottocl./ categoria	
attività n.	_____	€ _____
	Sottocl./ categoria	
attività n.	_____	€ _____
	Sottocl./ categoria	
attività n.	_____	€ _____
	Sottocl./ categoria	

Eventuale diverso indirizzo presso il quale si chiede di inviare la corrispondenza:

Cognome		Nome	
indirizzo	n. civico	c.a.p.	comune
provincia			
telefono	indirizzo di posta elettronica		indirizzo di posta elettronica certificata

Data _____ Firma _____

N.B.: La firma deve essere apposta alla presenza di pubblico ufficiale addetto alla ricezione. In alternativa, la richiesta può essere presentata da altra persona o inoltrata a mezzo posta; in tali casi, alla richiesta deve essere allegata fotocopia del documento di riconoscimento del richiedente (D.P.R. 445/2000).

Spazio riservato al delegante

Il sottoscritto, per il ritiro del parere o per i chiarimenti tecnici in ordine alla presente istanza, delega il/la sig. _____

Titolo professionale	cognome	nome
domiciliato in _____		
via - piazza _____		
n. civico	c.a.p.	comune
provincia	telefono	
Data	Firma	

N.B.: La firma deve essere apposta alla presenza di pubblico ufficiale addetto alla ricezione. In alternativa, la richiesta può essere presentata da altra persona o inoltrata a mezzo posta; in tali casi, alla richiesta deve essere allegata fotocopia del documento di riconoscimento del richiedente (D.P.R. 445/2000).

Spazio riservato al Comando Provinciale VVF

Ai sensi dell'art. 38 del DPR 445/2000, io sottoscritto _____
 addetto incaricato con qualifica di _____, in data ____/____/____ a mezzo documento _____
 n. _____ rilasciato in data ____/____/____ da _____
 ho proceduto all'accertamento dell'identità personale del sig. _____
 che ha qui apposto la sua firma alla mia presenza.

Data ____/____/____ Firma _____

² Al fine di definire il relativo importo, riportare il numero e la categoria corrispondente (B/C) individuata sulla base dell'elenco contenuto nell'Allegato I del DPR 01/08/2011 n. 151 e la sottoclasse di cui al Decreto del Ministro dell'Interno del 7-8-2012.

I camini e le canne fumarie per edifici residenziali

1- Introduzione

2- Il progetto delle canne fumarie

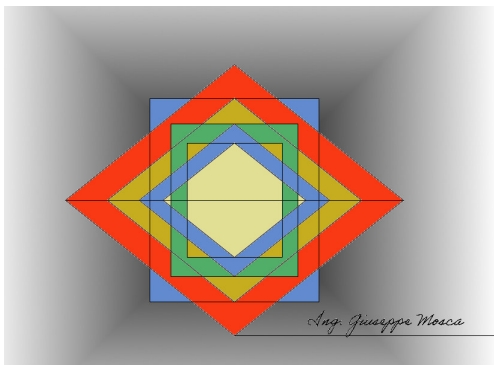
3- Le canne fumarie e i comignoli :elementi non strutturali

4- I requisiti delle stufe e dei camini

5- Le norme antincendio vigenti

6- Calcolo termofluidodinamico di camini

7- Conclusioni



N.B. Mi scuso a priori di eventuali imprecisioni o errori che se segnalati contribuiscono al miglioramento degli appunti

1- Introduzione

Lo studio della normativa antincendio non è un settore di mia competenza rientra nella branca della ingegneria civile sicurezza sul lavoro , è opportuno avere delle nozioni di base di sicurezza antincendio per la progettazione di edifici residenziali, villette di montagna case in legno ect soprattutto per gli impianti di riscaldamento che molto spesso sono a biomassa e per i materiali e sistemi costruttivi utilizzati quali legno , la presenza di termocamini , termostufe i sistemi di evacuazione dei fumi quali le canne fumarie. Gli incendi sono sempre di origine dolosa , con la tecnica e pratica attuale per edifici nuovi difficilmente si hanno dei guasti all'impianto elettrico cortocircuiti che possono innescare un incendio , fughe di gas dalle caldaie o dal piano cottura, tubo di gas metano che di norma durante la progettazione di un impianto di riscaldamento non viene neanche fatto entrare in casa , si utilizzano piani di cottura ad induzione elettrici con linee separate senza sovraccarichi di tensione , con caldaie poste all'esterno della nostra casa sulla terrazza veranda o balcone . In montagna si è solito costruire lo chalet in legno con pannelli **X-Lam** , in microlamellare **LVL** con pannello **Plat-Form** o con il sistema **Block-House** legno con bassa densità in modo che le azioni inerziali sismiche siano ridotte; per case ad uno o due piani il peso sismico globale non è eccessivo si può derogare a limitazioni imposte dalle NTC 2018 sulla regolarità strutturale sia in pianta che in altezza non ha alcuna rilevanza visto il taglio derivante dalla ripartizione che sollecita il singolo elemento strutturale; i vigili del fuoco che hanno competenze nel settore strutturale obiettano il materiale da costruzione utilizzato il legno , e la eventuale presenza di camini all'interno tipica di case di montagne , per i quali è sufficiente utilizzare termocamini con protezione senza che le scintille o le fiamme possano innescare incendi. I problemi delle canne fumarie durante la progettazione concernono case già esistenti oggetto di progetti di adeguamento miglioramento sismico e ristrutturazione , ed è molto frequente avere incendi sui tetti da canne fumarie che pur essendo "**poco visibile**", è altamente pericoloso, in quanto può estendersi anche al tetto e, in generale, **all'edificio** nel suo complesso. Esso si sviluppa principalmente per la combustione dei depositi carboniosi lasciati dai fumi nella canna fumaria, a seguito di surriscaldamento. L'evoluzione della combustione è, nelle prime fasi, piuttosto lenta a causa della scarsità d'ossigeno, ma produce temperature molto elevate e, nei casi peggiori, può **diffondere l'incendio** alle altre strutture dell'edificio presenza di forte vento e durante la combustione della parte alta della canna fumaria, con fuoriuscita di fiamme, è addirittura possibile la propagazione dell'incendio agli edifici circostanti.



2- Il progetto delle canne fumarie

Il condotto di evacuazione dei prodotti della combustione generati dall'apparecchio a tiraggio naturale deve rispondere ai seguenti requisiti:

- *Essere a tenuta dei prodotti della combustione, impermeabile ed adeguatamente isolato e coibentato alla stregua delle condizioni di impiego;*
- *Essere realizzato in materiali adatti a resistere alle normali sollecitazioni meccaniche, al calore, all'azione dei prodotti della combustione ed alle eventuali condense;*
- *Avere andamento prevalentemente verticale con deviazioni dall'asse non superiori a 45°;*

Essere adeguatamente distanziato da materiali combustibili o infiammabili mediante intercapedine d'aria od opportuno isolante

- *Avere sezione interna costante, libera ed indipendente.*
- *Avere le sezioni rettangolari con rapporto massimo tra i lati di 1,5.*

Devono essere rispettate le indicazioni del costruttore dell'apparecchio per quanto concerne la sezione e le caratteristiche costruttive della canna fumaria/camino. Per sezioni particolari o variazioni di sezione o di percorso dovrà essere effettuata una verifica del funzionamento del sistema di evacuazione fumi con appropriato metodo di calcolo fluidodinamico. È consigliato che il condotto fumario sia dotato di una camera di raccolta di materiali solidi ed eventuali condense situata sotto l'imbocco del canale da fumo, in modo da essere facilmente apribile ed ispezionabile da sportello a tenuta d'aria.



Il comignolo deve rispondere ai requisiti seguenti:

- *Avere sezione interna equivalente a quella del camino;*
- *Avere sezione utile di uscita non minore del doppio di quella interna del camino;*

- Essere costruito in modo da impedire la penetrazione nel camino della pioggia, della neve, di corpi estranei ed in modo che anche in caso di venti di ogni direzione e inclinazione sia comunque assicurato lo scarico dei prodotti della combustione.
- Essere posizionato in modo da garantire un'adeguata dispersione e diluizione dei prodotti della combustione e comunque al di fuori della zona di reflusso in cui è favorita la formazione di contro pressioni. Tale zona ha dimensioni e conformazioni diverse in funzione dell'angolo di inclinazione della copertura, per cui risulta necessario adottare le altezze minime indicate negli schemi della normativa stessa.



Pertanto il camino o canna fumaria singola, dovrà garantire la sicurezza nel tempo dell'utilizzo per ogni tipo di apparecchiatura con caratteristiche idonee a quelle con le quali la canna è stata costruita.

Il collegamento tra apparecchi e camini avviene tramite dei condotti, solitamente in acciaio inox, che si chiamano **canali da fumo**; alcuni dei requisiti che questi devono rispettare sono i seguenti:

- Essere in materiale idoneo, incombustibile e resistente ai prodotti della combustione. Non sono ammessi tubi flessibili in metallo e in fibrocemento;
- Essere a sezione costante.
- Non possono attraversare locali in cui sia vietata l'installazione di apparecchi a combustione (quali ad esempio, autorimesse).
- Il collegamento fra canna fumaria e apparecchio deve avvenire con angoli che non superino i **45°**, quindi non sono ammessi percorsi orizzontali o quasi tra la canna fumaria e il caminetto, la stufa ecc.

La scelta e la corretta installazione dei camini risultano essere aspetti importanti, benché talvolta sottovalutati, ai fini della prevenzione incendi. Ricordiamo innanzitutto la funzione di una canna fumaria che il componente dell'impianto termico al quale viene affidata la funzione di smaltimento dei prodotti di combustione del generatore di calore nell'atmosfera. Fa parte integrante del progetto dell'impianto termico della nostra casa, i gas di combustione e la relativa composizione chimica dipendono dal combustibile utilizzato:

- Pellet
- Legno
- Gas metano

La combustione avviene attraverso delle reazioni chimiche dei componenti caloriferi del combustibile quali carbonio e idrogeno con l'ossigeno e l'azoto attraverso delle reazioni di ossidazione i cui componenti dei gas di scarico sono:

Per il carbonio:

Anidride carbonica CO_2

Ossido di Carbonio CO

Per l'idrogeno

Azoto N che si combina a sua volta con lo zolfo generando

Anidride solforosa SO_2

Il potere calorifero dei combustibili indicati

- Pellet 15MJ/kg
- Legno 15MJ/kg
- Gas metano 50 MJ/kg

Il potere calorifero è importante ci consente di stabilire quanta energia (calore) siamo grado di produrre se mettiamo 1 Kg di pellet o legna nella termostufa consumato in un intervallo di tempo t .

Per $t = 7200 \text{ sec} = 2 \text{ h}$

$Q = 2083 \text{ W}$, ovvero circa 2 Kwh

equivale ad un stufa elettrica accesa per 2 ore avente la potenza di 2 Kw

*In questo articolo ci occupiamo di sicurezza anticendio, viste le recenti direttive Europee sulle **Case Green** dove si parla di emissioni zero per la anidride carbonica, la corretta realizzazione di un condotto per la evacuazione dei gas di combustione assume importanza fondamentale un incendio sarebbe dannoso non solo per i danni arrecati all'edificio, le strutture del tetto ect ma all'atmosfera con notevole incremento delle emissioni. I valori limite attuali di emissione di gas nell'atmosfera per la qualità dell'aria in Italia di*

- biossido di zolfo, biossido di azoto, benzene, monossido di carbonio, piombo
PM10 ovvero 10 parti per milione

Un incendio del camino in un tetto sarebbe estremamente dannoso per le emissioni dei gas della combustione nella atmosfera.

Ai combustibili riportati corrispondono tre tipologie di generatori di calore:

- *Termocamino a legna*
- *Termostufa a pellet*
- *Caldaia a condensazione*

*Per ognuno dei quali va eseguito il progetto della canna fumaria dove l'aria esterna viene aspirata per essere bruciata insieme al combustibile nella camera di combustione, creando una miscela di ossigeno e prodotti della combustione che deve essere espulsa attraverso il camino. Affinché tale miscela possa procedere nei condotti che compongono il camino, è necessario che si inneschi una differenza di pressione tra l'ingresso e l'uscita della canna fumaria definita **"tiraggio"***

La miscela di gas all'interno della camera di combustione ha una densità inferiore a quella dell'aria esterna. Il rapporto tra le due densità è proporzionale alla temperatura di combustione (maggiore la temperatura rispetto all'aria comburente, minore sarà la densità); una maggiore differenza tra la temperatura interna ed esterna ed una maggiore altezza del camino determineranno un miglior tiraggio della canna fumaria. I prodotti della combustione, nel loro percorso lungo la canna fumaria, incontrano resistenze per attrito lungo le pareti interne dei condotti, perdite di carico generate dal terminale della canna fumaria ed ostruzioni varie; inoltre spesso si presentano particolari correnti d'aria esterna che ostacolano la fuoriuscita dei fumi.

Il progetto della canna fumaria consiste nella determinazione della sua sezione trasversale ed è fondata su due principi fondamentali:

Camini a pressione negativa

Il calcolo delle dimensioni interne per funzionamento a pressione negativa si basa su 4 criteri:

- *il tiraggio minimo all'ingresso dei prodotti della combustione nel camino deve essere uguale o maggiore del tiraggio minimo richiesto all'ingresso dei prodotti della combustione nel camino;*
- *il tiraggio minimo all'ingresso dei prodotti della combustione nel camino deve essere uguale o maggiore della resistenza alla pressione effettiva dell'aria comburente;*
- *il tiraggio massimo all'ingresso dei prodotti della combustione nel camino deve essere uguale o minore del tiraggio massimo permesso all'ingresso dei prodotti della combustione nel camino;*
- *la temperatura della parete interna allo sbocco del camino deve essere uguale o maggiore della temperatura limite;*

Camini a pressione positiva

Il calcolo delle dimensioni interne per funzionamento a pressione negativa si basa sui seguenti criteri:

- la pressione positiva massima all'entrata dei prodotti della combustione nel camino deve essere uguale o minore della pressione differenziale massima all'entrata dei prodotti della combustione nel camino;*
- la pressione positiva massima nel canale da fumo e nel camino non deve essere maggiore della sovrappressione per la quale entrambi sono stati designati;*
- la pressione positiva minima all'entrata dei prodotti della combustione nel camino deve essere uguale o maggiore della pressione differenziale minima all'entrata dei prodotti della combustione nel camino;*
- la temperatura della parete interna allo sbocco del camino deve essere uguale o maggiore della temperatura limite;*

Per il dimensionamento della sezione trasversale di una canna fumaria per un termo camino a legna, esistono delle formule approssimate che ci consentono di determinare la sezione S espressa cmq del condotto di evacuazione in funzione della altezza della canna fumaria e della potenze del generatore di calore valida per temperatura dei fumi di almeno 300°

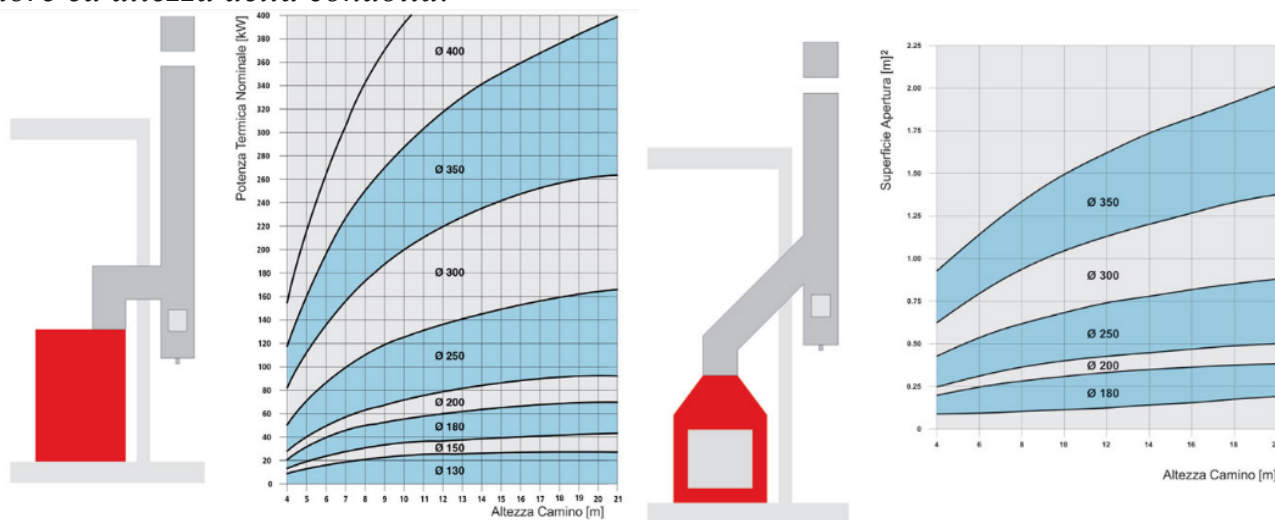
$$S = K \cdot P / \sqrt{h}$$

h espressa in metri, P potenza de generatore Kcal/ora

In funzione della altezza h della canna fumaria K è riportato nella seguente tabella:

Altitudine del camino (s.l.m.)	Consumo legna: 4 kg/h			Consumo legna: 8 kg/h		
	Altezza della canna fumaria			Altezza della canna fumaria		
	4 m	8 m	12 m	4 m	8 m	12 m
100 m	450 (1.)	400	350	700	600	550
750 m	550	500	450	900	850	750
1.500 m	650	600	550	1.150	1.100	900
2.250 m	800	700	650	1.600	1.200	1.100

Si possono utilizzare dei diagrammi forniti dalle aziende produttrici per il dimensionamento di canne fumarie di camini a legna in funzione della potenza del generatore ed altezza della condotta:



Condizioni di applicabilità:

Combustibile:	legna	Simulazione:	norma UNI EN 13384-1
Temp. Media fumi:	200°C	Pressione per il focolare:	10 Pa
Tipologia camino:	acciaio inox	Resistenza termica media:	0,25 m²K/W
Lunghezza canale da fumo:	1/4 H, max. 2 m	Diametro canale da fumo:	uguale a quello del camino
Somma resistenze conc:	$\sum \xi \leq 1,6 \text{ adm (canale da fumo)}$	Altezza s.l.mare.:	250 m

*Il dimensionamento canna fumaria camino legna concerne i condotti di evacuazione asserviti da un solo apparecchio secondo la norma **UNI 13384-1**; Per la progettazione è necessario definire una serie di parametri quali :*

-Località di installazione

Altitudine , località, temperatura minima e massima

-Tipologia di apparecchio

Generatore caminetto o stufa a legna biomassa pellet o caldaia a condensazione ;

I parametri da definire sono i seguenti:

- *parametri impianto: tipologia di tiraggio, tipologia di verifica (umido , secco)*
- *parametri terminale: tipologia apparecchio (caldaia, caminetto, etc.), combustibile adottato, potenza, eventuali dimensioni geometriche, etc.*
- *parametri dei fumi: portata massica (intesa come la massa di fumo che scorre attraverso una sezione nell'unità di tempo, espressa in kg/s), temperatura dei fumi, tenore di CO₂ e tiraggio minimo*

-Canale da fumo e camino

È il condotto tra generatore di calore e canna fumaria;

- I parametri del canale da fumo e del camino: posizione (interna o esterna all'edificio), tipologia e materiale, diametro, rugosità, resistenza termica, eventuali pezzi speciali ed elementi resistenti al flusso (come ad esempio le curve), forma del canale, spessore, altezza efficace (intesa come differenza di quota tra la sezione di ingresso dei fumi nel camino e la sezione di uscita), lunghezza*

Per l'impianto vengono eseguite 4 verifiche di funzionamento :

- Condizione A:**
Generatore alla potenza nominale e temperatura aria esterna massima;
- Condizione B:**
Generatore alla potenza minima e temperatura aria esterna massima;
- Condizione C:**
Generatore alla potenza nominale e temperatura aria esterna minima;
- Condizione D:**
Generatore alla potenza minima e temperatura aria esterna minima

Le verifiche da eseguire sono le seguenti :

<i>Verifica</i>			
<i>Condizione A</i>	$P_{ZO} \leq P_{ZOE}$	$P_{ZO} \leq P_{Zeccesso}$	$P_{ZO} + P_{FV} \leq P_{ZV\ excess}$
<i>Condizione B</i>	$P_{ZO} \leq P_{ZOE}$	$P_{ZO} \leq P_{Zeccesso}$	$P_{ZO} + P_{FV} \leq P_{ZV\ excess}$
<i>Condizione C</i>	$T_{IOB} \leq T_G$		
<i>Condizione D</i>	$T_{IOB} \geq T_G$		

Dove:

P_{ZO} *pressione positiva alla entrata dei prodotti della combustione nel camino*

P_{ZOE} P_{max} *differenziale alla entrata dei prodotti della combustione nel camino*

$P_{Zeccesso}$ *pressione massima ammessa alla designazione del camino*

P_{FV} *pressione massima ammessa alla designazione del canale da fumo*

T_G *Limite di temperatura*

T_{IOB} *Temperatura della parte interna allo sbocco del camino in equilibrio termico*

-Dimensionamento canna fumaria camino a pellet o legna

Supponiamo di voler installare un termocamino nel comune di Castel di Sangro a primo piano di un edificio che si compone di 3 piani fuori terra e copertura , altezza interpiano 3.20m.

