



CHIPNEY

Progetto di ricerca

SINTESI



***Firesafety
Solutions***

Indice

Abstract *p.4*

1. Introduzione *p.6*

2. Metodi *p.8*

FASE 1: ANALISI DEL FENOMENO *p.8*

FASE 2: RICERCA E SVILUPPO DEL PRODOTTO *p.9*

FASE 3: ESPERIMENTI E TEST SUL CAMPO *p.11*

3. Risultati *p.13*

CAMPO DI UTILIZZAZIONE DEL SENSORE *p.13*

STRESS TEST *p.15*

TEST IN SITUAZIONI REALI *p.11*

VALUTAZIONE DEL RISCHIO INCENDIO *p.21*

4. Conclusioni *p.23*

Abstract

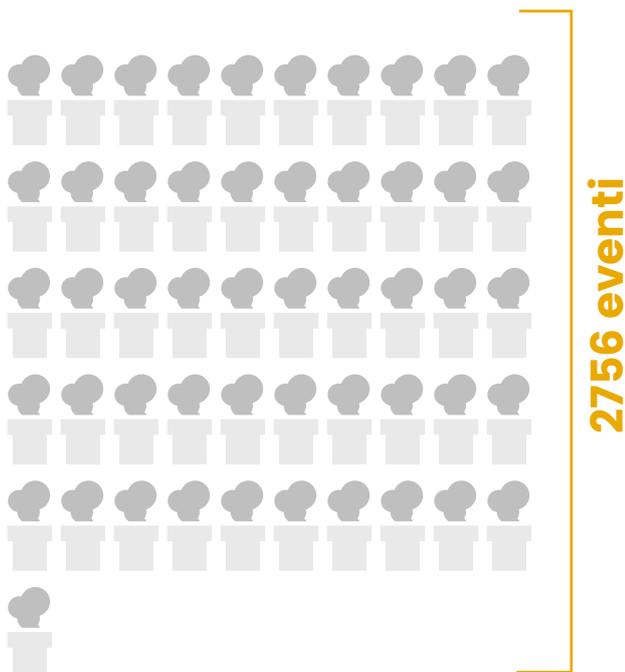
Il progetto Chipney ha lo scopo di realizzare una soluzione alla problematica degli incendi camini che si innescano a seguito del surriscaldamento della canna fumaria.

L'idea proposta è di un dispositivo non invasivo per il monitoraggio della temperatura che funziona attraverso un sensore ad infrarossi e di una centralina che gestisce le comunicazioni tra sensore e gestionale web. Attraverso l'analisi dati in real time, il gestionale invia avvisi ed allarmi quando viene rilevato un malfunzionamento del camino. Inoltre gestori dell'impianto, tecnici installatori e spazzacamini possono visualizzare i dati dei sensori e valutare interventi di manutenzione e pulizia.

Al fine di verificare l'affidabilità del sistema sono stati effettuati test di laboratorio, test di performance incendiando un camino arredato in via sperimentale, e dei test in condizioni reali su numerose canne fumarie per il periodo che va da febbraio 2020 ad aprile 2021. In laboratorio è stato definito il range di funzionamento e messo a punto il setup tecnico dell'installazione. L'analisi dei dati dello "stress test" ha permesso di definire le soglie a cui mandare allarmi ed avvisi. In condizioni reali invece è stato osservato il comportamento del camino durante in diverse situazioni, diversi materiali e tipi di costruzione, e diverso combustibile.

Eventi di surriscaldamento lieve rilevati

su un campione di 51 canne fumarie



Durante l'attività di monitoraggio su abitazioni civili il dispositivo ha permesso di rilevare un totale di 2756 eventi di surriscaldamento lieve su 51 diverse canne fumarie (Fig.1), mentre nessun dispositivo ha rilevato temperature al di sopra della soglia critica (0 eventi di surriscaldamento medio o grave) e al tempo stesso su nessun edificio si è reso necessario l'intervento dei Vigili del Fuoco o di altro personale qualificato per una manutenzione straordinaria della canna fumaria.

(Fig.1)

1. Introduzione

In Italia, in un anno, si verificano circa 28.000 incendi nelle abitazioni, di questi il 38% è causato dal surriscaldamento della canna fumaria (Fig.2). In Trentino questo dato sale al 50% (Fig.3), probabilmente sia per ragioni climatiche sia per tecniche costruttive che vedono il massiccio utilizzo del legno.