Castel di Sangro altitudine 810 m slm

	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Medie Temperatura (°C)	0.6	0.8	3.9	7.6	11.6	16.2	18.8	19	14.2	10.8	6.1	1.9
Temperatura minima (°C)	-2.5	-2.6	-0.2	3	6.8	11.5	14.1	14.5	10.3	7.2	2.9	-1
Temperatura massima (°C)	4.2	4.7	8.3	12.2	16.2	20.7	23.4	23.9	18.7	15	9.8	5.3
Precipitazioni (mm)	85	85	97	106	95	69	58	50	78	98	133	109
Umidità(%)	81%	79%	78%	75%	75%	70%	65%	65%	74%	79%	83%	82%
Giorni di pioggia (g.)	8	7	9	11	10	8	7	7	8	8	9	9
Ore di sole (ore)	4.6	4.9	6.0	7.3	8.7	10.7	11.3	10.7	8.0	6.2	4.7	4.5

Mesi invernali valori medi

Temperatura minima esterna -1°

Temperatura massima esterna 8°

*Il termocamino di notte non viene acceso quando si hanno le temperature più basse.
La azienda che produce camini ci fornisce anche il diametro della canna fumaria
 $\phi = 20 \text{ cm}$;*



		MF24
Potenza termica nominale a pellet Thermal nominal power with pellets	kW	24
Potenza termica nominale a legna Thermal nominal power with wood	kW	21
Rasa all'acqua a pellet / a legna Water power with pellets / wood	kW	- 21 / 18
Rendimento Output	%	- 83
Consumo orario (pellet / legna) Hourly consumption (pellet / wood)	Kg/h	[0,5 - 6] / [1 - 7]
Dimensione canna fumaria Dimension of chimney	Ø cm	20
Dimensioni camera di combustione Dimensions combustion chamber	cm	55 x 52 x 30 h
Tiraggio minimo canna fumaria Minimum sucking of chimney	Pa	10 a freddo
Capacità serbatoio pellet Capacity of pellet tank	Kg	55
Produzione acqua calda sanitaria $\Delta t=25^{\circ}\text{C}$ Production of domestic hot water $\Delta t=25^{\circ}\text{C}$	l/min	10
Peso Weight	Kg	-285

Le caratteristiche tecniche del termocamino

Combustibile legna

Larghezza 63 cm

Altezza 50 cm

Camera di combustione 50x52x30 cm

Potenza termica nominale legna 21 kwh

Potenza termica nominale pellet 24 kwh

Rendimento 0,83%

Consumo orario (0,5÷6)/(1÷7) kg /h

I parametri dei fumi necessari per il dimensionamento del canale da fumo e del camino se n forniti dal fabbricante sono riportati nelle norme tecniche per la progettazione di condotte di evacuazione dei gas derivanti dalla combustione.

Portata massica dei fumi 0,04969 kg/sec

Temperatura dei fumi 80 °

Tenore di CO₂ 1%

Tiraggio minimo 3 Pa

Nella scheda tecnica al Tiraggio Minimo corrisponde la pressione di 10 Pa.

La scheda tecnica della casa costruttrice per il canale da fumo e camino fornisce delle indicazioni in merito alla resistenza termica e idraulica delle pareti definendo la scabrezza ovvero la rugosità. Le leggi idrauliche sono quelle relative ai fluidi comprimibili, dove il teorema generalizzato di Bernoulli per fluidi comprimibili:

$$d/ds(V^2/2g) + 1/\gamma * dp/ds + J = 0$$

*J è la perdita di carico ovvero la resistenza idraulica e termica al flusso;
la ipotesi è di portata massica costante*

*$Q = \rho * A * V$ A sezione trasversale de tubo ; V velocità ; ρ densità*

fondata sul principio di conservazione della massa

Il moto di un fluido comprimibile all'interno di un condotto è definito dalla equazione

$$\Delta V/V + \Delta p/(\rho * V^2) + \lambda/(2D) * d\Delta s = 0$$

V velocità ; P pressione ; D diametro ; s ascissa; λ perdita di carico unitaria

Parametri del canale di fumo

Il canale da fumo è il condotto che va dal generatore alla canna fumari

Posizione : interno edificio

Tipologia : doppia parete acciaio inox

Diametro interno : 250 mm

Rugosità : 1mm

Resistenza termica : 0,40582 m²*KW

Elementi di resistenza al flusso : Curva 90° (perdita di carico accidentale 25 cm)

Altezza efficace : 1 m

Lunghezza canale da fumo : 1 m

Parametri del camino

Esterno all'edificio

Tipologia : doppia parete acciaio inox

Diametro interno : 250 mm

Rugosità : 1mm

Resistenza termica : 0,40582 m²*KW

Altezza efficace : 4 m

Lunghezza camino: 4 m

Resistenza al flusso : nessuna

Le verifiche proposte sono due : Condizione A e B

Verifica			
Condizione A	$P_{ZO} \leq P_{ZOE}$	$P_{ZO} \leq P_{Zeccesso}$	$P_{ZO} + P_{FV} \leq P_{ZV\ excess}$
Condizione B	$P_{ZO} \leq P_{ZOE}$	$P_{ZO} \leq P_{Zeccesso}$	$P_{ZO} + P_{FV} \leq P_{ZV\ excess}$
Condizione C	$T_{IOB} \leq T_G$		
Condizione D	$T_{IOB} \geq T_G$		

Condizione A : Generatore a potenza nominale e temperatura esterna massima;

Condizione B : Generatore a potenza nominale e temperatura esterna minima.

È immediato verificare che affinché vi sia deflusso dei gas di combustione all'interno della canna fumaria , partendo dal generatore di calore ovvero dal termocamino la

Pressione $P_Z \geq P_{EZ}$ dove

P_{EZ} pressione esterna in sommità alla canna fumaria su comignolo

P_Z pressione dei prodotti di combustione all'entrata del canale da fumo

Per due condizioni di temperatura

- Temperatura esterna massima
- Temperatura esterna minima

Se tali verifiche non sono soddisfatte i gas di combustione restano nella canna fumaria e generatore ovvero il fluido non si muove.

Dal teorema di **Bernoulli** nota la portata massica costante si può ricavare la differenza di pressione Δp deve risultare

$$\Delta V/V + \Delta p/(\rho * V^2) + \lambda/(2D) * \Delta s = 0 ; \quad \Delta p = - [\Delta V/V + \lambda/(2D) * \Delta s] * (\rho * V^2)$$

$$\Delta p \geq 0 \quad \Delta p = [P_Z - P_{EZ}]; \quad \Delta p = -[P_{EZ} - P_Z]; \quad V = Q/(\rho * A)$$

Per i fluidi comprimibili utilizzando la equazione di stato dei gas

$P/\rho = r \cdot T = \text{costante}$ per una densità media ρ_m tra ingresso e uscita

la equazione del moto può essere scritta nella forma

$$\Delta p = 128 \cdot \mu / \pi \cdot Q_m / D^4 \cdot r \cdot T \cdot L$$

L lunghezza canale da fumo + camino

D diametro

T temperatura

$\Delta p = P_I - P_U$ la pressione di ingresso P_I è pari al tiraggio

fornito nella scheda tecnica del generatore 10 Pa

La pressione di uscita $P_U = P_I - \Delta p$ e deve risultare $< P_I$

Se i gas di combustione non defluiscono all'interno della canna fumaria ma rientrano nel generatore di calore e nell'ambiente della casa si hanno problemi d'avvelenamenti e intossicazione dovute al monossido di carbonio e alla anidride carbonica molto pericolosi durante la notte, poiché si dorme durante il giorno se si è a casa si provvede allo spegnimento del combustibile presente nel generatore di calore e alla aerazione naturale dei locali previa apertura finestre.

Il progetto calcolo verifica di canne fumarie viene eseguito con software forniti dalle aziende che producono e vendono canne fumarie la verifica viene eseguita utilizzando il software free **Il Camino**.

Riportiamo i dati di ingresso

IMPOSTAZIONI DEL PROGETTO	
SELEZIONE DEL SISTEMA	
Classe di pressione	DEPRESSIONE / PRESSIONE
Sistema	STABILE PD - Inox/Inox - Doppia Parete Lana Di Roccia
Sistema camino metallico in doppiaparete inox-inox isolato in lana di roccia spessore 25 mm	
Sistema camino c/guam.: T200-P1-W-V2-L50050-Q(50)	
Sistema camino s/guam.: T600-N1-W-V2-L50050-G(70)	
Metodo di Calcolo	
UNI 13384-1d	
Camini singoli in pressione negativa asserviti a un solo apparecchio	
Verifica di temperatura	Verifica a Umido
Secco (assenza di condensa nei fumi)	
Umido (presenza di condensa nei fumi)	
Fattore di sicurezza SH	0.5
Fattore di sicurezza SE	1.5
Fattori di sicurezza SH consigliato dalla norma : 0.5	
Fattori di sicurezza SE consigliato dalla norma : 1.5	
Conf. di Disegno	Camino Singolo p. doppia

EDIFICIO	
Locale installazione caldaia	CENTRALE TERMICA
DATI DELLA LOCALITA'	
Stato	ITALIA
Provincia	L'Aquila
Località	Castel Di Sangro
Latitudine - ϕ	41.78 °
Longitudine - θ	14.10 °
Altitudine s.l.m. - z	793 m
Zona Climatica	E
Temperatura di Progetto	-5.0 °C
DATI DELL'INSTALLAZIONE / CENTRALE TERMICA	
Temperatura Aria	20.0 °C
Area di ventilazione	100.000 cm ²
Z Ventilazione	1m
Pressione Aria	4.00 Pa

COMBUSTIBILE		
Selezione del Combustibile	Legna Pellets	
DATI DEL COMBUSTIBILE		
Stato	SOLIDO	
Potere calorifico inferiore	[MJ/kg]	17
Potere calorifico superiore	[MJ/kg]	17
FRAZIONI		
Percentuale per ogni costituente	Costituenti	

CANALE DA FUMO		
Costruttore	Stabile	
Selezione della parete	STABILE PD - Inox/Inox - Doppia	
Diametro da utilizzare	250 STABILE PD Inox/Inox sp. 2	
DATI DEL CONDOTTO		
Forma interna	CIRC	
Diametro Interno	250.00 mm	
Rugosità interna	1.00 mm	
Forma esterna	CIRC	
Diametro Esterno	252mm mm	
Rugosità esterna	1.00 mm	
Resistenza termica	0.4085 m²K/W	
DATI DELL'INSTALLAZIONE		
Altezza (H)	0.60 m	
Sviluppo (L)	1.34 m	
Esposizione all'esterno	0 %	
PERDITE DI CARICO		
Descrizione	Coef.	Q.ta'
Curva 15°	0.12	0
Curva 30°	0.20	0
Curva 45°	0.40	1
Curva 90°	0.60	0

TERMINALE	
Tipologia di terminale	Cappello Antivento
DATI DEL TERMINALE	
Coef. di perdita concentrata	0.19

TRATTO DI PARTENZA	
DATI DELL'INSTALLAZIONE	
Altezza fino al primo allacciamento	100.0 cm

CAMINO / TRATTO TERMINALE	
Selezione della parete	STABILE PD - Inox/Inox - Doppia
Diametro da utilizzare	250 STABILE PD Inox/Inox sp. 2
DATI DEL CONDOTTO VERTICALE	
Forma interna	CIRC
Diametro Interno	250.00 mm
Rugosità interna	1.00 mm
Forma esterna	CIRC
Diametro Esterno	252.00 mm
Rugosità esterna	1.00 mm
Resistenza termica	0.408500 m²K/W
DATI DELL'INSTALLAZIONE	
Altezza (H)	7.00 m
Sviluppo (L)	7.25 m
Esposizione all'esterno	0 %
Raccordo	Raccordo a T 135°
Abilita singolo spostamento, Calcolo/Disegno	☒
SPOSTAMENTO	
Altezza Inizio Spostamento Hi	1.00 m
Spostamento	0.60 m
Curva per Spostamento	Curva 45 M/F

Risultati di calcolo Caso 1

Scelta	Verifica	Funzionamento	Camino	Canale Fumo	Pressione [Pa]	Velocità [m/s]	Temp.Par.Est. [°C]	Relazione	Relazione
☒	☒	Pressione negativa	250 STABILE PD Inox/Inox sp. 25	250 STABILE PD Inox/Inox sp. 25	25.6	0.23	63	Relazione Dettagliata	Relazione Ridotta

	CASO-1		CASO-2		CASO-3		CASO-4		Note
	Variabile						Gen. 1		
	Stato accensione						ON 100%		
	Pressione [Pa]						25.6>(12.4)		
	Pressione Pz>Pbc [Pa]						25.6>(4.0)		

Caso 2

Scelta	Verifica	Funzionamento	Camino	Canale Fumo	Pressione [Pa]	Velocità [m/s]	Temp.Par.Est. [°C]	Relazione	Relazione
☒	☒	Pressione negativa	250 STABILE PD Inox/Inox sp. 25	250 STABILE PD Inox/Inox sp. 25	25.6	0.23	63	Relazione Dettagliata	Relazione Ridotta

CASO-1

CASO-2

CASO-3

CASO-4

Note

Variable	Gen. 1
Stato accensione	ON 30%
Pressione [Pa]	25.6>(12.4)

Caso 3

Scelta	Verifica	Funzionamento	Camino	Canale Fumo	Pressione [Pa]	Velocità [m/s]	Temp.Par.Est. [°C]	Relazione	Relazione
☒	☒	Pressione negativa	250 STABILE PD Inox/Inox sp. 25	250 STABILE PD Inox/Inox sp. 25	25.6	0.23	63	Relazione Dettagliata	Relazione Ridotta

CASO-1 CASO-2 CASO-3 CASO-4 Note

Variable	Gen. 1
☒ Stato accensione	ON 100%
☒ Pressione [Pa]	25.6 > (12.4)

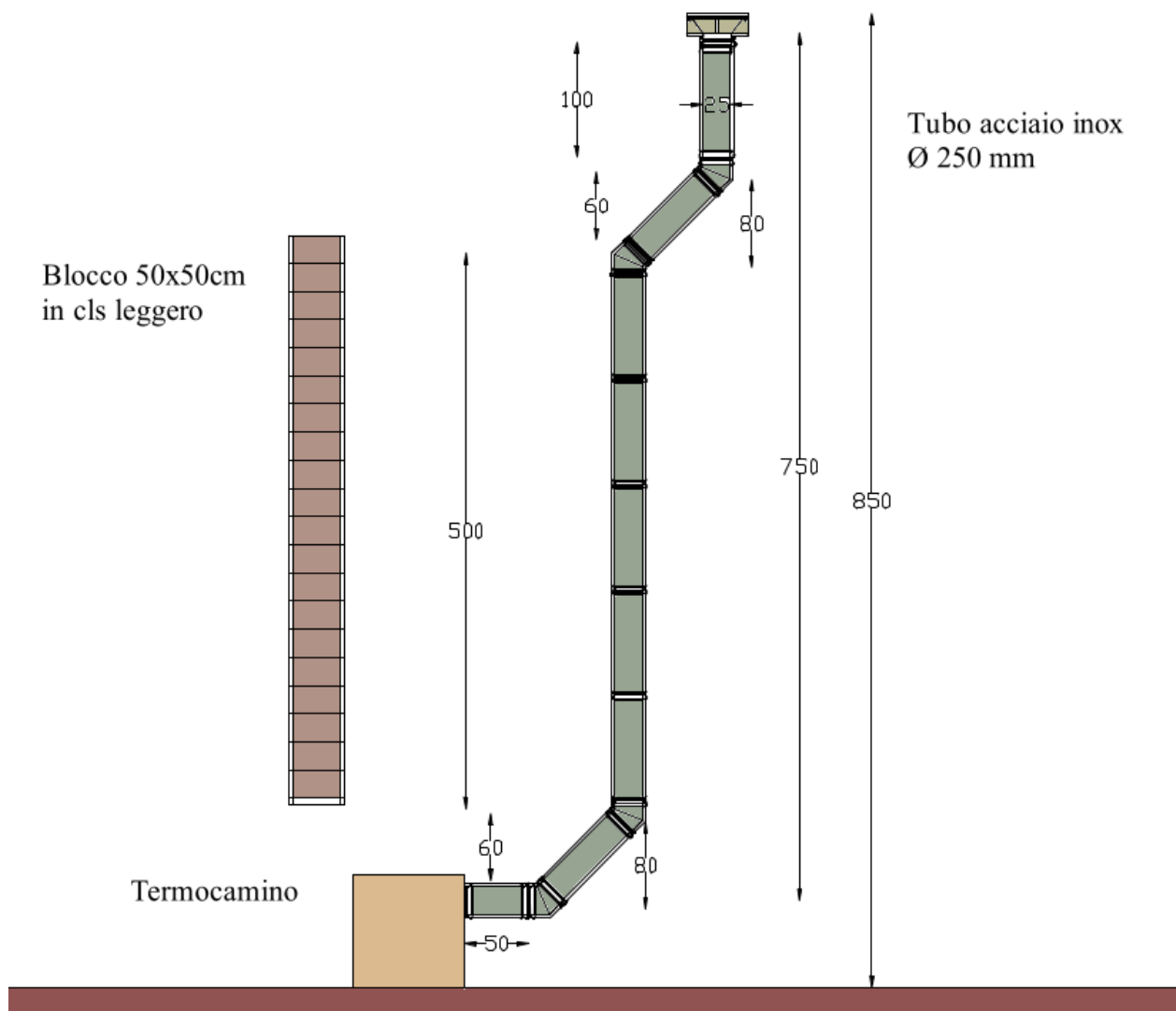
Caso 4

Scelta	Verifica	Funzionamento	Camino	Canale Fumo	Pressione [Pa]	Velocità [m/s]	Temp.Par.Est. [°C]	Relazione	Relazione
☒	☒	Pressione negativa	250 STABILE PD Inox/Inox sp. 25	250 STABILE PD Inox/Inox sp. 25	25.6	0.23	63	Relazione Dettagliata	Relazione Ridotta

CASO-1 CASO-2 CASO-3 CASO-4 Note

Variable	Gen. 1
☒ Stato accensione	ON 100%
☒ Velocità $V_{min} < V < V_{max}$ [m/s]	(0.0) < 0.2 < (20.0)
☒ Temperatura $T_{pu} > T_r$ [°C]	(0.0) < 116.0 < (700.0)

Riportiamo il disegno della canna fumaria ed il blocco di cls di contenimento



3- Le canne fumarie e i comignoli: elementi non strutturali

Il comignolo nelle NTC 2018 viene considerato come un elemento non strutturale al pari degli scaffali i termosifoni , i corpi scaldanti , le caldaie , i tramezzi ect che durante un evento sismico nk devono subire danni . La caduta di un comignolo può essere pericolosa per la incolumità dei passanti, ad essi viene demandata la funzione di sicurezza dei lavori sui tetti poiché sui è soliti agganciare la fune di trattenuta al comignolo per lavori temporanei di qualche ora quali sostituzione di antenna asportazione di poche tegole ect sono verifiche genere omesse di poca rilevanza che gli uffici competenti neanche richiedono al momento del deposito di un calcolo strutturale riportate però nelle NTC 2018. La domanda sismica sugli elementi non strutturali può essere determinata applicando una forza sismica

$$F_a = (S_a * W_a) / Q_a$$

***S_a** accelerazione massima adimensionalizzata rispetto all'accelerazione di gravità corrispondente allo stato limite in esame*

***W_a** peso sismico dell'elemento*

***Q_a** fattore di comportamento dell'elemento.*

Il paragrafo C.7.2.3. delle Istruzioni alle NTC introduce gli “spettri di risposta di piano” che rappresentano un modello per la valutazione dell'azione sismica in un determinato punto della struttura.

L'accelerazione del piano i-mo relativo al modo j-mo è fornita dalla seguente formula :

$$S_{i,j} = \varphi_{i,j} * \Gamma_i * S_i(T)$$

dove :

S_i(T) ordinata dello spettro relativo al modo i-mo

T periodo oscillazione edificio

Γ_i fattore di partecipazione modale relativo al modo i-mo

definito dalla relazione :

$$\Gamma_i = (\varphi_I^T * M \tau) / (\varphi_I^T * M \tau * \varphi_I)$$

Il vettore τ è il vettore di trascinamento corrispondente alla direzione del sisma considerata ; il vettore φ_I è la forma modale del modo i-mo normalizzata al valore massimo; La matrice M è la matrice di massa del sistema.

La accelerazione sul singolo elemento non strutturale è fornita dalla seguente formula

$$S_a = S_{i,j} * R$$

dove R è un fattore di amplificazione funzione del periodo T_a dell'elemento del fattore di smorzamento ξ_a dell'elemento e del periodo T_a relativo al modo i-mo dell'edificio.

$$R = [(2 \cdot \xi_a \cdot T_a / T_i)^2 + (1 - (T_a / T_i)^2)]^{-\beta}$$

β variabile tra 0,4 e 0,5

Il fattore di comportamento è definito nella seguente tabella come da normativa

Elemento non strutturale	q_a
Parapetti o decorazioni aggettanti	1
Insegne e pannelli pubblicitari	1
Comignoli antenne e serbatoi $> 1/2 \cdot H$	1
Pareti interne ed esterne	2
Tramezzature e facciate	2
Comignoli antenne e serbatoi $< 1/2 \cdot H$	2
Elementi di ancoraggio per controsoffitti e corpi illuminanti	2
Elementi di ancoraggio per armadi e librerie permanenti	2

Vi è una formulazione semplificata adottata per edifici con struttura intelaiata nella ipotesi che l'accelerazione vari linearmente con l'altezza

$$S_a = \begin{cases} \alpha \cdot S \cdot (1 + Z/H) \cdot a_p / [(1 + (a_p - 1) \cdot (1 - T_a / (a \cdot T_1))^2)] \geq \alpha \cdot S & \text{per } T_a < a \cdot T_1 \\ \alpha \cdot S \cdot (1 + Z/H) \cdot a_p & \text{per } a \cdot T_1 < T_a < b \cdot T_1 \\ \alpha \cdot S \cdot (1 + Z/H) \cdot a_p / [(1 + (a_p - 1) \cdot (1 - T_a / (a \cdot T_1))^2)] \geq \alpha \cdot S & \text{per } T_a > b \cdot T_1 \end{cases}$$

S coefficiente che tiene conto della categoria del sottosuolo e delle condizioni topografiche

α rapporto tra accelerazione max a_g su terreno di tipo A e accelerazione di gravità g

T_a periodo fondamentale di vibrazione elemento non strutturale

T_1 periodo fondamentale di vibrazione della costruzione nella direzione considerata

Z quota del baricentro dell'elemento non strutturale

H altezza della costruzione a partire dal piano di fondazione

a , b , ed a_p sono definiti nella seguente tabella in accordo con il periodo di vibrazione della costruzione

Tabella C7.2.II- Parametri a , b , a_p in accordo con il periodo di vibrazione della costruzione T_1 .

	a	b	a_p
$T_1 < 0,5 \text{ s}$	0,8	1,4	5,0
$0,5 \text{ s} < T_1 < 1,0 \text{ s}$	0,3	1,2	4,0
$T_1 > 1,0 \text{ s}$	0,3	1,0	2,5



Stabilita la altezza del comignolo , lo schema statico di mensola incastrata alla base sul tetto possiamo individuare il periodo fondamentale di vibrazione

$$T_A = 1,787 * L^2 * [M/EI]^{1/2} \quad \text{periodo di vibrazione per determinare } S_a$$

M massa per unità di lunghezza

E modulo di elasticità normale

I inerzia sezione rettangolare (cava)

La forza sismica orizzontale , concentrata in sommità o per unità di lunghezza

$$F_a = (S_a * W_a) / Q_a$$

$$Q_a = 1 \quad W_a \text{ peso sismico}$$

$$S_a \quad \left| \begin{array}{ll} \alpha * S * (1 + Z/H) * a p / [(1 + (a p - 1) * (1 - T_a / (a * T_1))^2] \geq \alpha * S & \text{per } T_a < a * T_1 \\ \alpha * S * (1 + Z/H) * a p & \text{per } a * T_1 < T_a < b * T_1 \\ \alpha * S * (1 + Z/H) * a p / [(1 + (a p - 1) * (1 - T_a / (a * T_1))^2] \geq \alpha * S & \text{per } T_a > b * T_1 \end{array} \right.$$

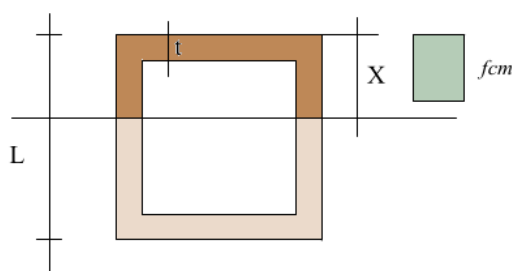
Note le sollecitazioni

$$P = W \quad \text{sforzo normale}$$

$$V = F_a * H \quad \text{forza di taglio alla base}$$

$$M = F_a * H^2 / 2 \quad \text{momento flettente}$$

Le verifiche da eseguire sono a pressoflessione considerando una sezione cava simmetrica di lato L e spessore t



$$P = L * t * 0,85 * f_{cm} + 2 * x * t * 0,85 * f_{cm}$$

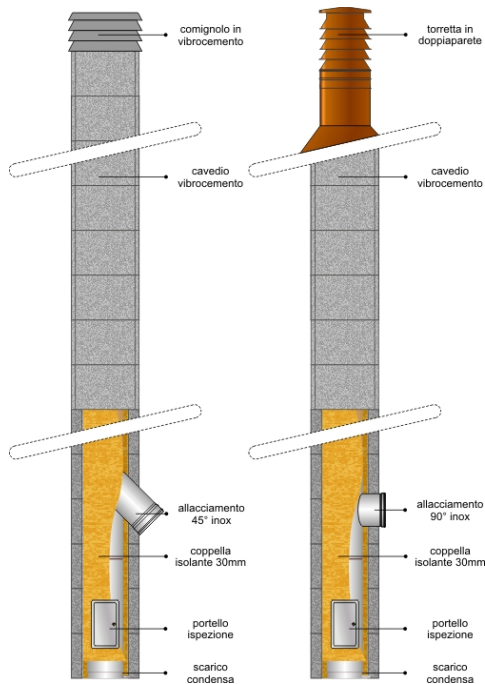
$$x = [P - L * t * 0,85 * f_{cm}] / (2 * t * 0,85 * f_{cm})$$

$$M_{rd} = L * t * 0,85 * f_{cm} * (x - t/2) + x^2 * t * 0,85 * f_{cm} > M_{sd}$$

La verifica a taglio

$$V_{rd} = (L * t + 2 * t * x) * f_{vk} > V_{sd}$$

Il comignolo è un prolungamento della canna fumaria

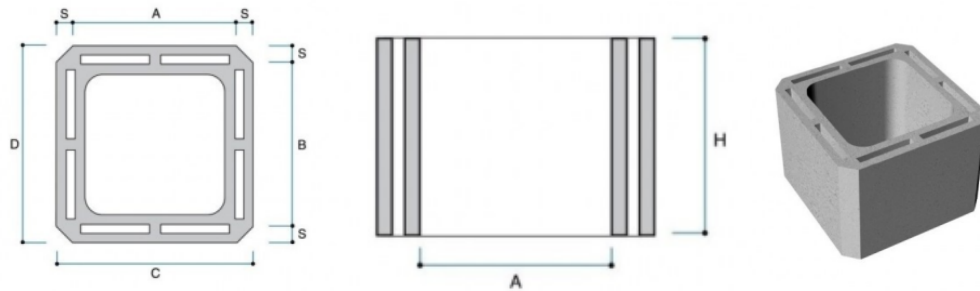


Sono verifiche superflue che assumono una loro rilevanza strutturale e di sicurezza antincendio per canne fumarie esterne anche di stabilimenti industriali sollecitate anche da azioni del vento.

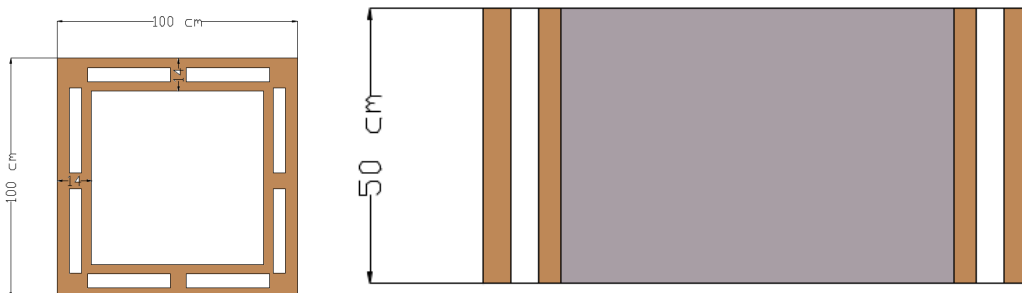


Eseguiamo la verifica di una torre fumaria in calcestruzzo esterna ma non agganciata al nostro edificio di 6 piani avente altezza 20 m.

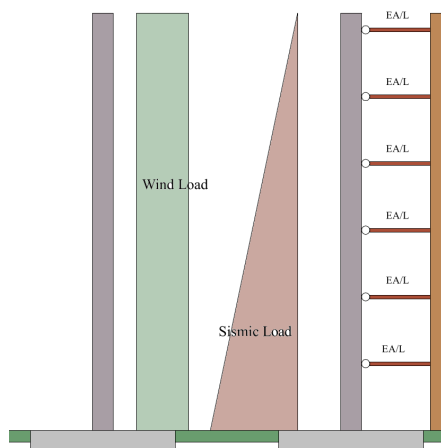
La verifica strutturale di una canna fumaria meglio definita come torre ciminiera è per azioni orizzontali statiche dovute all'azione del vento e azioni inerziali dinamiche dovute al terremoto; va inoltre eseguita una verifica di stabilità dell'equilibrio per cedimenti rotazionali del piano di posa con possibile ribaltamento della torre. Le canne fumarie esterne vengono realizzate attraverso la sovrapposizione di blocchi in cls prefabbricati



La max dimensione D è pari a 50 cm, il blocco in cls leggero si adatta a condotti fumari di modesta altezza; una progettazione corretta deve prevedere un blocco di dimensioni maggiori con possibile alloggiamento di armature metalliche e malta nei fori, ovvero il doppio del precedente $D = 100$ cm e $s = 10$ cm spessore delle intercape-dini laterali, $H = 50$ cm. Le armature evitano lo scorrimento dei blocchi bilanciato dalla sola resistenza a taglio $f_{VK} = f_{VK0} + 0,4 \cdot \sigma_N$



Per una torre fumaria alta 20 m esterna al nostro edificio e non vincolata ad esso, lo schema statico è quello di mensola incastrata alla base, possiamo introdurre collegamenti ai piani in corrispondenza dei solai, quali elementi in acciaio di rigidezza EA/L



Il secondo schema statico conferisce una maggiore stabilità alla canna fumaria , la tutela dal ribaltamento per azioni orizzontali riducendo la flessione alla base; possiamo eseguire due modellazioni:

-Trave monodimensionale sezione rettangolare cava

*-Nucleo rettangolare con elementi **Plate-Shell***

I carichi orizzontali sulla canna fumaria sono immediati:

Wind Load La pressione cinetica :

$Q_r = 1/2 * \rho * V_r^2$ ρ densità dell'aria pari a 1,25kg/mc Q_r è espresso in N/mq

La velocità del vento $V_r = 27\text{m/sec}$ $Q_r = 46\text{ daN/mq}$

La pressione statica

$$P = Q_r * C_e * C_p * C_d$$

C_e coefficiente di esposizione

C_p coefficiente di pressione $C_p = 1$ sopravvento; $C_p = 0,5$ sottovento

C_d coefficiente dinamico = 1

Il coefficiente di esposizione

$$C_e(z) = K_r^2 * C_t * \ln(Z/Z_0) * [7 + C_t * \ln(Z/Z_0)] = 2,60$$

Tab. 3.3.II - Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Categoria di esposizione del sito	K_r	z_0 [m]	z_{min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

$$Z = 20\text{ m} > Z_{min} = 5\text{ m} \quad Z_0 = 0,10\text{ m} \quad K_r = 0,20 \quad C_t = 1$$

La pressione statica $P = 119,6\text{ daN/mq} \approx 120\text{ daN/mq}$

Per il coefficiente di pressione si fa riferimento alle norme francesi

$C_p = 1$ sopravvento; $C_p = 0,5$ sottovento *Francia*

$C_p = 0,8$ sopravvento; $C_p = 0,4$ sottovento *Italia*

Il peso del blocco 564 kg/ml

Area 3136 cm ; peso specifico cls leggero 1800 kg/mc

Peso sismico $W = 570 \text{ kg/ml}$ massa sismica distribuita

La forza sismica orizzontale totale $F = W \cdot S_d(T) \cdot \lambda / g$

La distribuzione triangolare della forza sismica $F(z) = F \cdot W(z) \cdot z / (\int z \cdot W(z) dz)$

$W(z)$ è costante $F(z) = 2 \cdot F \cdot z / H^2$ $F(z) = 2F/H \cdot z/H$

$F = W \cdot S_d(T) \cdot \lambda / g$ W peso sismico totale 11400 kg

Il periodo fondamentale di oscillazione di una mensola

$T = 2 \cdot \pi / \omega = 2 \cdot \pi / 3,5160 \cdot L^2 \cdot \sqrt{(W/EI)} = 1.787 \cdot L^2 \cdot \sqrt{(W/EI)} = 9,32 \text{ sec}$

$E = 1000 \cdot f_k = 55000 \text{ daN/cm}^2$; $G = 0,4 \cdot E = 22000 \text{ daN/cm}^2$

$I = 6093845 \text{ cm}^4$

La accelerazione nel comune di Castel di Sangro

Parametri di pericolosità sismica			
	a_g (g/10)	F_0 (adim)	T_C^* (sec)
SLD	0.76281872	2.36183821	0.28000000
SLD	1.00236806	2.33241531	0.28303510
SLV	2.63146244	2.31480297	0.35000000
SLC	3.36711969	2.35631747	0.37000000

$T_D = 2,67 \text{ sec} \leq T$ $Se(T) = A_g \cdot S^* \cdot \eta \cdot F_0 \cdot (T_C \cdot T_D / T^2)$

$T_C = (T_C^*) \cdot C_C = 0,4725$ $\eta = [10 / (5 + \zeta)]^{1/2} \geq 0,91$; $S = 1,25$

C_C è un coefficiente che tiene conto della categoria del terreno

Tab. 3.2.IV - Espressioni di S_s e di C_C

Categoria sottosuolo	S_s	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$

$T_B = T_C / 3$; $T_D = 4 \cdot A_g / g + 1,6 = 2,67 \text{ sec}$

$Se(T) = A_g \cdot S^* \cdot \eta \cdot F_0 \cdot (T_C \cdot T_D / T^2) = 0,09 \text{ m/sec}^2$

Il fattore di struttura $q = 1,5$ per strutture a mensola

$$F = W * S_d(T) * \lambda / g = 570 * 20 * 0,09 / 1,5 = 684 \text{ N} = 70 \text{ daN}$$

La forza sismica è inesistente poiché il periodo di oscillazione è elevato $T = 9,32 \text{ sec}$

La torre fumaria va verificata per sole azioni del vento carico costante

$$P = 11400 \text{ daN} ; V = 3600 \text{ daN} ; M = 36000 \text{ daN} * m$$

$$\text{La max freccia per effetto del vento } f = Q * H^4 / (8EI) = 10 \text{ cm} > f = H / 250 = 8 \text{ cm}$$

Utilizziamo un modulo elastico più elevato

$$E = 1000 * f_k = 70000 \text{ daN/cm}^2 ; G = 28000 \text{ daN/cm}^2$$

$$f = Q * H^4 / (8EI) + 6/5 * V * H / (G * A) = 8,53 \text{ cm} > f = H / 250 = 8 \text{ cm}$$

Utilizziamo le norme italiane sul vento

$$C_p = 0,8 \text{ sopravvento}; \quad C_p = 0,4 \text{ sottovento}$$

$$f = Q * H^4 / (8EI) + 6/5 * V * H / (G * A) = 6,85 \text{ cm} < f = H / 250 = 8 \text{ cm}$$

Tabella 3.2. Intervalli indicativi dei valori del drift e della resistenza residua per i diversi stati di danno.

danno	Drift (%)			Resistenza residua	
	3	4	5	3→4	4→5
pressoflessione	0.4 ÷ 0.8	0.8 ÷ 1.2	1.2 ÷ 1.8	1.0	0.8 ÷ 0.9
taglio	0.25 ÷ 0.4	0.4 ÷ 0.6	0.6 ÷ 0.9	0.6 ÷ 0.8	0.25 ÷ 0.6

$$\text{Le verifiche sono immediate} \quad \tau = 1,5 * V / A = 1,72 \text{ daN/cm}^2$$

La verifica a taglio considera il contributo della sezione compressa e della armatura tesa

$$V_{rd} = f_{vd} * x * t + n * A_s * f_{yd} / \sqrt{3} \quad V_{rd} < 0,3 * f_{cd} * x * t$$

f_{cd} resistenza a compressione muratura armata

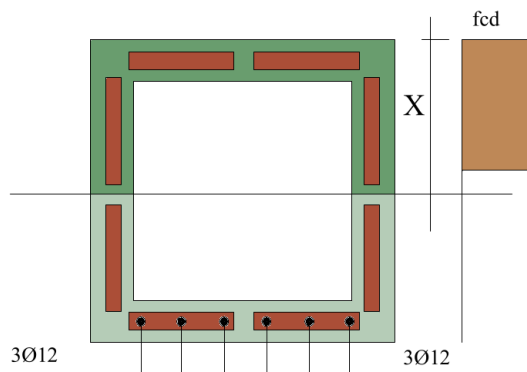
$$\text{la resistenza a taglio della muratura } f_{vd} = f_{vo} + 0,4 * P / A$$

n numero di aree di ferro (non è un coefficiente di omogeneizzazione)

I valori della resistenza a taglio della muratura (blocchi di cls)

$$f_{vd} = 2 + 0,4 * P / A = 3,45 \text{ daN/cm}^2$$

La verifica a pressoflessione per muratura armata



Ipotesi di rottura del blocco con max deformazione $\varepsilon_U = 0,0035$

Ipotizziamo per l'acciaio teso $\varepsilon_S > f_{yd}/E = 4500/(1,15 \cdot 2100000) = 0,0118$

L'equilibrio alla traslazione impone $P = 0,85 \cdot f_{cd} \cdot t \cdot 0,8 \cdot x$

$$X = P/[0,85 \cdot f_{cd} \cdot t \cdot 0,8] = 46,56 \text{ cm} \quad t = 14 - 6 = 8 \text{ cm}$$

$$f_{cd} = f_k/1,5 = 45 \text{ daN/cm}^2$$

Armatura longitudinale

$$A_S = (M - 0,85 \cdot f_{cd} \cdot t \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot X)/(86 \cdot f_{yd}) = 9,75 \text{ cm}^2 = 6 \Phi 14 + 2 \Phi 12$$

Il momento resistente della sezione $M_{RD} = 37653 \text{ daN} \cdot \text{m} > M_{SD} = 36000 \text{ daN} \cdot \text{m}$

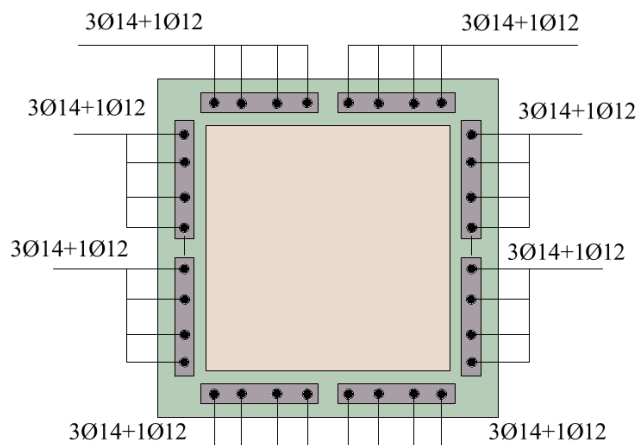
Le armature calcolate sono solo quelle alla base della canna fumaria variano con l'altezza poichè diminuisce la flessione occorrono verifiche per sezioni intermedie ; il momento flettente varia con legge lineare

$$Z = 0 \quad A_S = 4 \cdot [6 \Phi 14 + 2 \Phi 12] = 45,92 \text{ cm}^2$$

$$Z = H/4 \quad A_S = 34,44 \text{ cm}^2$$

$$Z = H/2 \quad A_S = 22,96 \text{ cm}^2$$

$$Z = 3H/4 \quad A_S = 11,48 \text{ cm}^2$$



La verifica a taglio

$$V_{rd} = f_{vd} * x * t + n * A_s * f_{yd} / \sqrt{3} = 2570 + 208920 = 211490 \text{ daN (armatura esuberante)}$$

$$V_{rd} < 0,3 * f_{cd} * x * t$$

-Velocità critica del vento

La risposta trasversale al vento del camino si verifica principalmente a causa del distacco di vortici e delle forze dipendenti dalla velocità. L'analisi trasversale al vento del camino è richiesta solo se le velocità critiche del vento per qualsiasi modalità di oscillazione sono inferiori alla velocità media del vento di progetto. La velocità critica del vento V_{cri} , per il distacco di vortici nell'i-esima modalità di vibrazione è data da

$$V_{CRI} = f_i * d / S_m \quad D \text{ diametro} < H/3$$

$$f_i = 1/T_i \text{ frequenza di vibrazione per il modo } i\text{-mo} ; S_N = 0,2$$