In Italia

28.000

incendi all'anno



38%

causato dal surriscaldamento della canna fumaria

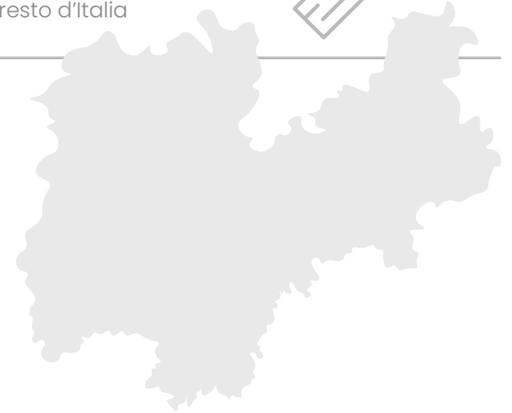
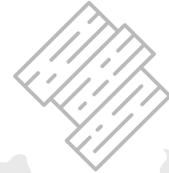


(Fig.2)

In trentino

+50%

rispetto al resto d'Italia



(Fig.3)

Le soluzioni attualmente in uso sono di 3 tipologie:

- **Edilizia:** la canna fumaria deve essere costruita a regola d'arte con specifiche tecniche che prevedono determinati materiali e determinate distanze da elementi a rischio incendio;
- **Pulizia:** il controllo periodico ed approfondito del camino permette di ridurre il rischio di surriscaldamento della canna fumaria;
- **Normativa:** alcuni enti stanno adottando regolamenti che prevedono obblighi di manutenzione e controllo di camini.

Il progetto Chipney dopo un'attenta fase di studio della letteratura presente sull'argomento ha sviluppato (brevetto Italiano e Europeo) un sistema di allerta formato da un sensore ad infrarossi per la lettura costante della temperatura della canna fumaria, da una centralina collegata alla rete internet e da un gestionale che è in grado di mandare allarmi sia su app sia sulla centralina stessa e che permette ai vari utenti (proprietario, installatore, spazzacamino, Vigili del Fuoco, ecc...) di verificare in ogni momento lo stato del camino. Grazie a questo sistema che unisce componenti hardware e software, Chipney ha proposto una soluzione innovativa in grado di monitorare da remoto la canna fumaria in modo non invasivo, gestire ed inviare allarmi e segnalare malfunzionamenti, offrire una piattaforma dove inserire interventi di pulizia e manutenzione in grado di rispondere alle normative in materia di prevenzione e controllo da parte di Comuni ed Enti territoriali ed infine offrire report statistici in tempo reale sulle temperature della canna fumaria per permettere una valutazione più approfondita dello stato di salute della canna stessa e degli elementi costruttivi che la circondano.

2. Metodi

Il percorso che ha portato allo sviluppo dei dispositivi di telecontrollo e al gestionale per il monitoraggio real-time dello stato della canna fumaria si è sviluppato in diverse fasi: una prima parte dedicata allo studio del fenomeno ed alla revisione della letteratura presente sull'argomento. Una seconda fase dove sono stati ricercati i componenti elettronici e i materiali più adatti alla realizzazione del sensore e della centralina. Infine una parte di test di laboratorio e test in condizioni reali che hanno permesso di definire il campo di funzionamento del sensore, le specifiche tecniche di applicazione e le reali capacità di previsione e protezione dagli incendi correlati al surriscaldamento della canna fumaria.

FASE I: ANALISI DEL FENOMENO

Il fenomeno degli incendi camino è un problema molto frequente in tutta Europa, è una delle principali cause di incendio e i danni provocati sono spesso ingenti con impatti economici e sociali non indifferenti. Sul tema, Vigili del Fuoco di tutto il mondo, Ingegneri, Spazzacamini e altri tecnici hanno effettuato numerose analisi per cercare di comprendere a pieno il problema e fornire linee guida per la costruzione, manutenzione e gestione della canna fumaria. La letteratura dimostra che i maggiori problemi si riscontrano per carenza di pulizia e per soluzioni edili non a regola d'arte. A questo gli enti preposti hanno cercato di dare rispo-

sta attraverso specifiche norme costruttive e regolamenti di manutenzione e controllo che però vengono ancora disattesi.