La analisi modale della canna fumaria viene eseguita tenendo conto solo della massa discretizzando la torre in n conci di altezza Δz adatta anche per sezione variabile, determinando la matrice di rigidezza associata alla mensola le n pulsazioni ω e i periodi corrispondenti. Per i moduli elastici si fa riferimento a quelli del materiale costituente la canna fumaria quali calcestruzzo, muratura armata acciai ect

La azione del vento si compone di due aliquote:

F_{ZM} carico da vento dovuto all'altezza z

F_{ZF} carico da vento dovuto alla componente fluttuante del vento all'altezza z

Le NTC 2018 definiscono tali azioni come

F_{ZM} risultante pressione statica

$$P = Q_r * C_e * C_p * C_d$$

C_e coefficiente di esposizione

C_p coefficiente di pressione

$C_p = 1$ sopravvento; $C_p = 0,5$ sottovento

C_d coefficiente dinamico = 1

Il coefficiente di esposizione

$$C_e(z) = K_r^2 * C_t * \ln(Z/Z_0) * [7 + C_t * \ln(Z/Z_0)]$$

F_{ZF} risultante azione tangente del vento

$$P_f = Q_r * C_e * C_f$$

C_e coefficiente di esposizione

C_f coefficiente di attrito

$$F_{ZM} = P * d;$$

$$F_{ZF} = 3 * (G - 1) / H^2 * (z / H) * \int F_{ZM} * z dz$$

Dove G è un parametro che tiene conto della altezza della canna fumaria

$$G = 1 + g_f * r * [\beta + S * E / \beta]^{1/2}$$

La forza F_Z ed il momento M_Z a una certa altezza z è dato dalle seguenti espressioni per condotto di evacuazione circolare

$$F_Z = 4 * \pi^2 * f_i^2 * \eta_{oi} * \int m_z * \varphi_{zi} * dz$$

$$M_Z = 4 * \pi^2 * f_i^2 * \eta_{oi} * \int m_z * \varphi_{zi} * (Z - Z_o) * dz$$

Frequenza modo i -mo f_i

m_z massa per unità di lunghezza del condotto fumario

φ_{zi} forme modali

La risposta modale corrispondente alla velocità critica del vento può essere calcolata con la formula

$$\eta_{oi} = \frac{1.25 \bar{C}_L d \varphi_{hi} \rho_a d^2 \sqrt{\{\sqrt{(\pi L)} / 2(\cap + 2)\}}}{\pi^2 S_n^2 m_{ei}} \left[\frac{1}{h} \int_0^h \varphi_{zi}^2 dz \right]^{1/2} (\beta - k_a \rho_a d^2 / m_{ei})^{1/2}$$

La massa equivalente

$$M_{EI} = \int m_z * \varphi_{zi}^2 * dz / \int \varphi_{zi}^2 * dz$$

4- I requisiti delle stufe e dei camini

Consideriamo camini singoli al servizio di generatori di calore con potenza $< 35\text{Kw}$

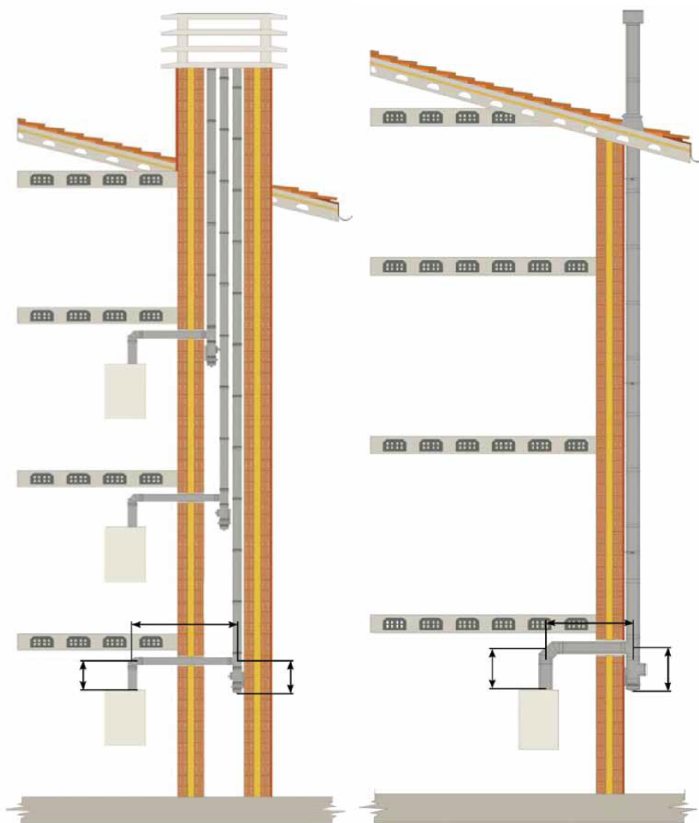
Il canale da fumo deve essere di materiale conforme alle normative europee deve essere nello stesso ambiente in cui è installato l'apparecchio o al massimo nel locale adiacente, deve essere smontabile ispezionabile e installato in modo da consentire le normali dilatazioni termiche. Avere la presa di controllo dei fumi nel caso di caldaie o caldaie combinate (riscaldamento + acqua sanitaria) deve essere fissato alla canna fumaria e non sporgere all'interno di essa con un diametro non minore di quello del tubo di scarico dell'apparecchio senza dispositivi di intercettazione (serrande valvole) e non deve essere allacciato al canale da fumo dell'apparecchio lo scarico dei vapori delle cappe.

Canali da fumo con apparecchi di scarico verticale

Deve avere pendenza minimo del 5% non deve avere lunghezza maggiore di $\frac{1}{4}$ dell'altezza efficace della canna fumaria e comunque non maggiore di 2500 mm con al massimo 3 cambiamenti di direzione (massimo 2 curve + allacciamento alla canna fumaria) e con tratto verticale non minore di due diametri.

Canali da fumo con apparecchi di scarico orizzontale

Deve avere pendenza minimo del 5% con al massimo 2 cambiamenti di direzione (massimo 1 curva + allacciamento alla canna fumaria) e lunghezza non maggiore di $\frac{1}{4}$ dell'altezza efficace della canna fumaria e comunque non maggiore di 1500 mm.

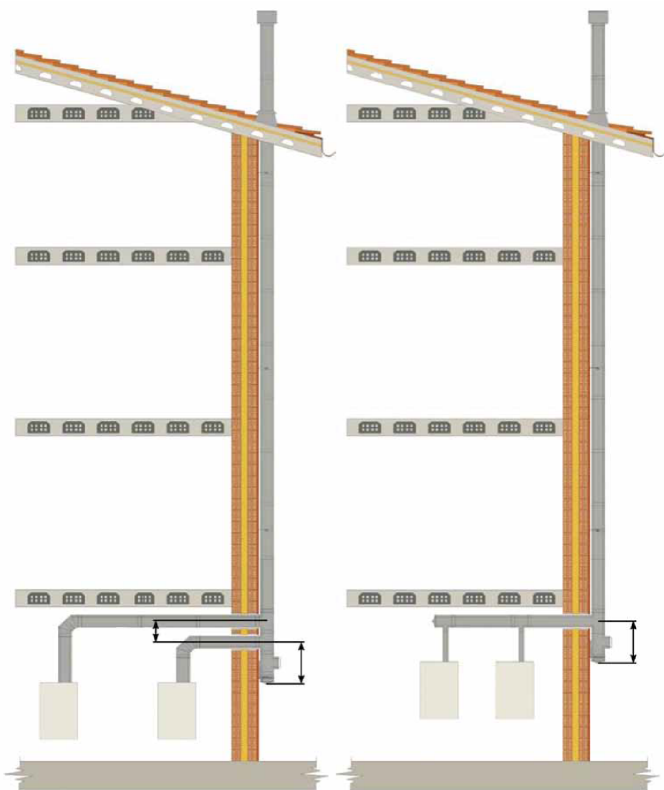


Collettori di scarico per apparecchi di tipo B

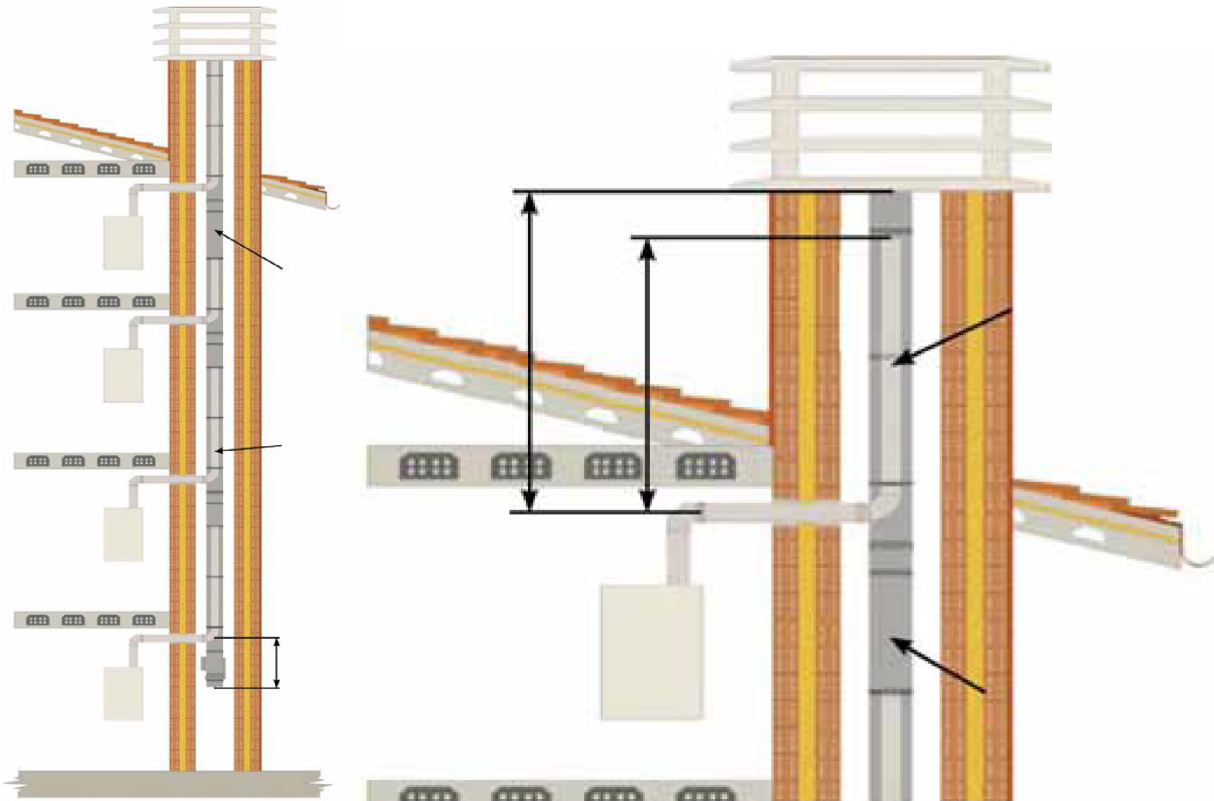
È consentito allacciare al massimo due apparecchi posizionati all'interno dello stesso locale, collegando i due generatori tramite un collettore o tramite due raccordi a tee uno sopra l'altro, nella canna fumaria, ad una distanza minima di 250 mm tra gli assi orizzontali dei due tee. I due apparecchi collegati devono avere una differenza di portata termica non maggiore del 30% rispetto all'apparecchio con portata termica maggiore. Non è consentito collegare apparecchi non simili tra loro. Questo tipo di soluzione deve comunque rispettare i requisiti generali citati prima.

Canna fumaria

Deve essere di materiale conforme alle normative europee per la certificazione CE dei materiali deve avere andamento prevalentemente verticale ed essere priva di qualsiasi strozzatura. Non deve avere più di due cambiamenti di direzione con inclinazione massimo di 30° o di 45°, in questo caso è necessario fare una verifica del corretto funzionamento. Deve essere presente alla base una camera di raccolta con tappo d'ispezione a tenuta d'aria e di uno scarico condensa di altezza pari ad almeno 500 mm. Deve avere sezione interna circolare, quadrata o rettangolare. In questi ultimi due casi gli angoli devono essere arrotondati con raggio non minore di 20 mm. Sezioni idraulicamente equivalenti sono ammesse purché il rapporto tra il lato maggiore e quello minore del rettangolo, circoscritto alla sezione stessa, non sia maggiore di 1,5. Deve essere priva di mezzi meccanici di aspirazione, tuttavia è consentito l'utilizzo di tali mezzi purché questi anche in caso di mal funzionamento consentano l'evacuazione all'esterno dei prodotti della combustione. In caso di intubaggio il cavedio o vano tecnico utilizzato deve essere ad uso esclusivo del sistema. Deve essere dotata di un libretto, riportante le modalità di installazione, d'uso e manutenzione forniti dal costruttore.



Canna fumaria collettiva ramificata



Le canne fumarie devono essere funzionanti in depressione. L'impianto di scarico fumi completo deve essere fornito ed installato nel rispetto delle normative vigenti emanate dagli organismi di normalizzazione ed essere realizzato alla regola d'arte

Le C.C.R. costituiscono un "SISTEMA UNICO" per l'evacuazione dei fumi provenienti da più apparecchi ad esse collegate. Eventuali sostituzioni di apparecchi, componenti o modifiche al sistema possono alterare le condizioni di funzionamento e comportare pericolo per gli utenti del sistema stesso.

Canna fumaria

Deve essere di materiale conforme alle normative europee essere a tenuta dei prodotti della combustione, delle condense e termicamente isolata, realizzata con materiali adatti a resistere nel tempo alle normali sollecitazioni meccaniche, al calore ed all'azione dei prodotti della combustione ed alle loro eventuali condense con andamento verticale ed essere priva di strozzature lungo la sua lunghezza, ed essere adeguatamente coibentata per evitare i fenomeni di congelamento e di condensa. Deve essere correttamente distanziata mediante intercapedine d'aria o da isolanti da materiali infiammabili sia per il condotto secondario che per quello primario, deve avere sezione interna circolare, quadrata o rettangolare. In questi ultimi due casi gli angoli devono essere arrotondati con raggio non minore di 20 mm. Sezioni idraulicamente equivalenti sono ammesse purché il rapporto tra il lato maggiore e quello minore del rettangolo, circoscritto alla sezione stessa, non sia maggiore di 1,5. Deve essere priva di qualsiasi mezzo di aspirazione ausiliario e mandata posto in corrispondenza delle immissioni ai vari piani. Ai condotti secondari devono essere collegati solo apparecchi simili tra loro e devono avere una differenza di portata termica non maggiore del 30% rispetto all'apparecchio con portata termica maggiore. Deve essere al-

lacciato un solo apparecchio per piano. Una canna fumaria collettiva ramificata può servire al massimo 6 piani (5+1) in quanto l'ultimo condotto secondario scarica direttamente in atmosfera tramite lo stesso comignolo senza immettersi nel condotto primario. In un sistema da 2 a 5 piani l'ultimo condotto secondario può immettersi nel primario ad una altezza non minore di 2 metri. L'altezza del tratto terminale non può mai essere inferiore a 3 m. Il condotto secondario deve avere per tutti i piani un'altezza almeno pari all'altezza di un piano ed entrare nel primario con un elemento deviatore con angolo di 135° rispetto alla verticale. Il diametro idraulico del secondario non deve mai essere inferiore a 120 mm e comunque con sezione non inferiore al diametro del primario. Alla base del condotto primario la canna fumaria collettiva ramificata deve avere una camera di ispezione con portello a tenuta d'aria di altezza minimo di 500 mm e deve essere previsto uno scarico condense alla base. Deve essere priva di mezzi meccanici di aspirazione, tuttavia è consentito l'utilizzo di tali mezzi purché questi anche in caso di mal funzionamento consentano l'evacuazione all'esterno dei prodotti della combustione. Nella canna fumaria collettiva ramificata non si deve verificare alcuna sovrappressione (solo all'accensione e per non più di 60 secondi è ammesso il funzionamento in pressione), deve essere dotata di un libretto, riportante le modalità di installazione, d'uso e manutenzione forniti dal costruttore, con copia del progetto allegato.

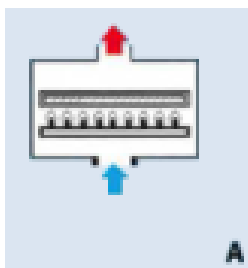
Canali da fumo

Deve essere di materiale conforme alle normative europee per la certificazione CE dei materiali posizionato nello stesso ambiente in cui è installato l'apparecchio o al massimo nel locale adiacente essere smontabile e ispezionabile installato in modo da consentire le normali dilatazioni termiche con presa di controllo dei fumi nel caso di caldaie o caldaie combinate (riscaldamento + acqua sanitaria) e fissato alla canna fumaria senza sporgere all'interno di essa con un diametro non minore di quello del tubo di scarico dell'apparecchio senza dispositivi di intercettazione (serrande o valvole) e allacciato al canale da fumo dell'apparecchio lo scarico dei vapori delle cappe. Valgono le stesse disposizioni aggiuntive previste per i canali da fumo di apparecchi con scarico verticale o orizzontale per i camini singoli

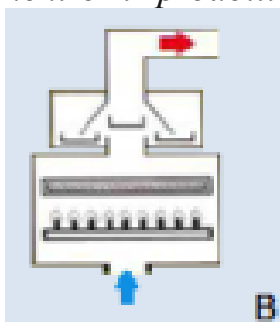
*Le canne fumarie descritte sono relative ad apparecchi di tipo B e potenza < 35Kw
Lo **scarico dei fumi** è direttamente e strettamente correlato alla tipologia di generatore a cui lo stesso è collegato. È pertanto fondamentale identificare in modo preliminare e preciso il tipo di generatore a cui lo stesso dovrà essere collegato.*

Le tipologie di generatori

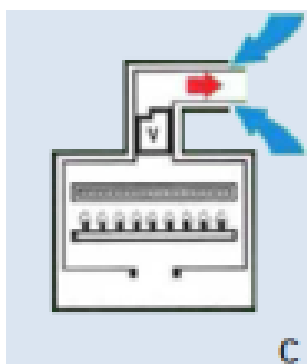
Generatore tipo A: *Apparecchio che non è collegato a un condotto o a un dispositivo di evacuazione dei prodotti della combustione. Tale generatore di calore preleva l'aria comburente dal locale in cui è installato, ed espelle nel il prodotto della combustione.*



Generatore di tipo B: Apparecchio collegato a un condotto di evacuazione dei prodotti della combustione (fumi) verso l'esterno del locale in cui il generatore è installato. Tale generatore di calore è comunemente detto **“caldaia a camera aperta”**: per la combustione utilizza l'aria presente nel locale in cui è installato (aria comburente), mentre i prodotti della combustione vengono scaricati all'esterno del locale.



Generatore di tipo C : Apparecchio nel quale il circuito di combustione (presa d'aria comburente, camera di combustione, scambiatore, evacuazione dei prodotti della combustione) è completamente isolato dal locale in cui il generatore è installato. Questo tipo di generatore di calore è comunemente detto **“caldaia a camera stagna”**: il prelievo dell'aria comburente e lo scarico dei fumi avvengono entrambi all'esterno del locale d'installazione.



Lo scarico dei fumi può avvenire inoltre in due modi distinti:

Tiraggio naturale : l'evacuazione dei prodotti della combustione avviene per la depressione determinata dal diverso peso specifico dell'aria atmosferica e dei fumi, fra la sezione d'ingresso dell'aria dell'apparecchio e la sezione di uscita dei prodotti della combustione.

Tiraggio forzato: l'evacuazione dei prodotti della combustione viene attivata a mezzo di un ventilatore parte integrante dell'apparecchio, posto a monte o a valle della camera di combustione.

Canali singoli al servizio di apparecchi di tipo C < 35KW

L'impianto di scarico fumi completo deve essere fornito ed installato nel rispetto delle normative vigenti emanate dagli organismi di normalizzazione ed essere realizzato alla regola d'arte .

Canna fumaria collettiva intubata

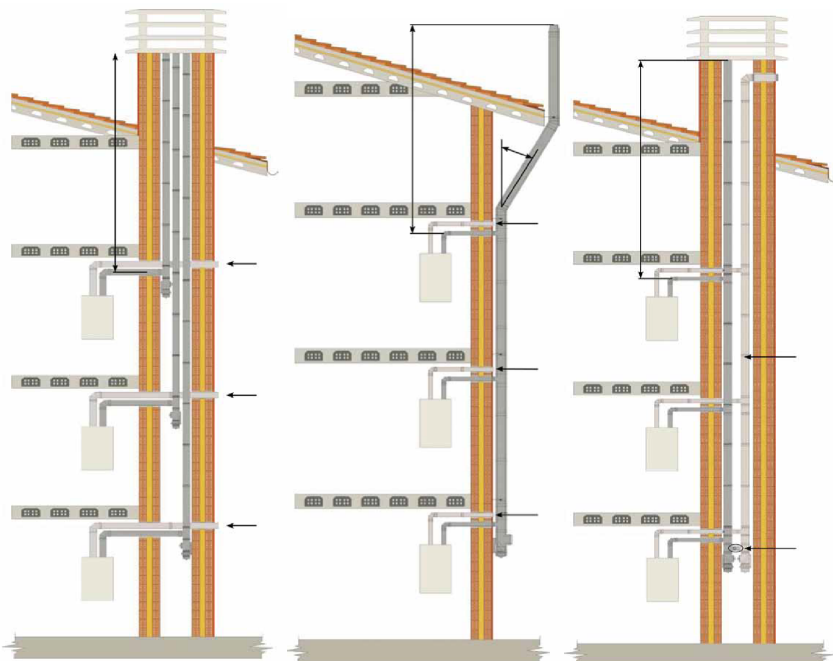
Deve essere di materiale conforme alle normative europee per la certificazione CE dei materiali deve essere dimensionata secondo il metodo di calcolo UNI EN 13384-1, avere una sezione interna circolare, quadrata o rettangolare. In questi ultimi due casi gli angoli devono essere arrotondati con raggio non minore di 20 mm con sezioni idraulicamente equivalenti sono ammesse purché il rapporto tra il lato maggiore e quello minore del rettangolo, circoscritto alla sezione stessa, non sia maggiore di 1,5. con un solo apparecchio allacciato per piano con un'altezza utile minima di 2 metri.

Ad andamento prevalentemente verticale ed essere priva di qualsiasi strozzatura e non deve avere più di due cambiamenti di direzione con inclinazione massimo di 30% o di 45%, in questo caso è necessario fare una verifica del corretto funzionamento.

Deve essere presente alla base una camera di raccolta con tappo d'ispezione a tenuta d'aria e fumo scarico condensa di altezza pari ad almeno 500 mm.

Devono avere i condotti combinati di aspirazione/scarico, se adiacenti o coassiali, stagni tra loro, con sezioni terminali al di fuori della zona di reflusso dei fumi, priva di mezzi meccanici di aspirazione, tuttavia è consentito l'utilizzo di tali mezzi purché questi anche in caso di mal funzionamento consentano l'evacuazione all'esterno dei prodotti della combustione. In caso di intubaggio il cavedio o vano tecnico utilizzato deve essere ad uso esclusivo del sistema, dotata di un libretto, riportante le modalità di installazione, d'uso e manutenzione forniti dal costruttore.

Collettiva intubata Collettiva esterna Collettivo combinato



Canna fumaria esterna collettiva

L'impianto di scarico fumi completo deve essere fornito ed installato nel rispetto delle normative vigenti emanate dagli organismi di normalizzazione ed essere realizzato alla regola d'arte. Le canne fumarie collettive costituiscono un "SISTEMA UNICO" per l'evacuazione dei fumi provenienti da più apparecchi ad esse collegate. Eventuali sostituzioni di apparecchi, componenti o modifiche al sistema possono alterare le condizioni di funzionamento e comportare pericoli per gli utenti del sistema stesso

Canna Fumaria

Deve essere di materiale conforme alle normative europee per la certificazione CE dimensionata secondo il metodo di calcolo UNI EN 13384-2 per impianti collettivi da 2 a 5 piani, mentre per i sistemi collettivi da 6, 7 e 8 piani si utilizza il metodo di calcolo UNI CIG 10641 con l'aggiunta dell'apertura di compensazione alla base della canna fumaria con sezione interna circolare, quadrata o rettangolare. In questi ultimi due casi gli angoli devono essere arrotondati con raggio non minore di 20 mm. Sezioni idraulicamente equivalenti sono ammesse purché il rapporto tra il lato maggiore e quello minore del rettangolo, circoscritto alla sezione stessa, non sia maggiore di 1,5 avere un solo apparecchio allacciato per piano, fino ad un massimo di 8 piani, a tale proposito si specifica che se si effettua il dimensionamento della canna fumaria secondo la norma UNI EN 13384-2 è ammesso allacciare fino a due apparecchi per piano per un massimo di 5 piani con un'altezza utile minima di 2 metri e andamento prevalentemente verticale ed essere priva di qualsiasi strozzatura. Non deve avere più di due cambiamenti di direzione con inclinazione massimo di 30% o di 45%, in questo caso è necessario fare una verifica del corretto funzionamento. Deve essere presente alla base una camera di raccolta con tappo d'ispezione a tenuta d'aria e uno scarico condensa di altezza pari ad almeno 500 mm con i condotti combinati di aspirazione/scarico, se adiacenti o coassiali, stagni tra loro, con sezioni terminali al di fuori della zona di reflusso dei fumi. Deve essere priva di mezzi meccanici di aspirazione, tuttavia è consentito l'utilizzo di tali mezzi purché questi anche in caso di mal funzionamento consentano l'evacuazione all'esterno dei prodotti della combustione. In caso di intubaggio il cavedio o vano tecnico utilizzato deve essere ad uso esclusivo del sistema. Ad una canna fumaria possono essere collegati da 1 a 8 apparecchi. Nel caso di 7 e 8 apparecchi deve essere prevista una apertura di compensazione alla base della canna fumaria posizionata sopra la camera di raccolta ad una quota non inferiore a 500 mm dal fondo del condotto. L'apertura di compensazione deve essere rivolta o collegata all'esterno e protetta da una griglia a maglie fitte ed avere al di sopra del primo allaccio e nel tratto terminale della canna fumaria un foro per il rilievo della temperatura e della pressione. Possono essere allacciati solo apparecchi di tipo C a camera stagna con ventilatore nel circuito di combustione con portate termiche nominali che non differiscano di oltre il 30% in meno rispetto la massima installabile ed alimentati dallo stesso combustibile dotata di un libretto, riportante le modalità di installazione, d'uso e manutenzione forniti dal costruttore progetto obbligatorio eseguito da un tecnico abilitato.

-Canne fumarie al servizio di generatori a legna

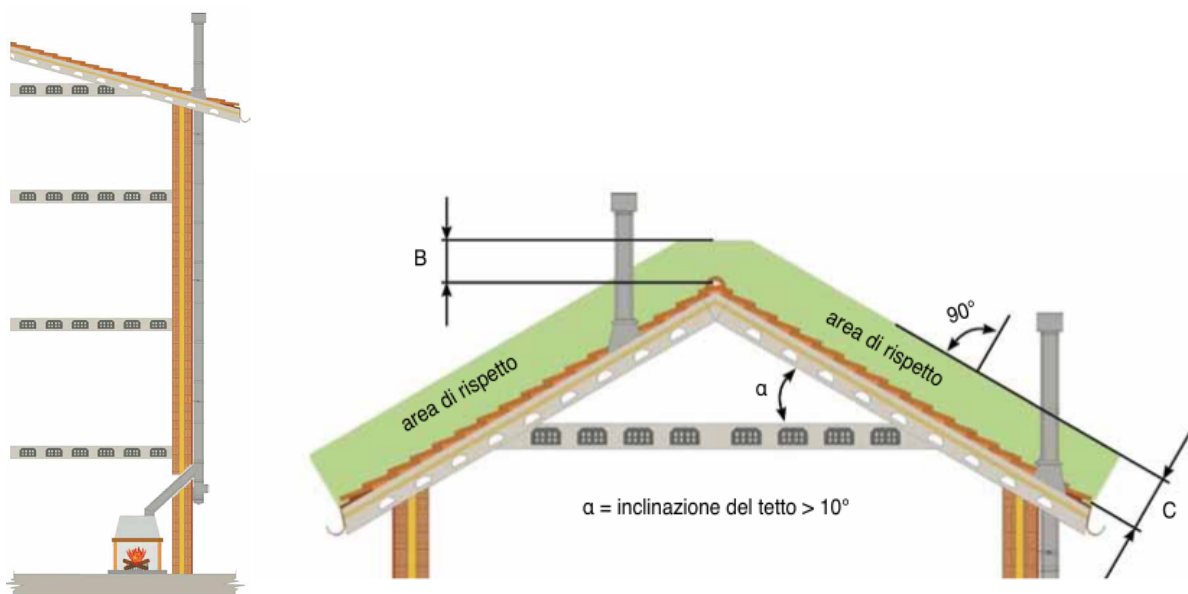
L'impianto di scarico fumi completo deve essere fornito ed installato nel rispetto delle normative vigenti emanate dagli organismi di normalizzazione ed essere realizzato alla regola d'arte .

Canna Fumaria

Deve essere di materiale conforme alle normative europee per la certificazione CE dei materiali per il dimensionamento degli impianti di questa tipologia si utilizza il metodo di calcolo della UNI EN 13384-1. deve essere a tenuta dei prodotti della combustione, delle condense e termicamente isolata, realizzata con materiali idonei per garantire la resistenza alle normali sollecitazioni meccaniche, chimiche, al calore e alle condense con materiali impiegati resistenti alla corrosione. Deve essere priva di strozzature lungo la sua lunghezza e correttamente distanziata mediante intercapedine d'aria o da isolanti da materiali infiammabili. I cambiamenti di direzione devono essere al massimo a 45°. È consigliata la presenza sotto l'imbocco del canale da fumo di una camera di raccolta con tappo d'ispezione a tenuta d'aria e di uno scarico condensa. Il comignolo deve avere una sezione utile di uscita almeno doppia a quella del camino e conformato in modo da non ostacolare il tiraggio e favorire la dispersione dei fumi. Sono vietati estrattori dinamici o meccanici.

Canale da fumo

È vietato l'utilizzo di tubi metallici flessibili. Per i caminetti dove si devono raggiungere scarichi a soffitto non coassiali con l'uscita fumi dell'apparecchio, i cambiamenti di direzione non dovranno essere superiori a 45°. Per il collegamento di stufe al camino si possono utilizzare al massimo 2 curve a 90° e lo sviluppo orizzontale non può superare i 2 metri lineari. I dispositivi di regolazione manuale di tiraggio non devono ostruire ermeticamente la sezione interna del condotto.

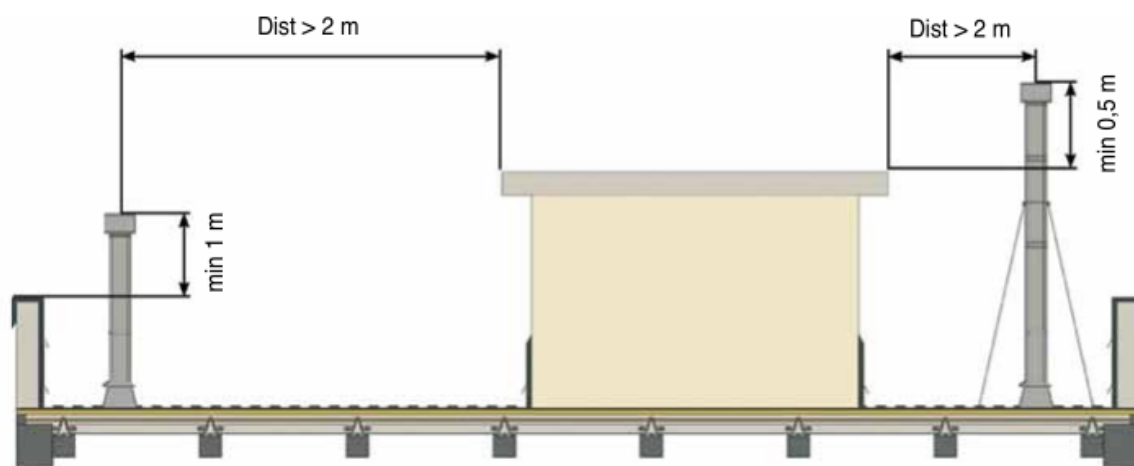


Quote di sbocco delle canne fumarie

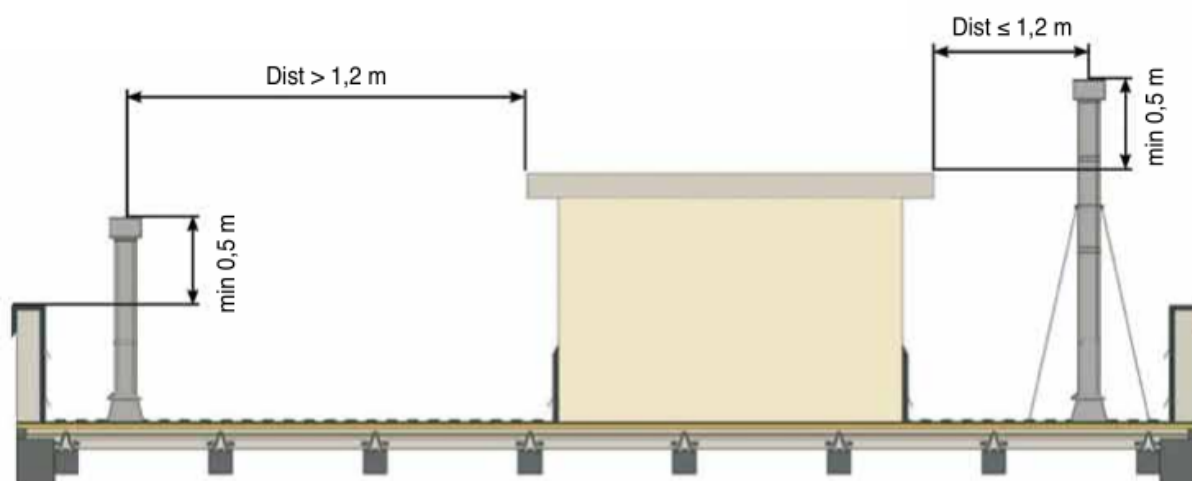
Tetti con pendenza > 10°

Simbolo	Descrizione	Area di rispetto		
		<i>Sistema fumario in depressione</i>	<i>Sistema fumario in pressione</i>	<i>Cappe Aspiranti</i>
<i>B</i>	<i>Altezza sopra il colmo del tetto</i>	<i>50 cm</i>	<i>50 cm</i>	<i>50 cm</i>
<i>C</i>	<i>Distanza misurata a 90° dalla superficie del tetto</i>	<i>130 cm</i>	<i>50 cm</i>	<i>50 cm</i>

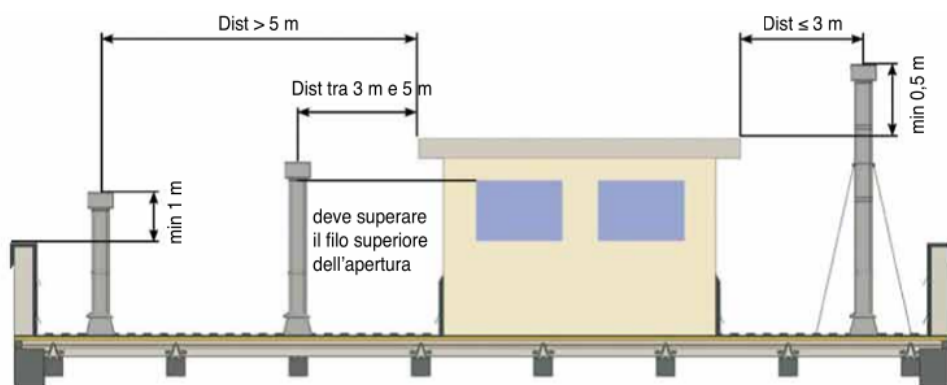
Tetti piani con ostacoli o edificio senza aperture :canne fumarie in depressione



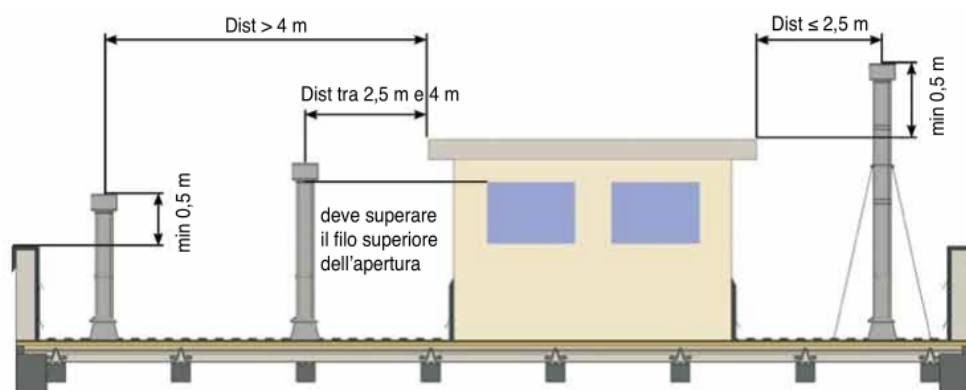
Tetti piani con ostacoli o edificio senza aperture :canne fumarie in pressione



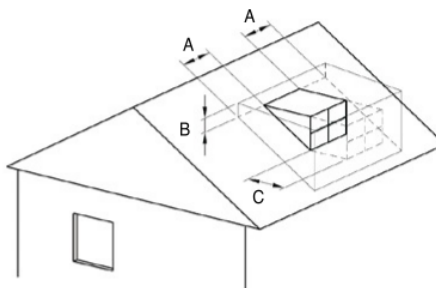
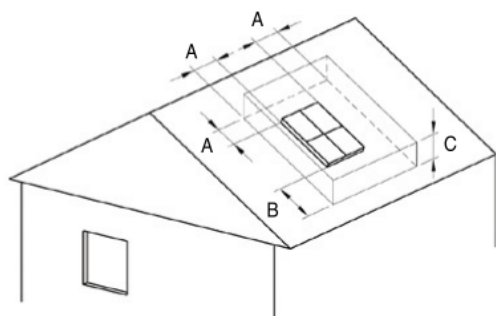
Tetti piani con ostacoli o edificio con aperture :canne fumarie in depressione



Tetti piani con ostacoli o edificio con aperture :canne fumarie in pressione



Quote di sbocco in prossimità di lucernai e abbaini



Lucernaio

<i>Simbolo</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Zone di rispetto</i>		
		<i>Sistema fumario in depressione</i>	<i>Sistema fumario in pressione</i>	<i>Cappe Aspiranti</i>
<i>A</i>	<i>Distanza dal filo superiore o laterale di aperture o finestre</i>	<i>100 cm</i>	<i>60 cm</i>	<i>60 cm</i>
<i>B</i>	<i>Distanza dal filo inferiore di aperture o finestre</i>	<i>300 cm</i>	<i>250 cm</i>	<i>250 cm</i>
<i>C</i>	<i>Altezza sopra aperture o sotto finestre</i>	<i>100 cm</i>	<i>100 cm</i>	<i>100 cm</i>

Abbaino

Simbolo	Descrizione	Zone di rispetto		
		<i>Sistema fumario in depressione</i>	<i>Sistema fumario in pressione</i>	<i>Cappe Aspiranti</i>
<i>A</i>	<i>Distanza laterale da abbaino</i>	<i>150 cm</i>	<i>60 cm</i>	<i>60 cm</i>
<i>B</i>	<i>Altezza sopra il colmo della struttura dell'abbaino</i>	<i>100 cm</i>	<i>60 cm</i>	<i>60 cm</i>
<i>C</i>	<i>Distanza frontale da abbaino</i>	<i>300 cm</i>	<i>250 cm</i>	<i>250 cm</i>

Generatori di calore

Eseguiamo la distinzione base al combustibile utilizzato

-Biomassa

-Gas metano

-Idrogeno

I generatori di calore a biomassa (Legna -Pellet- Combustibile solido) rientrano nelle seguenti categorie :

Categorie di apparecchi	Norma di riferimento dell'apparecchio	Apertura a percentuale calcolato sulla sezione raccordo fumi del generatore	Valore minimo netto dell'apertura di ventilazione
A focolare chiuso	UNI EN 13229	50%	200 cm²
A focolare aperto	UNI EN 13229	50%	200 cm²
Stufe	UNI EN 13240	50%	100 cm²
Stufe ad accumulo	UNI EN 15250	50%	100 cm²
Termo cucine	UNI EN 12815	50%	100 cm²
Caldaie	UNI EN 303-5	50%	100 cm²
Stufe a pellet	UNI EN 14785		80 cm²

Per essi il rischio di incendio è elevato , vi sono in commercio termostufe e termocamini dal design accattivante , dove la fiamma è completamente isolata dall'ambiente della nostra stanza, e fanno parte integrante di un impianto di riscaldamento a pavimento a parete con corpi scaldanti . Per essi sono prescritti camini ad andamento verticale con al massimo due deviazioni di 45° ; nel camino sono vietate ostruzioni, devono sempre funzionare in depressione e ogni generatore ha la sua canna fumaria indipendente , non sono ammesse cane fumarie collettive

Il termocamino:

detto anche ***caminetto*** con scambiatore acqua, è quello di riscaldare gli ambienti di un'abitazione e, allo stesso tempo, mettere a disposizione acqua calda per i termosifoni, per l'impianto a pavimento. Inoltre, alcune tipologie di **termocamini** possono essere anche utilizzati per riscaldare l'acqua destinata al bagno e alla cucina. Si tratta di impianti efficienti e dall'alto contenuto tecnologico, ideali per fornire acqua calda alla propria casa servendosi soltanto di energia pulita tramite la combustione di **legna da ardere** e/o pellet. Il **termocamino** è formato da una parte esterna e una interna, incassata e non visibile. La parte esterna è composta da sportelli in vetro termico resistenti a uno shock termico fino a 800° e dal rivestimento, facilmente adattabile ai più diversi stili di arredamento della vostra abitazione (i più gettonati sono i rivestimenti in maiolica e in acciaio). La parte interna è composta dalla camera di combustione e dal cassetto di carico se si sceglie il **pellet** come combustibile. Per quanto riguarda l'installazione del **termocamino**, è possibile scegliere tra tre diversi tipi di inserto: a vetro frontale, bifacciale e angolare.