Come si origina l' incendio della canna fumaria e cosa comporta? Durante il processo di combustione il combustibile (legno, gasolio, gas, ecc...), il comburente (ossigeno) e l'innesco (temperatura) danno luogo ad una reazione chimica di ossidazione. In presenza del perfetto rapporto tra comburente e combustibile la reazione si dice stechiometrica e ogni molecola del combustibile si aggrega con quella del comburente. I residui di combustione sono pressoché nulli (in genere si produce anidride carbonica e vapor d'acqua). In realtà non troviamo mai condizioni di questo tipo, in base alla fase della combustione si può avere carenza di ossigeno, per cui il fuoco non brucia correttamente, oppure carenza di combustibile (adatto alla combustione) per cui il fuoco tende a non propagarsi. In entrambe i casi, la combustione non corretta produce un'alta quantità di residui, sia le reazioni povere di ossigeno (stanza non sufficientemente ventilata, scarso tiraggio del camino) sia con combustibile umido (mancanza di combustibile adatto alla propagazione) producono grosse molecole di idrocarburi (che vediamo come fumo nero) che tendono a condensare sulle pareti della canna fumaria formando il creosoto, materiale altamente infiammabile.

Dopo ripetuti cicli di malfunzionamento del camino, in cui vi è stata la formazione di questo materiale, si fa sempre più concreto il rischio che tale materiale si incendi e vada a surriscaldare la canna fumaria. Qui nasce il vero problema, i materiali a contatto a loro volta rischiano di incendiarsi. Non è inusuale trovare in soffitta vestiti, cartoni appoggiati alla canna fumaria ed esistono ancora strut-

ture edili (strutture lignee, materiale plastico e moquette) direttamente a contatto con la struttura del camino. Ad esempio i legni del tetto, che normalmente hanno una temperatura di accensione di 250 °C se soggetti a cicli di riscaldamento intenso tendono a perdere facilmente l'umidità. Il legno quindi può andare in contro ad un processo di carbonizzazione ed abbassare quindi la temperatura di autoaccensione (fino a 150 °C) a causa di un incremento dei gas di pirolisi. Sulla base di queste premesse Chipney ha sviluppato un sistema di controllo da remoto in grado di monitorare in real time le temperature esterne del camino nelle zone sensibili (sottotetto, passaggi a contatto con materiale infiammabile, ecc...) e prevenire quindi gli incendi dovuti a surriscaldamento della canna fumaria.

FASE 2: RICERCA E SVILUPPO DEL PRODOTTO

Per rispondere alle problematiche presentate nel paragrafo precedente sono state valutate diverse soluzioni tecniche in grado di rilevare in modo efficiente le temperature esterne al camino in modo non invasivo e al tempo stesso monitorare le variazioni termiche in modo continuo e da remoto. Tra le varie tecnologie presenti sul mercato sono state prese in considerazione termocoppie, sonde termometriche e sensori ad infrarossi. Questi ultimi sono stati ritenuti particolarmente idonei in quanto non vanno ad intaccare la struttura del camino con opere di installazione invasive e vanno a prevenire la combustione degli elementi (legno, materiale isolante, ecc) che circondano la canna fumaria. Successivamente è stata realizzata la parte hardware, sono state realizzate le