La potenza termica risultante dalla fase di combustione ha un duplice ruolo: da un lato è finalizzata a riscaldare l'ambiente in cui il **termocamino** è stato installato, garantendo così l'effetto di un vero e proprio **camino** senza disperdere calore grazie allo sportello di vetro termico; la restante potenza termica è invece canalizzata a fornire acqua calda ai radiatori degli altri ambienti domestici o è distribuita nei pannelli radianti del pavimento, nel caso ci si serva di un riscaldamento a pavimento. Allo stesso tempo, alcune tipologie di **termocamini** provvedono anche a riscaldare l'acqua sanitaria dell'intera abitazione: in questo modo l'acqua può sempre essere a disposizione alla temperatura desiderata. Inoltre, il **termocamino** può essere facilmente collegato anche a impianti di riscaldamento già esistenti oppure essere integrato con pannelli solari, caldaie murali a gas e altro, così da poter usufruire di un sistema di **impianti di riscaldamento** di ultima generazione e ricavarne un consistente risparmio sulle bollette. Una caratteristica importante da tenere in considerazione in fase di acquisto di un **termocamino** è la suddivisione della potenza: quanto più alta sarà la percentuale di energia trasmessa all'acqua, tanto più efficiente sarà il rendimento del vostro **termocamino**. In questo modo avrete sempre a disposizione la quantità necessaria di acqua calda per ogni esigenza domestica.

Combustibile

Decidere di quale combustibile servirsi per l'alimentazione del vostro **termocamino** dipende da diversi fattori, tra cui la tipologia della vostra abitazione, lo spazio disponibile e il gusto individuale. Le **biomasse energetiche** maggiormente utilizzate sono senza dubbio la **legna da ardere** e il **pellet**.

La **legna da ardere** offre un piacere estetico ineguagliabile: le fiamme che si agitano tra i ciocchi brucianti, il profumo di **legno** che si diffonde nella casa sono qualità al cui fascino nessuno può dirsi immune. Inoltre, scegliere la **legna** come combustibile offre anche vantaggi in termini ecologici e economici: la **legna da ardere** in fase di combustione produce la medesima quantità di CO₂ della **legna** lasciata a marcire nei

boschi, e d'altro canto il risparmio economico rispetto a una caldaia a metano è estremamente conveniente. La **legna corta** o **tronchetto** è la tradizionale legna da ardere che tutti conosciamo, deriva direttamente dai tronchi, tagliati a misure standard di circa 30 - 50 cm di lunghezza. La legna va utilizzata dopo esser stata stagionata per 1 - 2 anni: in questo modo il contenuto idrico del legno passerà dal 50 - 60% al 15 - 20%, aumentando la resa in calore al momento della combustione. Lo stoccaggio invece potrebbe rappresentare uno svantaggio: in assenza di ampie stanze o taverne e soffitte dove si potrebbe facilmente stoccare la **legna** e conservare la quantità necessaria per un'intera stagione risulta estremamente complicato e di conseguenza, a queste condizioni, è preferibile indirizzare la scelta verso il **pellet** che è formato da piccoli cilindretti, di 1,5 - 3 cm di lunghezza e 4 - 6 mm di diametro, costituiti da segatura densificata ad elevate pressioni. E' caratterizzato da omogeneità e bassissima umidità, praticità nell'utilizzo e da un elevato potere calorifico, ma ha un prezzo superiore a quello del cippato. Un ulteriore svantaggio riguarda la necessità di innescare e regolare la fiamma manualmente al quale sopperisce il pellet disponibile a un costo relativamente basso, è facilmente stoccabile e dotato di un sistema di accensione programmata e regolabile attraverso un telecomando e, per i **termocamini** di ultimissima generazione, anche attraverso lo smartphone.



Il **cippato** è costituito da scaglie di materiale legnoso di 2 - 10 cm di lunghezza e pochi mm di spessore, ottenute con apposite macchine dette cippatrici. Il cippato può essere costituito da scaglie di solo legno, di legno e corteccia oppure derivare da piante intere, comprensive di rami e foglie, con evidenti differenze qualitative.

I **bricchetti** sono anch'essi cilindri di segatura pressata con bassissima umidità, ma con dimensioni simili a quelle di un tronchetto di legna da ardere. Sono la forma meno utilizzata di combustibile legnoso.

Tuttavia, la combustione del pellet secca l'aria più della legna da ardere e il termocamino richiede una maggiore manutenzione. Per tutti coloro che scelgono il termocamino come impianto principale di riscaldamento, il termocamino alimentato a pellet rappresenta senza dubbio il sistema più efficiente. Esistono poi sul mercato termocamini policombustibili, progettati per essere alimentati con diverse biomasse sempre più economiche: nocciolino di sansa, cippato, gusci di nocciole e mandorle. I vantaggi del termocamino sono molteplici: un sistema ecologico e economico che integra in se stesso il fascino senza tempo del focolare con un'innovazione tecnologica mirata all'efficienza e al risparmio.

Riportiamo alcune immagini di **termocamini**



Termostufe





Le caldaie a gas metano

Le caldaie gas metano sono la giusta risposta per chi cerca una soluzione a basso impatto ambientale in grado di soddisfare qualsiasi esigenza indipendentemente dal tipo impianto: tradizionale o a pannelli a pavimento.

Si hanno due tipologie di caldaie

- camera di combustione aperta con tiraggio naturale
- a camera di combustione stagna a tiraggio forzato

Le caldaie si suddividono in tre tipologie:

- caldaie combinate per riscaldamento e acqua calda sanitaria (VMW)
“per interno e per esterno”
- caldaie combinate per riscaldamento e bollitore incorporato (VMI)
“per interno e per esterno”
- caldaie per solo riscaldamento (VM)
“solo per interno”

La potenza termica di una caldaia per uso domestico in un appartamento oscilla tra 12 e 24Kw . Gli impianti termici con la domotica hanno subito una radicale evoluzione , si adattano alle esigenze di temperatura e umidità della stanza alla presenza di persone per cui la notte si scaldano soltanto le camere da letto con notevole risparmi di energia ; l'impianto lo si può accendere con un comando vocale o semplicemente dallo smartphone se si è fuori casa. La scelta del tipo di caldaia viene eseguita da progettista dell'impianto in accordo con l'installatore e il committente :riportiamo alcune tipologie di caldaie

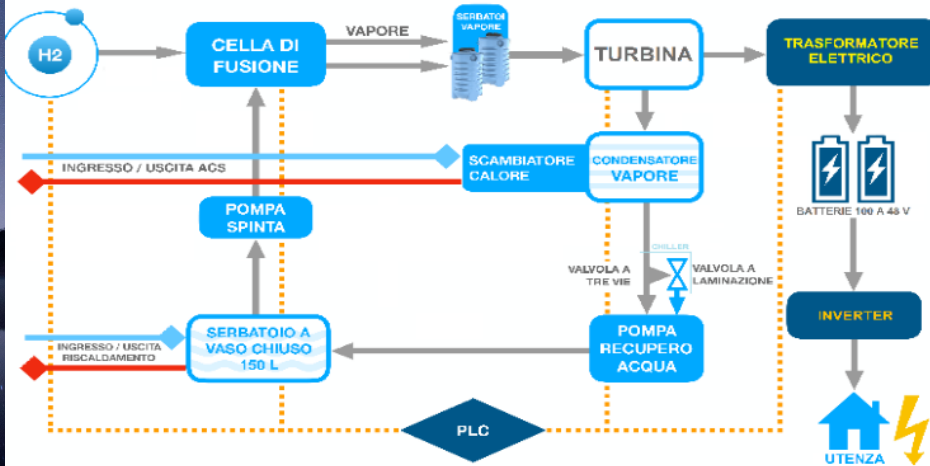
Gamma caldaie standard VMW combinate

atmoBLOCK pro		Potenza termica min/max		Dimensioni mm. (HxPxL)	
	VMW 200/3-3 (interno)	8,0	20,0	Camera aperta	700x300x410
	VMW 240/3-3 (interno/esterno)	9,6	24,0	Camera aperta	700(800)x300x410
turboBLOCK pro		Potenza termica min/max		Dimensioni mm. (HxPxL)	
	VMW 202/4-3 (interno/esterno)	8,0	20,0	Camera stagna	700(800)x300x410
	VMW 242/4-3 (interno/esterno)	9,6	23,7	Camera stagna	700(800)x300x410



Caldaie a idrogeno

La caldaia a idrogeno è la caldaia del futuro con la sostituzione del combustibile gas metano con idrogeno che avverrà in modo graduale attraverso la introduzione in percentuale di idrogeno nel metanodotto



I prodotti della combustione per idrogeno e metano

Idrogeno	$2 \cdot \text{H}_2 + \text{O}_2 = 2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	vapore acqueo + calore
Metano	$\text{CH}_4 + 2 \cdot \text{O}_2 = 2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	vapore + anidride + calore

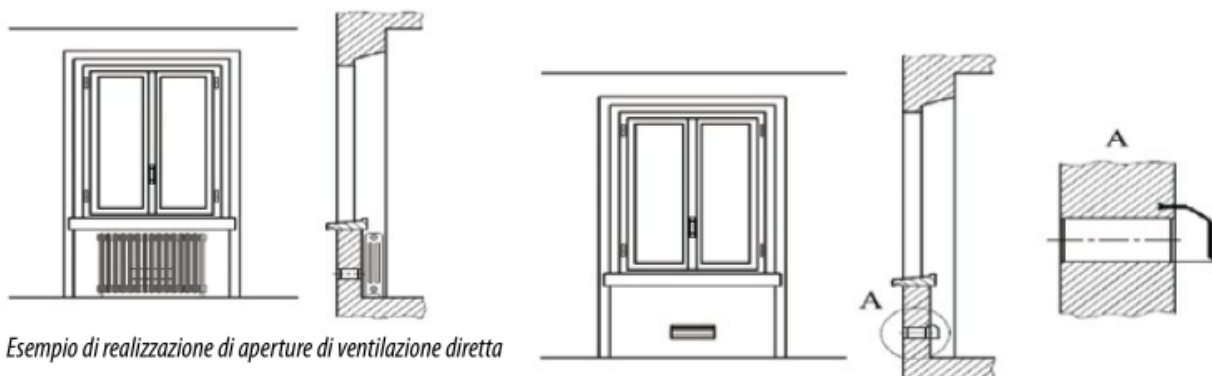
Le caldaie a idrogeno non destano problemi di incendi che riguarda esclusivamente il gas metano le esalazioni all'interno della abitazione di ossido di carbonio e anidride carbonica, nonchè fughe di gas che innescano esplosioni; su presta maggiore attenzione alla qualità dell'aria e alle emissioni di carbonio, raramente si hanno incendi di camini per biomasse invece molto di frequente esplosioni di case e palazzine per fughe di gas metano. Attraverso il processo chimico-fisico con H_2 e H_2O su piastre di titanio viene generato vapore a pressione elevata e immesso all'interno di una turbina, appositamente brevettata dall'azienda. Da tale iniziale procedimento si ottiene una carica energetica nel trasformatore elettrico che, successivamente, viene immagazzinata nelle batterie al litio. L'inverter interno provvede a distribuire l'energia alla rete, fino ad un massimo di 6,2 kWh, a seconda delle esigenze della struttura abitativa, senza limiti e in totale autonomia. Il ciclo di ricarica si ripete ogni volta che l'autonomia delle batterie non è più sufficiente ad alimentare l'intera abitazione. La caldaia può, inoltre, alimentare una wallbox per la ricarica di **auto elettriche** tramite un inverter da 10 o 20 kWh. La parte termica sfrutta gli scarti del vapore in uscita dalla turbina, fornendo energia utile all'abitazione fino ad un massimo di **31 kW** nominali. Il serbatoio di accumulo interno da 150 litri permette di mantenere l'acqua ad una temperatura utile di esercizio per diverse ore (trasferimento termico serbatoio circa 5°/h).

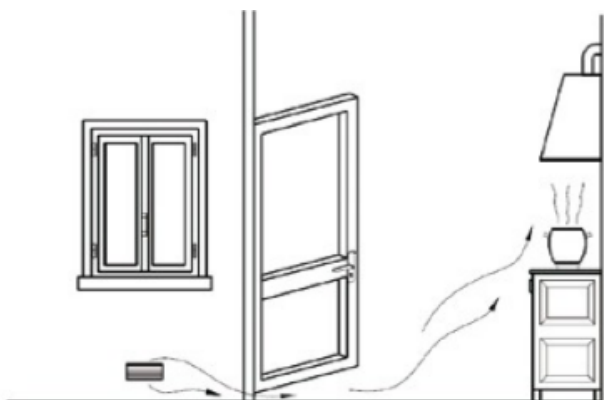
La ventilazione

Sia negli impianti di nuova progettazione sia nelle ristrutturazioni non è consentito l'installazione e l'utilizzo di apparecchi privi del dispositivo di sorveglianza di fiamma. Gli apparecchi devono essere installati ad almeno 1,5 m da contatori elettrici o del gas. È vietata l'installazione di apparecchi nelle parti comuni dell'edificio come scale, androni, cantine, vie di fuga, ecc. se non posizionati all'interno di vani tecnici di pertinenza di ogni singola unità immobiliare e accessibili solo dall'utilizzatore.

Per gli apparecchi di cottura:

- *l'aerazione può essere ottenuta mediante cappe a tiraggio naturale, cappa aspirante elettrica, elettroventilatore collocato sulla parte alta di una parete del locale di installazione o con aerazione di tipo diretto soltanto se la portata termica nominale complessiva degli apparecchi di cottura non è maggiore di 11,7 kW e la portata termica nominale massima complessiva riferita agli apparecchi di tipo A e agli apparecchi di cottura installati nel medesimo locale non è maggiore di 15 Kw. La portata oraria di ricambio di aria deve essere almeno pari a 1,72 mc/h per ogni Kw riferito alla portata termica nominale massima complessiva degli apparecchi di cottura.*
- *La ventilazione può essere realizzata in modo diretto o in modo indiretto. Per gli apparecchi di tipo A l'aerazione e la ventilazione devono essere ottenute solo in modo diretto, in ogni caso il locale di installazione di questo tipo di apparecchio deve essere sempre aerato e ventilato. Per gli apparecchi di tipo B il locale di installazione deve essere sempre ventilato e inoltre deve sempre essere aerato; la ventilazione di questi locali può essere ottenuta sia in modo diretto sia in modo indiretto. Per gli apparecchi di tipo C non è necessario realizzare aperture di ventilazione. L'aerazione diretta può essere realizzata mediante aperture permanenti, condotti singoli o attraverso sistemi di ricambio d'aria controllati. La ventilazione diretta può essere realizzata mediante aperture permanenti, attraverso condotti singoli o collettivi o attraverso sistemi di ventilazione meccanica controllata a semplice o a doppio flusso.*





Nel locale in cui sono installati apparecchi di tipo A l'apertura di aerazione deve essere posizionata in prossimità del soffitto (min 100 cmq) e l'apertura di ventilazione deve essere posizionata in prossimità del pavimento (min 100 cmq). Nel locale in cui sono installati apparecchi di cottura l'apertura di aerazione deve essere posizionata in prossimità del soffitto (min 100 cmq ed essere realizzata nel locale stesso di installazione dell'apparecchio di cottura; l'apertura di ventilazione deve essere posizionata in prossimità del pavimento (min 100 cmq) e può essere realizzata nel locale stesso di installazione dell'apparecchio di cottura.

Nel locale in cui sono installati apparecchi di tipo B l'apertura di ventilazione può essere posizionata a qualsiasi quota rispetto al livello del pavimento, e deve essere dimensionata seguendo la seguente formula:

$$S_t = K * Q \geq 100 \text{ cmq} \quad \text{dove}$$

K è il coefficiente di ventilazione pari a 6 cmq/Kw

Q è la portata termica nominale massima degli apparecchi installati nel medesimo locale espressa in Kw

È consentito suddividere la sezione in una o più aperture, ciascuna delle quali deve avere sezione minima di 100 cmq. Se nel locale di installazione di apparecchi di tipo B o in locali direttamente comunicanti sono presenti estrattori elettromeccanici la sezione di ventilazione utile totale deve essere maggiorata come segue:

Portata massima m ³ /h	Velocità entrata aria m/s	Maggiorazione cm ²
fino a 50	~ 1	140
da 50 fino 100	~ 1	280
da 100 fino 150	~ 1	420

L'utilizzo di estrattori elettromeccanici non deve influenzare la corretta evacuazione dei prodotti della combustione degli apparecchi di tipo B. Per questo motivo è necessario effettuare una prova di tiraggio facendo funzionare l'estrattore alla sua potenza massima e l'apparecchio a gas alle potenze nominali massima e minima.

Le aperture di aerazione devono avere le seguenti caratteristiche:

- *Devono essere protette mediante griglie;*
- *Devono essere accessibili per effettuare le operazioni di manutenzione;*
- *Devono essere realizzate nel locale di installazione;*
- *Devono avere una superficie netta non minore di 100 cmq.*

L'apertura di aerazione può essere effettuata anche con un condotto di aerazione ad uso esclusivo, tale condotto però deve essere impermeabile ai fumi e deve avere una sezione netta utile non minore di 150 cmq. Le aperture di ventilazione devono avere una superficie netta non minore di 100 cmq e comunque tale sezione deve essere calcolata secondo la formula sopra riportata. Le aperture di ventilazione possono essere realizzate nella muratura, sulle porte o sugli elementi finestrati di pareti del locale d'installazione o del locale per l'aria comburente rivolte verso l'esterno, possono essere anche ricavate maggiorando la fessura tra le porte rivolte verso l'esterno e il pavimento del locale di installazione oppure realizzate su serramenti rivolti verso l'esterno. L'apertura di ventilazione può essere effettuata anche con un condotto di ventilazione o condotti collettivi, essi però devono essere impermeabili ai fumi ed avere una sezione netta utile non minore di 150 cmq.

5- Le norme antincendio vigenti

Le cause di questo tipo d'incendio sono principalmente tre:



- *scarsa manutenzione (pulizia);*
- *inadeguatezza tecnica (costruzione non a regola d'arte);*
- *combustione di materiali non convenzionali (rifiuti solidi urbani).*

Scarsa manutenzione :

Per quanto riguarda il primo punto, si segnala che nel corso degli interventi di spegnimento ci si trova spesso in presenza di canne fumarie molto sporche, con la sezione ostruita da depositi della combustione. Di norma, tutti i camini a combustione solida (stufe a legna ecc.) devono essere puliti almeno una volta all'anno (o, a seconda dell'uso, anche più frequentemente) da personale specializzato, e deve essere asportato tutto il materiale di risulta dall'interno della canna fumaria.

*Il servizio di pulizia dei camini è obbligatorio in ciascun Comune, può essere esercitato in assunzione diretta da parte **del Comune** oppure da **ditte private** in possesso dei requisiti di legge. In Comuni di montagna come Castel di Sangro, che si trova al di sopra dei 810 m s.l.m., si obbliga la pulizia anche **due volte all'anno**, per camini a combustione solida.*

Le stufe a combustione gassosa o liquida, abbisognano di minore manutenzione a seconda dei casi. Quando il camino è acceso, se si verifica una fiammata più alta del solito, o in condizioni di vento asciutto e freddo che risucchia le faville, lo strato di fuliggine depositato sulla superficie interna può appunto incendiarsi.

***La fuliggine è un ottimo combustibile** e, grazie al notevole flusso di aria, avviene una violenta combustione che produce rapidamente molto calore. In genere è di breve durata (15 - 20 minuti) e produce anche un grande rumore e vibrazioni. Dal camino escono violentemente le faville e fiamme, accompagnate da un fumo acre. Il calore prodotto (può arrivare anche a **800 – 1.000 °C**) **arroventa la** superficie interna e può fare crepare le pareti della canna e i muri confinanti, col pericolo di estendere l'incendio ai mobili e alle travi dei soffitti o del tetto. All'esterno **le faville che escono dal comignolo possono ricadere su materiali** combustibili ed innescare incendi all'esterno dell'abitazione o in edifici o costruzioni adiacenti ed inoltre possono cadere nel canale di gronda (dove possono esservi foglie secche, spini ecc.) e innescare una combustione nell'intercapedine del tetto. Braci e faville possono anche essere portate dal vento in condizioni pericolose.*

Inadeguatezza tecnica:

*Un altro fattore di pericolo è costituito dall'inadeguatezza tecnica dei camini. Infatti si può assistere ad un sistema di costruzione delle case in **modo affrettato e con isolamenti poco accurati**. Per questo gli incendi delle canne fumarie danneggiano sempre più frequentemente anche i **tetti**, creando danni non indifferenti. Si tratta dunque di un vero richiamo di responsabilità, dove per vari motivi l'incendio delle canne fumarie finisce spesso per interessare tutto il tetto delle abitazioni. Questo fenomeno, che può sembrare paradossale, interessa maggiormente le case appena costruite o ristrutturate. Il problema non è il tubo d'acciaio o quanto previsto dalle nuove norme. È il **sistema di isolamento** di certi passaggi della canna fumaria che non funziona. Non è un caso, ad esempio, che l'incendio non si limita più alla sola canna fumaria, come accadeva una volta: l'incendio alla canna fumaria diventa puntualmente incendio del tetto. Se la canna fumaria non è ben isolata, ad esempio, e il fuoco riesce ad entrare nell'intercapedine tra le tegole del tetto e il soffitto, l'incendio diventa ben difficile da controllare. Durante i vari interventi si riscontrano spesso canne fumarie di sezione insufficiente, costruite con materiali **non idonei** a sopportare alte temperature o rimaneggiate più volte nel corso di ristrutturazioni. Alcune volte risultano ostruite da oggetti estranei o presentano curvature e andamenti tali da rendere difficoltosa l'evacuazione dei fumi, favorendo in tal modo il deposito di fuliggine.*

*Ma il fatto che più desta preoccupazione è che l'inadeguatezza tecnica viene riscontrata spesso anche in **canne fumarie di nuova realizzazione**, forse poste in opera da maestranze non specializzate. Un errore molto frequente è quello di realizzare dei condotti fumari in acciaio inox privi di un'adeguata coibentazione – isolamento termica e senza rispettare le distanze minime dagli elementi di fabbrica combustibili (legno, isolanti sintetici, ecc.). Se è pur vero che tale tipologia di camino garantisce un'ottima tenuta ai fumi e all'acqua di condensa, è altrettanto vero che l'acciaio presenta un'elevata conducibilità del calore. Basti pensare che durante un incendio camino, all'interno dello stesso si possono creare delle altissime temperature che varia-*

no persino dagli **800 ai 1.000 °C** (gradi centigradi). La caratteristica di resistere al fuoco di fuliggine e la protezione dei materiali combustibili posti a ridosso della canna fumaria sono i requisiti fondamentali per la **prevenzione** degli incendi della copertura. Il codice prevenzione incendi al paragrafo S.8 individua delle misure di prevenzione atte a consentire la evacuazione dei fumi e del calore durante un incendio :

- aperture di smaltimento di fumo e calore d'emergenza;
- sistemi di ventilazione orizzontale forzata del fumo e del calore
- sistemi per l'evacuazione di fumo e calore

Lo smaltimento di fumo e calore d'emergenza non ha la funzione di creare un adeguato strato libero dai fumi durante lo sviluppo dell'incendio, ma solo quello di facilitare l'opera di estinzione dei soccorritori.

Lo smaltimento di fumo e calore d'emergenza può essere realizzato per mezzo di aperture di smaltimento dei prodotti della combustione verso l'esterno dell'edificio. Tali aperture coincidono generalmente con quelle già ordinariamente disponibili per la funzionalità dell'attività (es. finestre, lucernari, porte)

- Le aperture di smaltimento devono essere realizzate in modo che:
sia possibile smaltire fumo e calore da tutti gli ambiti del compartimento; fumo e calore smaltiti non interferiscano con il sistema delle vie d'esodo, non propaghino l'incendio verso altri locali, piani o compartimenti.
- Le aperture di smaltimento devono essere protette dall'ostruzione accidentale durante l'esercizio dell'attività.
- Devono essere previste indicazioni specifiche per la gestione in emergenza delle aperture di smaltimento
- Le aperture di smaltimento sono realizzate secondo uno dei tipi d'impiego previsti nella tabella

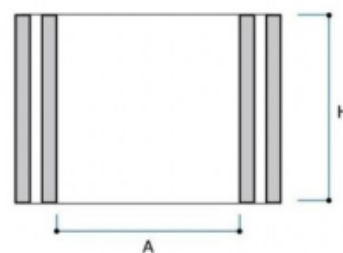
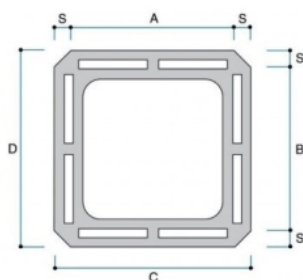
Le dimensioni delle aperture di smaltimento vanno determinate in funzione del carico di incendio e del superficie del piano da compartimentare , e la superficie SUI può essere suddivise in più aperture di superficie $S > 0,10 \text{ mq}$

Tipo di dimensionamento	Carico di incendio specifico q_f	SE [1] [2]	Requisiti aggiuntivi
SE1	$q_f \leq 600 \text{ MJ/m}^2$	$A / 40$	-
SE2	$600 < q_f \leq 1200 \text{ MJ/m}^2$	$A \cdot q_f / 40000 + A / 100$	-
SE3	$q_f > 1200 \text{ MJ/m}^2$	$A / 25$	10% di SE di tipo SEa o SEb o SEc
[1] Con SE superficie utile delle aperture di smaltimento in m^2			
[2] Con A superficie lorda di ciascun piano del compartimento in m^2			

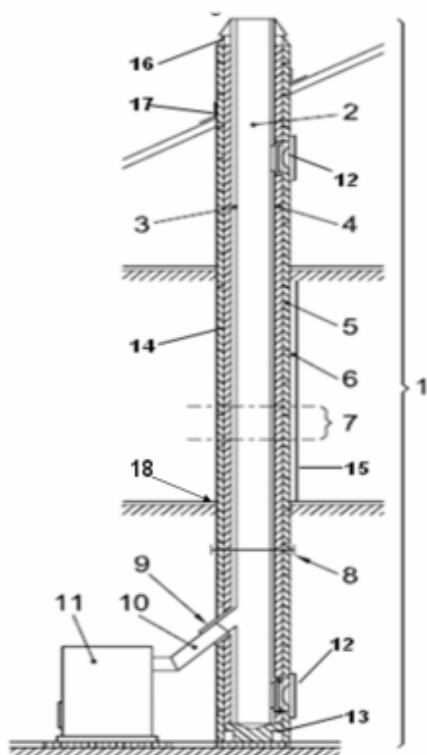
Per camini domestici o di edifici residenziali sono sufficienti le aperture di smaltimento e areazione. I materiali utilizzati per canali di fumo, camini e comignoli devono rispettare le norme di prevenzione incendi ; si è soliti utilizzare dei blocchi pre-

fabbricato di calcestruzzo alleggerito aventi dimensioni variabili posti in opera con malta al cui interno viene posizionato un tubo di acciaio inox

Codice	Tipo	Descrizione	P.V.R.	A cm	B cm	S cm	H cm	Peso Kg	Dim. pedana cm	Pezzi su pedana	Peso pedana Kg	Portata motrice pz.	Portata autotreno pz.
GCF1515AE	15x15	El. est. per canna fumaria in AE 15x15 H25	PV	15	15	5	25	11	100x100x150	112	1,232	1120	2570
GCF2020AE	20x20	El. est. per canna fumaria in AE 20x20 H25	PV	20	20	5	25	15	100x100x150	112	1,708	784	1904
GCF2030RE	20x30	El. est. per canna fumaria in AE 20x30 H25	PV	20	30	5	25	20	120x130x150	36	720	360	864
GCF2525AE	25x25	El. est. per canna fumaria in AE 25x25 H25	PV	25	25	5	25	19	105x105x150	63	1,197	630	1512
GCF3030AE	30x30	El. est. per canna fumaria in AE 30x30 H25	PV	30	30	5	25	21	120x120x150	63	1,323	630	1386
GCF4040AE	40x40	El. est. per canna fumaria in AE 40x40 H25	PV	40	40	5	25	31	100x100x150	28	868	336	728
GCF5050AE	50x50	El. est. per canna fumaria in AE 50x50 H25	PV	50	50	5,5	25	40	100x100x150	28	1,120	280	616



I componenti di una canna fumaria



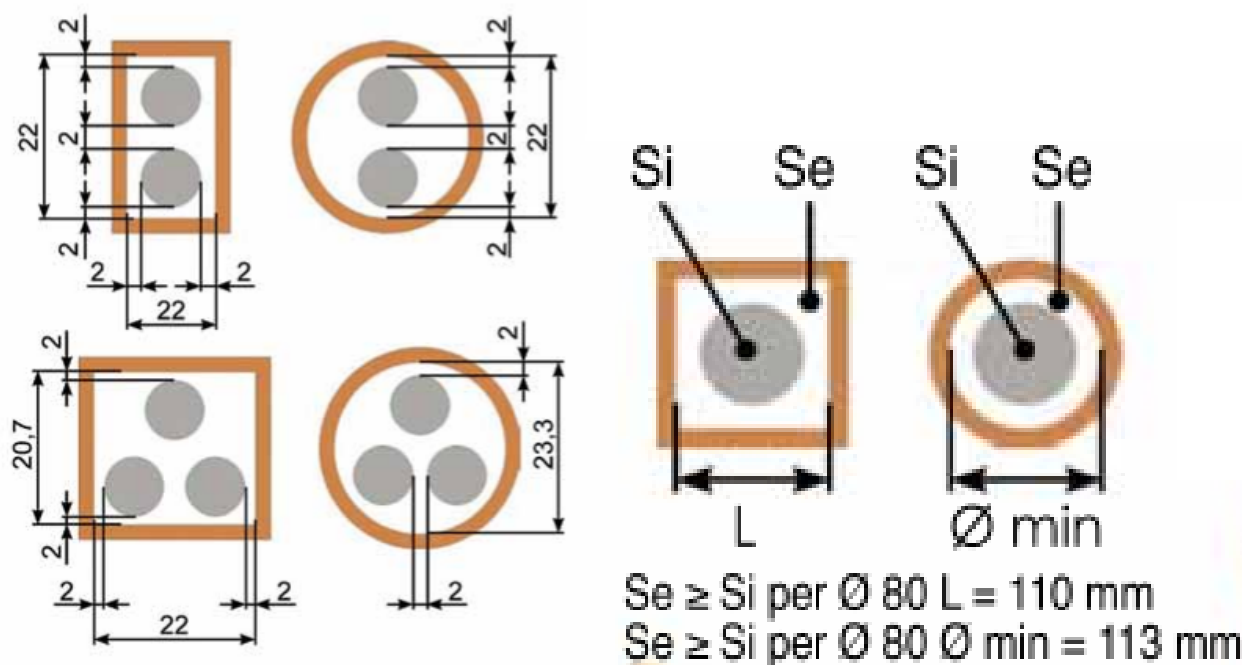
I componenti di un camino

- 1 Camino
- 2 Percorso fumi
- 3 Parete interna
- 4 Isolamento termico (è ammessa anche una intercapedine d'aria)
- 5 Involucro esterno
- 6 Rivestimento esterno
- 7 Elemento camino
- 8 Camino multistrato
- 9 Raccordo di collegamento camino
- 10 Canale da fumo o scarico fumi
- 11 Apparecchio di combustione
- 12 Sportello ispezione
- 13 Piastra di base, nel caso di camini per il funzionamento ad umido questa dovrà essere predisposta di raccoglicondensa, sifone e allacciamento alla rete fognaria
- 14 Distanziatore da parete interna e esterna (può essere anche l'isolamento termico)
- 15 Parete muraria esterna oppure rivestimento esterno della parete esterna camino
- 16 Parte terminale del camino, con o senza comignolo o copertura
- 17 Passaggio a tetto come componente indipendente e con distanza di sicurezza da materiali combustibili
- 18 Passaggio a soffitto come componente indipendente e con distanza di sicurezza da materiali combustibili

Il Camino si compone di un involucro esterno ,isolante termico e tubo di acciaio , i fumi sono convogliati all'interno del tubo che è isolato dalla restante parte. Le canne

fumarie vengono realizzati soprattutto per edifici residenziali in cavedi all'interno del nostro edificio, all'interno dei quali è predisposto il tubo per il convogliamento dei fumi; per generatori di calore a biomasse il camino ovvero la canna fumaria è indipendente per ogni termostufa o termocamino.

Sistema intubato



Per la canna fumaria collettiva ramificata, i gas di combustione di ciascun generatore di calore vengono convogliati in unico condotto di evacuazione o tubo. Non è consentito l'utilizzo di prodotti flessibili nel canale da fumo o raccordo e prodotti con classe di temperatura inferiore a T400 (400 °C) tranne nel caso di installazione di apparecchi alimentati a pellet per cui è richiesta una classe di temperatura T 200.

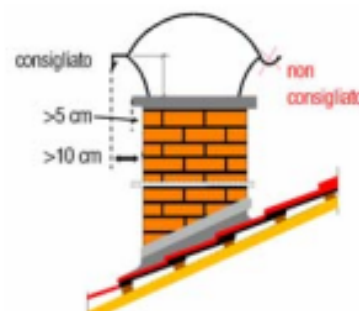
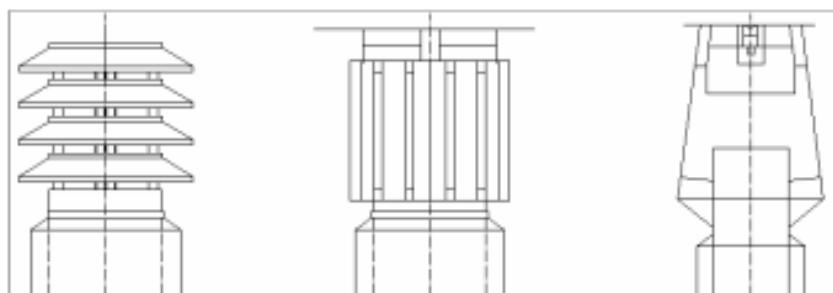
Per quanto concerne la resistenza ad umido (impermeabilità), la norma prescrive che la canna fumaria al servizio di apparecchi a combustibili solidi può essere di classe D o di classe W. In merito alla resistenza alla corrosione, i prodotti che sono stati sottoposti a prova di corrosione e l'hanno superata vengono designati con la sigla V2 o V3, quelli invece che non l'hanno effettuata o non l'hanno superata vengono designati con la sigla Vm. Non è consentito l'uso di acciaio INOX AISI 304 di e alluminio avente spessore < 1,5 mm. Nella scelta dei materiali ciò che ci interessa è la resistenza alle alte temperature. La distanza di sicurezza da materiali combustibili (travi di legno, tubi in plastica, isolamento dei muri, mobili, divani, tende ecc.) deve essere sempre rispettata, indipendente dal combustibile, perché il pericolo sussiste già a 130°C. Riportiamo una tabella informativa calcolata per un cavedio in cemento vibrato di spessore totale 30 mm, inserimento di un tubo inox o in refrattario con diametro max. 250 mm, distanza di sicurezza ventilata da materiali combustibili 50 mm, per tutti i combustibili:

Classe di temperatura	T160°C	T200°C	T250°C	T300°C	T400°C
Tubo interno senza isolamento	Si	No	No	No	No
Tubo interno con coppelle isolanti spessore:	20 mm	20 mm	20 mm	25 mm	30 mm

Calcolo secondo prEN 15287 per le condizioni sopra descritte, per altre condizioni devono essere calcolate



Per quanto concerne i comignoli rappresentano una prolungamento della canna fumaria all'esterno possono essere sempre realizzati con blocchi prefabbricati e rivestiti con materiale refrattario



La scelta dei materiali deve rispettare il codice di prevenzioni incendi sia per quanto concerne la resistenza alle alte temperature che all'incendio al fine di consentire la evacuazione delle persone per eventuali incendi che in edifici nuovi succedono di rado ed hanno una sempre una origine dolosa, mai dovuti a fumi nei condotti di evacuazione

6- Calcolo termofluidodinamico di camini

Come già visto nel paragrafo 2 , la evacuazione dei gas di combustione attraverso la canna fumaria dipende dal tiraggio definito come

$$\text{Tiraggio naturale} \quad [\rho_{AIR} - \rho_{GAS}] * [H_T - H_E] = \rho_{AIR} * [H_T - H_E] - \rho_{GAS} * [H_T - H_E]$$

In termini di pressione ovvero di peso specifico γ

$$\gamma_{AIR} * [H_T - H_E] - \gamma_{GAS} * [H_T - H_E]$$

Il movimento dei fumi nel condotto è regolato dal principio di Archimede per i liquidi. Risalgono verso l'alto poiché il peso specifico dei gas di combustione è inferiore al peso specifico dell'aria ovvero $\gamma_{GAS} \leq \gamma_{AIR}$

La densità dell'aria è circa $\rho_{AIR} = 1,27 \text{ kg/mc}$, a differenza dell'acqua dove la densità è costante , nei gas nei fumi la densità dipende dalla pressione e dalla temperatura e sono regolate dalla equazione di stato dei gas

$PV = n * R * T$ dove P Pressione del gas ; V volume ; n numero di moli ;

T temperatura R costante di Boltzman

Quando la velocità dei fumi $V \geq 1,5 \text{ m/sec}$ con camino perfettamente isolato termicamente la differenza di temperatura tra l'ingresso e la sommità è molto limitata $\Delta T = 0,5^\circ - 1,5^\circ$ si può quindi ipotizzare che T sia costante ; viceversa se la velocità dei fumi è bassa ed il camino non è perfettamente isolato la differenza di temperatura può essere elevata con variazione di densità .

La verifica viene eseguita per due condizioni

$$\text{Tiraggio minimo} \quad \rho_{AIR} * [H_T - H_E] - \rho_{GAS} * [H_T - H_E] \text{ Min}$$

$$\text{Tiraggio massimo} \quad \rho_{AIR} * [H_T - H_E] - \rho_{GAS} * [H_T - H_E] \text{ Max}$$

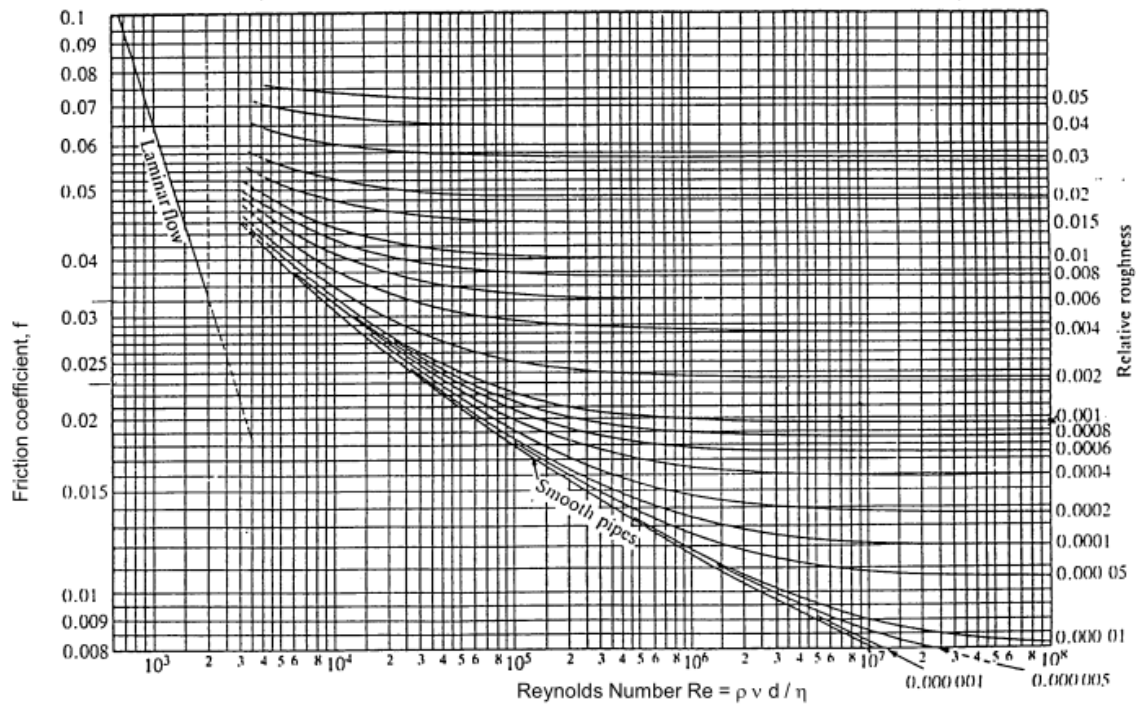
Il moto dei fluidi in un condotto è caratterizzata da perdite di carico o di pressione distribuite dovute all'attrito alla scabrezza dei condotti e concentrate dovute ai restringimenti di sezione e alle deviazioni.