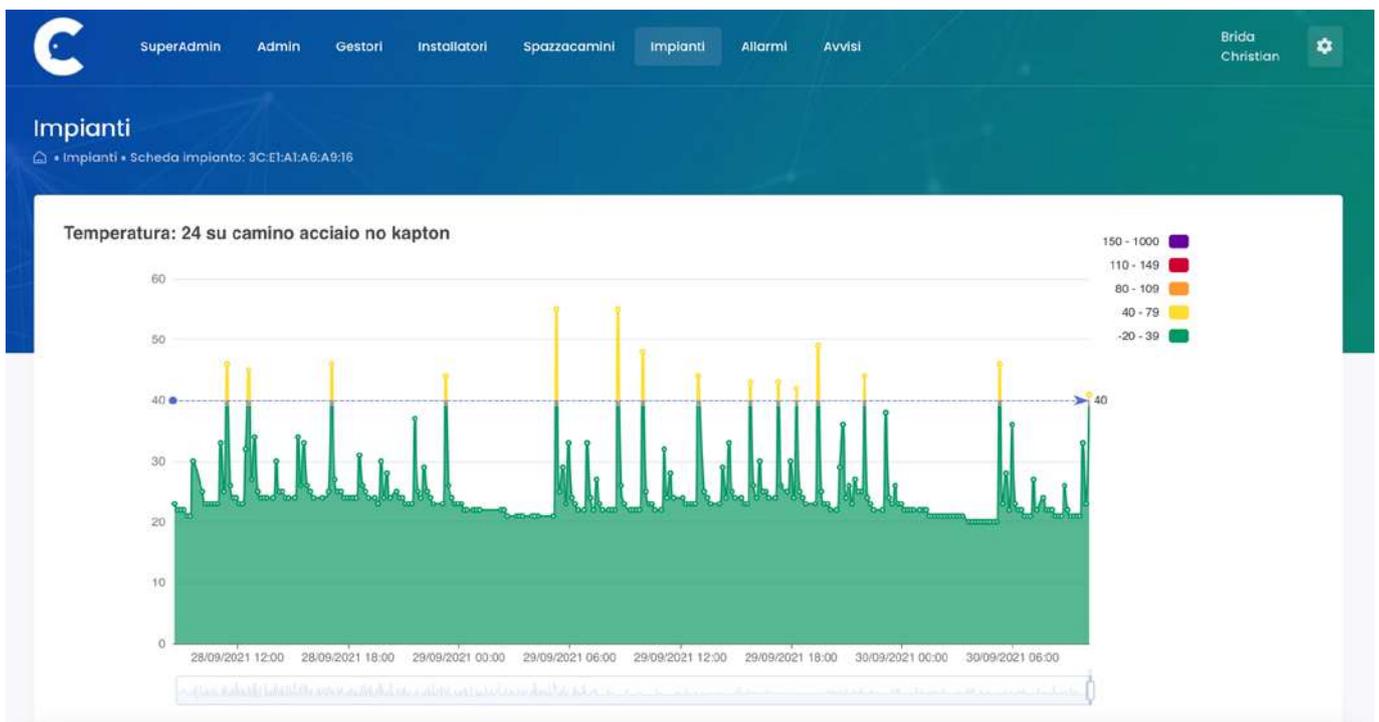
schede elettroniche del modulo sensore e del modulo centralina e sono state testate e validate da Life Elettronica. La centralina è formata da un microprocessore con periferiche di comunicazione WiFi, 2G, e LoRa e di un sound system per la gestione degli allarmi. Sulla centralina è installato un sistema operativo Embedded basato su Linux dotato di applicativi per la gestione dei dati e degli allarmi visivi e acustici. Il modulo sensore è dotato di un microcontrollore ultra-low power con periferica di comunicazione LoRa e 3 sensori IR digitali di temperatura ad alto range. La scelta di posizionare 3 sensori deriva dal fatto che si ha un sistema di backup in caso di malfunzionamento di 1 dei 3, oltre a permettere una lettura più distribuita ed evitare errori sistematici dovuti alla misura puntuale. Al fine di garantire l'integrità dei dati (protezione da interferenze con altri dispositivi IoT) è stato sviluppato un firmware per l'acquisizione e l'invio dei dati verso la centralina in modo criptato.

Contestualmente alla realizzazione della componente elettronica è stata avviata la progettazione e lo sviluppo degli involucri in materiale plastico dei moduli sensore e centralina. E' stata fatta un'approfondita analisi dei materiali, tramite progettazione 3D e simulazioni fluidodinamiche è stato scelto il materiale che garantiva il miglior rapporto qualità/prezzo in relazione alle condizioni di utilizzo di tali dispositivi. Sono stati realizzati gli stampi e sono stati eseguiti test di sicurezza e test di qualità al fine di certificare il prodotto rispetto alle normative europee vigenti.



(Fig.4)

Per permettere all'utente di interagire con i dati raccolti è stato sviluppato un software gestionale. Sono stati realizzati diversi profili a cui sono stato assegnati diversi livelli di privilegi. Tra le features principali ci sono la possibilità di ricevere notifiche ad allarmi in caso di malfunzionamento direttamente sullo smartphone oppure permette ai gestori o spazzacamini di tenere sotto controllo più impianti e programmare interventi di manutenzione preventiva.