Le perdite di pressione distribuite possono essere valutate mediante la formula

$$J * L/D = f * L/D = V^2 * \rho / 2g$$

L lunghezza condotta , D diametro, V velocità , ρ densità ,

$J = f =$ perdita pressione per unità di lunghezza determinabile dall'abaco di Mody



La perdita di carico f è funzione del numero di Reynolds

$Re = V \cdot \rho \cdot D / \eta$ per una precisa valutazione della viscosità dinamica

at 100° C	$\eta = 2.04 \times 10^{-5}$	kg/m sec
at 150° C	$\eta = 2.18 \times 10^{-5}$	kg/m sec
at 200° C	$\eta = 2.31 \times 10^{-5}$	kg/m sec
at 300° C	$\eta = 2.55 \times 10^{-5}$	kg/m sec

Nell'abaco è riportata la rugosità o scabrezza relativa del condotto rapporto tra rugosità assoluta e diametro ε/D

Rivestimento in mattoni $\varepsilon = 5 \text{ mm}$

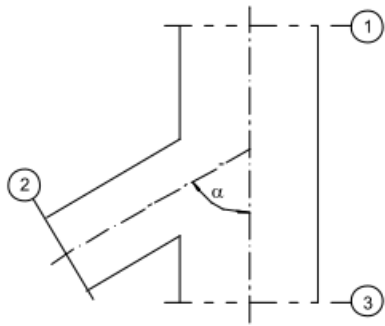
Rivestimento in acciaio $\varepsilon = 2 \text{ mm}$

Rivestimento in GRP $\varepsilon = 2 \text{ mm}$

$J \cdot L = V^2 \cdot \rho \cdot D / 2g$ perdita di carico distribuita totale lungo il condotto

L lunghezza D Diametro

La perdita di carico concentrata dovuta ad una deviazione o immissione



$$\Delta H_C = K_C \cdot V_2^2 \cdot \rho_2 / 2g \quad \text{Dalla sezione 2 alla sezione 1}$$

$$\Delta H_D = K_D \cdot V_3^2 \cdot \rho_3 / 2g \quad \text{Dalla sezione 3 alla sezione 1}$$

Per i coefficienti K_C e K_D si possono utilizzare le formule seguenti

$$K_C = A_c \cdot [1 + (\rho_1 / \rho_2) \cdot (V_1 / V_2)^2 - 2 \cdot (\rho_3 / \rho_2) \cdot (V_3 / V_2)^2 - 2 \cdot (S_2 / S_1) \cdot \cos \alpha]$$

$$K_D = (\rho_1 / \rho_3) \cdot (V_1 / V_3)^2 [1 + 2 \cdot (V_2 / V_3)^2 \cdot (\rho_2 / \rho_3) \cdot (S_2 / S_1) \cdot \cos \alpha]$$

S rappresenta la area della sezione dei condotti $S_1 ; S_2 ; S_3$

Per altra tipologia di immissione

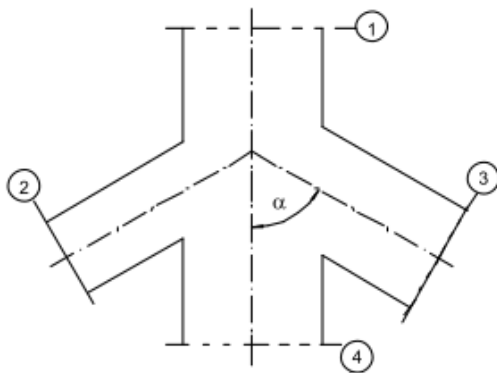


Figure A3

$$\text{Loss from section 3 to section 1:} \\ h_{\text{loss}} = \frac{\rho_1 \cdot S_1 \cdot v_1^2 - (\rho_3 \cdot S_3 \cdot v_3^2 + \rho_2 \cdot S_2 \cdot v_2^2) \cos \alpha}{g \times S_1} - \frac{(\rho_3 \cdot v_3^2 - \rho_2 \cdot v_2^2) \cdot S'_2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{g \times S_1}$$

$$\text{Loss from section 2 to section 1:} \\ h_{\text{loss}} = \frac{\rho_1 \cdot S_1 \cdot v_1^2 - (\rho_3 \cdot S_3 \cdot v_3^2 + \rho_2 \cdot S_2 \cdot v_2^2) \cos \alpha}{g \times S_1} - \frac{(\rho_2 \cdot v_2^2 - \rho_3 \cdot v_3^2) \cdot S'_3 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{g \times S_1}$$

Il coefficiente A_c è dato dalla seguente tabella

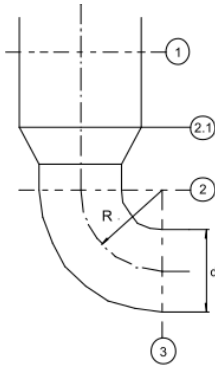
S_2 / S_1	≤ 0.35	> 0.35	> 0.35
Q_2 / Q_1	≤ 1.0	≤ 0.4	> 0.40
A_c	1.0	$0.9 \times \left(1 - \frac{Q_2}{Q_1}\right)$	0.55

Dove $S'_2 = Q_2/V_1$; $S'_3 = Q_3/V_1$;

Nel caso più generale $V_2 = V_3$; $S_2 = S_3$; $\rho_2 = \rho_3 = \rho$ densità costante

La perdita di pressione concentrata $h = [2 * S_2 / S_1 * (S_2 / S_1 - 2 * \cos \alpha)] * V_2^2 * \rho / 2g$

Per un cambiamento di direzione a 90°

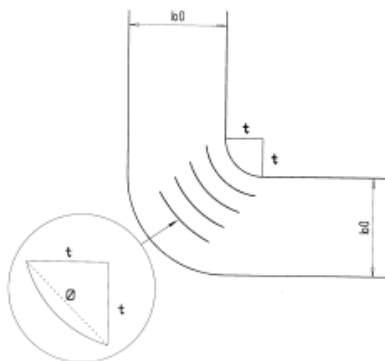


$$\Delta H_D = K_G * V_3^2 * \rho / 2g \quad \text{per } S_3 = S_2$$

r/d	Sections number			r/d	K_g	r/h	b : h			
	3	4	5				0.5	1.0	2.0	4.0
1.0	0.50	0.40	0.35	0.5	0.75	0.5	1.25	1.20	1.00	0.80
1.5	0.40	0.35	0.30	1.0	0.35	0.75	0.50	0.45	0.45	0.55
2.0	0.40	0.30	0.25	1.5	0.30	1.0	0.30	0.30	0.25	0.25
4.0	0.55	0.35	0.30	2.0	0.28	1.5	0.20	0.15	0.10	0.10
				3.0	0.25	2.0	0.20	0.15	0.09	0.08

Table A2 - Values of K_g

Se il rapporto tra il raggio di curvatura a 90° e il diametro del condotto (o la sua altezza per sezioni rettangolari) R/D o $H/D < (1 \div 0,80)$ la perdita di carico concentrata è molto alta, conviene introdurre palette direzionali



Il numero di palette che ipotizziamo distribuite lungo la superficie di un cilindro

Normale $2.13 * r/b_0$

Ridotto $1.40 * r/b_0$

Minimo $0.90 * r/b_0$

La perdita di carico concentrata $\Delta H_D = K_{LOC} * K_{RE} * V_0^2 * \rho / 2g$ dove

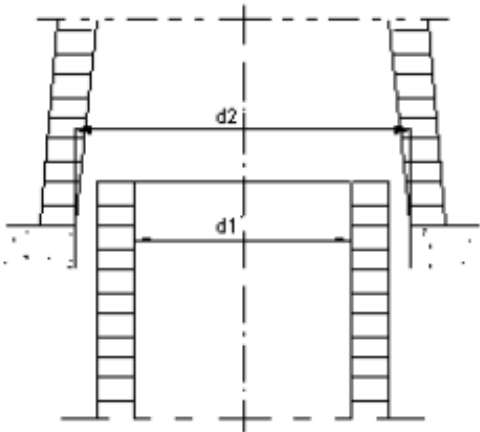
K_{LOC} riportato in tabella

r/b ₀ =	0	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
Normal	0.42	0.35	0.30	0.26	0.23	0.21	0.20
Reduced	0.42	0.35	0.30	0.24	0.20	0.17	0.14
Minimal	0.57	0.48	0.43	0.39	0.35	0.31	0.28

Table A3—Values of K_{loc}

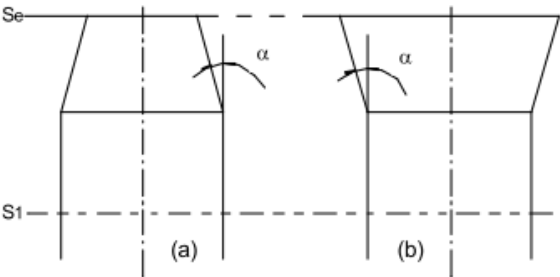
$$K_{RE}=0.8+4.02*10^4/Re$$

In presenza di discontinuità come in figura la perdita di carico concentrata



$$H = \rho*[V_1^2-V_2^2]/2g \text{ per ogni discontinuità} \quad H = \sum \rho*[V_1^2-V_2^2]/2g$$

Per una variazione di sezione



$$H_D = K_I * V_E^2 * \rho / 2g$$

	$\alpha \leq 10^\circ$		$\alpha = 10^\circ - 50^\circ$	
S_e/S_1	0.3	0.4	0.6	0.8
K_I	≈ 0.00		0.05 - 0.10	

La equazione del fluido gas di combustione :

$$\Delta V/V + \Delta p/(\rho * V^2) + f/(2D) * d\Delta s + \sum H_i = 0$$

$$\Delta p = - [\Delta V/V + \lambda/(2D) * \Delta s] * (\rho * V^2) \quad \Delta p = - (\rho * V^2) * \sum H_i$$

$$\Delta p \geq 0 \quad \Delta p = [P_z - P_{EZ}]; \quad \Delta p = -[P_{EZ} - P_z]; \quad V = Q/(\rho * A)$$

Per i fluidi comprimibili utilizzando la equazione di stato dei gas

*$P/\rho = r * T = \text{costante}$ per una densità media ρ_m tra ingresso e uscita*

la equazione del moto può essere scritta nella forma

$$\Delta p = - [\Delta V/V + \lambda/(2D) * \Delta s] * (\rho * V^2) - (\rho * V^2) * \sum H_i$$

Somma delle perdite di pressione distribuite e concentrate

$$\Delta p = 128 * \mu / \pi * Q_m / D^4 * r * T * L + (\rho * V^2) * \sum H_i$$

L lunghezza canale da fumo + camino

D diametro

T temperatura

μ viscosità dinamica

Il calcolo della pressione esterna dell'aria può essere calcolata con la formula seguente

$$P_{ARIA} = P_{STD} * e^{[-(g * H_T / 2) / (R_L * T)]} \quad \text{in pascal N/mq}$$

P_{STD} pressione aria a livello del mare 101325 Pa a 273° K a 0°

H_T altezza camino a livello del mare

R_L costante di stato dei gas

T temperatura dell'aria

Gas	R_i
N ₂	296.66
O ₂	259.58
H ₂ O	461.50
CO ₂	187.63
SO ₂	126.56

Table A4 - Gas constants

$$\text{Densità} \quad \rho = T * P_{ARIA} / R_L \quad R_L = \sum R_i$$

Il Tiraggio naturale è stato definito come

$$[\rho_{AIR} - \rho_{GAS}] * [H_T - H_E] = \rho_{AIR} * [H_T - H_E] - \rho_{GAS} * [H_T - H_E]$$

Il movimento dei fumi nel condotto è regolato dal principio di Archimede come per i liquidi essi risalgono verso l'alto poiché il peso specifico dei gas di combustione è inferiore al peso specifico dell'aria ovvero $\gamma_{GAS} \leq \gamma_{AIR}$

$$\gamma_{AIR} * [H_T - H_E] - \gamma_{GAS} * [H_T - H_E] = \Delta P$$

I generatori di calore siano essi termocamini termostufe caldaie a gas metano hanno nelle loro schede tecniche un valore di fabbrica del tiraggio corrispondente al corretto funzionamento e alimentazione con combustibile del generatore

MF24		
Potenza termica nominale <i>Thermal nominal power</i>	kW	21
Resa all'acqua <i>Water power</i>	kW	~ 18
Rendimento <i>Output</i>	%	~ 83
Consumo orario legna <i>Hourly consumption wood</i>	Kg/h	1 - 7
Dimensione canna fumaria <i>Dimension of chimney</i>	Ø cm	20
Dimensioni camera di combustione <i>Dimensions combustion chamber</i>	cm	55 x 52 x 30 h
Tiraggio minimo canna fumaria <i>Minimum sucking of chimney</i>	Pa	10 a freddo
Produzione acqua calda sanitaria $\Delta t=25^\circ C$ <i>Production of domestic hot water $\Delta t=25^\circ C$</i>	l/min	10
Peso <i>Weight</i>	Kg	~215



Nella scheda tecnica $\Delta P_{TIR} = 10 \text{ Pa}$ tiraggio minimo canna fumaria

*Deve risultare $\Delta P_{TIR} \geq \Delta P_{CF} = 128 * \mu / \pi * Q_m / D^4 * r * T * L + (\rho * V^2) * \sum H_i$*

ΔP_{CF} somma delle perdite di pressione distribuite e concentrate nella canna fumaria

La verifica deve essere eseguita per due condizioni:

- Tiraggio mim
- Tiraggio max

Possiamo determinare la perdita di calore attraverso le pareti della canna fumaria tramite un bilancio termico

$$Q_L + Q_S = Q_A + Q_D$$

Q_L calore perso dal rivestimento Q_S calore proveniente dalla radiazione solare

Q_A calore sottratto per ventilazione Q_D perdite di calore attraverso windshield

La energia termica Q_L persa per dispersione attraverso la canna fumaria dipende dalla trasmittanza termica delle pareti quali blocco cls prefabbricato, isolante termico e tubo in acciaio o alluminio di adeguato spessore

$$Q_L = K * \Delta T * S_L ; \quad \Delta T = (T_i - T_e) \quad S_L \text{ superficie laterale}$$

T_i temperatura interna gas di combustione ; T_e temperatura esterna

La trasmittanza termica $K = 1/(s_i/\lambda_i + s_{CLS}/\lambda_{CLS} + s_A/\lambda_A + 1/\alpha_C + 1/\alpha_{CI} + 1/\alpha_{IRR})$

S_i e λ_i spessore e conduttività isolante termico

s_{CLS} e λ_{CLS} spessore e conduttività blocco di cls

S_A e λ_A spessore e conduttività tubo di acciaio

Coefficienti di adduzione

$$\alpha_C = 2.2 * [T_{IM} - T_M]^{1/4} \quad T_M = 0.5 * [T_O - T_{AO}]^{1/4}$$

$$\alpha_{CI} = 4.6 / (T_{IE} - T_{IC}) * \{ [(T_{IE} - 273) / 100]^4 - [(T_{IE} - 273) / 100]^4 \}$$

$$\alpha_{IRR} = 2.2 * [T_M - T_{CIM}]^{1/4}$$

Le canne fumarie sono in genere all'interno dei nostri edifici non si hanno fenomeni di irraggiamento ovvero di apporti solari sul condotto fumario;

Il calore perso per ventilazione è una aliquota di quello perso per dispersione

$$Q_A = (1 - r_q) * Q_L ; \quad Q_D = r_q * Q_L ;$$

$$(1 - r_q) * Q_L = C_P * G * (T_{AO} - T_O) ; \quad Q_A = C_P * G * (T_A - T_O)$$

T_A temperatura media aria ventilazione

$$G = \gamma_A * V_I * S_i ; \quad \gamma_{IN} ; \gamma_A \text{ densità aria esterna ;}$$

γ_{OUT} densità aria all'uscita ; V_{IN} ; V_{OUT} ; velocità aria ingresso e uscita

Dove

$$V_{IN} = [2 * g * A * (D - \Delta P) / (\gamma_A * \alpha_{IN})]^{1/2}$$

$$V_{OUT} = [2 * g * (1 - A) * (D - \Delta P) / (\gamma_{OUT} * \alpha_{OUT})]^{1/2}$$

$(D-\Delta P)$ tiraggio netto disponibile

A aliquota di $(D-\Delta P)$ utilizzata nelle aperture

α_{IN} ; α_{OUT} coefficiente locale

$$\Delta P = \alpha * \gamma * V^2 / 2g$$

Il coefficiente α è riportato in funzione del rapporto

$m = (\text{Spessore} / \text{Diametro idraulico})$

<i>(Spessore/Diametro idraulico)</i>	<i>Coefficiente locale α</i>
$\geq 1,60$	1,50
$0,90 \div 1,60$	1,70
0,90	1,85
0,40	2,60

La energia termica dispersa attraverso l'involucro del condotto fumario

$$Q = Q_L + Q_A + Q_D$$

I fattori che influenzano la perdita di calore attraverso le pareti del camino

- Temperatura ambiente
- Velocità del vento ambientale
- Coefficiente di pellicola esterna
- Coefficiente di pellicola interna
- Proprietà termiche dell'isolamento
- Proprietà termiche del rivestimento interno
- Radiazione solare
- Proprietà termica dello spazio aereo

7- Conclusioni

Questo articolo fa parte sia degli impianti di riscaldamento che delle norme di prevenzione incendi, le canne fumarie per impianti con potenza inferiore a 35Kw che troviamo nelle nostre abitazioni , le caldaie a gas metano hanno potenza compresa tra 12 Kw e 24 Kw con due modalità di funzionamento , altresì termostufe e termocamini hanno potenze dell'ordine di 20 Kw , per cui in fase di progettazione e di costruzione si deve tener conto delle norme vigenti. Nella progettazione degli impianti si pone attenzioni alle emissioni nella atmosfera , le normative italiane europee impongono già dai prossimi anni il progetto di impianti di riscaldamenti a zero emissioni di carbonio , ma chi in montagna sulle Alpi in Francia In Svizzera Germania o in Scandinavia non ha il suo bel termocamino o termostufa alimentato a pellet o legna dove in inverno con la neve riscaldano le abitazioni, fa parte integrante della cultura europea essendone un elemento caratteristico che valorizza la casa di montagna la cultura locale e il paesaggio. E' improponibile sostituire il nostro generatore di calore a biomasse in montagna con una caldaia a idrogeno che non crea nè problemi di incendio né di emissioni di CO₂ . La sostituzione dei combustibili a biomasse e gas metano con idrogeno riguarderà prevalentemente le città gli agglomerati urbani comuni con più di 10000 abitanti , ma piccoli paesi di montagna a con 3000- 4000 abitanti abituati all'utilizzo della legna che vivono di turismo continueranno ad utilizzare il caminetto forse con qualche additivo da aggiungere al pellet che modifica le reazioni di combustione riducendo le emissioni di carbonio. Gli incendi di canne fumarie e di tetti succedono raramente , sono più frequenti le esplosioni dovute a fughe di gas , in montagna erano frequenti incendi di fienili per stalle, di origine dolosa , ma erano dovute ad errata manutenzione , ormai il lavoro dello spazzacamino con la faccia annerita dalla fuliggine è un antico mestiere che è stato rivalutato per la carenza di lavoratori o di imprese che si occupano della manutenzione e pulizia di camini e canne fumarie ; se si ha un caminetto in casa la pulizia e manutenzione va eseguita almeno 2 volte l'anno cosa che faceva mio padre circa 20 anni fa quando avevamo il riscaldamento con stufa a legna, si era soliti acquistare legna da ardere nel periodo autunnale da utilizzare come combustibile per riscaldamento in inverno. Questi appunti per me rappresentano una occasione di approfondimento soprattutto lo studio della fluidodinamica argomento che non fa parte del corso di idraulica in ingegneria civile , tratti da pubblicazioni o line integrate da mie considerazioni; le canne fumarie nella progettazione di una casa residenziale non vengono neanche prese considerazione al pari degli elementi non strutturali, durante la esecuzione dei lavori si utilizzano per le canne fumarie tubi e blocchi prefabbricati le cui dimensioni sono dettate dalla esperienza e dalle buone pratiche delle imprese. Per impianti aventi potenza > 35Kw e per impianti industriali la progettazione delle canne fumarie e il controllo dei gas di scarico per la qualità dell'aria assume maggiore importanza.

Bibliografia

Le canne Fumarie cenni tecnici e normativi a cura di Antonello De Paoli

Cicind , Manual for thermofluidodynamic design of Chimneys and Chimney Linears Regno Unito UK

Wind and Earthquake Analysis of Tall RC Chimneys K. R. C. Reddy ; O. R. Jaiswal ;P. N. Godbole India Nagpur

Catalogo Termocamini e termostufe

Incendi Abitazioni Vigili del fuoco - Baselga di Pinè