(Fig.5)

FASE 3: ESPERIMENTI E TEST SUL CAMPO

Al fine di verificare il corretto funzionamento del dispositivo sono stati eseguiti numerosi test sia di laboratorio sia sul campo. I test di laboratorio, eseguiti da Life Elettronica, hanno permesso di valutare il funzionamento del sensore nelle condizioni di utilizzo tipiche del sensore (alte temperature) e di capire come cambiano le performance di tale dispositivo nella lettura della temperatura di diversi materiale. Contemporaneamente è stata avviata una campagna di sperimentazione in condizioni reali. Nel febbraio del 2020 è stato eseguito uno stress test, con l'ausilio dei Vigili del Fuoco Volontari di Dimaro è stato intenzionalmente incendiato un camino di una casa in demolizione. Il sensore non ha mostrato criticità ed ha mantenuto inalterato il suo comportamento durante tutta la fase di sperimentazione. Inoltre il sistema ha permesso di verificare che le soglie di temperatura impostate per l'invio dell'allarme sono realistiche con il livello di rischio di incendio abitazione. Ad esempio, la soglia di 80 °C, che prevede la segnalazione al solo proprietario, non presenta gravi rischi se non si alimenta ulteriormente il fuoco nella stufa o nella caldaia. Al di sopra dei 110 °C invece il rischio aumenta e per questo motivo è necessario far intervenire lo spazzacamino per una verifica più approfondita, sopra i 150 °C il rischio di autocombustione dell'isolazione e dei legni del tetto aumenta notevolmente e per questo è necessario l'intervento dei Vigili del Fuoco per un rapido spegnimento della canna fumaria e la verifica di eventuali focolai.



Supporto dei Vigili del Fuoco durante lo "stress test"

(Fig.5)

Durante i test di performance, sono state testate diverse configurazioni del sensore (diversi materiali e diverse distanze), sono stati confrontati i dati raccolti con immagini termografiche e con sonde ad alta precisione. In questo modo è stato possibile stimare il miglior punto di installazione del sensore per una corretta lettura della temperatura del camino.



(Fig.6)

Nel periodo successivo, che va da febbraio 2020 a aprile 2021, è stato installato un elevato numero di dispositivi su abitazioni private al fine di verificare il funzionamento in condizioni di utilizzo normale delle canne fumarie. I sensori e le centraline collegate al server centrale hanno inviato in modo continuo dati che sono stati analizzati al fine di capire le dinamiche del fenomeno di surriscaldamento della canna fumaria, quante volte il sistema ha segnalato un malfunzionamento, se fonti di calore diverse (gasolio, legna, gas, ecc...) hanno un'influenza sul fenomeno e se le caratteristiche costruttive (acciaio, laterizio, canna certificata o meno) cambiano le performance della soluzione proposta.

3. Risultati

I principali risultati del progetto, oltre alla realizzazione dei vari dispositivi e dell'implementazione del software gestionale, sono derivati da test sperimentali in condizioni controllate, da stress test eseguiti con il supporto dei Vigili del Fuoco di Dimaro e da test di performance eseguiti installando il sistema (sensori + centralina) in numerosi appartamenti messi a disposizione da ITEA s.p.a. e privati, scelti cercando di avere una rappresentazione omogenea delle casistiche costruttive (diversa tipologia di combustibile, diverso tipo di canna fumaria e diversa disposizione geografica).

CAMPO DI UTILIZZO DEL SENSORE

L'obiettivo di questi test è quello di determinare le condizioni ideali di installazione e verificare le perdite di performance al di fuori dei range consigliati.

I test eseguiti da Life Elettronica hanno mostrato una buona corrispondenza tra i dati misurati dai sensori IR installati nei moduli Chipney. Un certo set di materiali sperimentali, scelti compatibilmente con le tecniche costruttive dei camini più in uso, è stato portato in camera climatica e portato per un primo test a 30 °C e per un secondo a 80 °C. Sono stati confrontati i dati raccolti dai sensori IR (posti a 10 cm dal materiale), da termocoppie e da un rilevatore termico FLIR. In particolare sui materiali con basso indice di riflessione mostrano omogeneità tra i diversi strumenti di misura. I test sui metalli hanno

invece mostrato qualche criticità, ad esempio su acciaio zincato, rame e zinco titanio. In *Tab.1* sono mostrati i valori medi e gli errori tra sensori IR e temperature di riferimento, suddivisi in non metalli (Legno, Cartongesso, Cemento, Mattoni, Pietra) e metalli (Acciaio zincato, Alluminio, Ceramica, Zinco Titanio, Rame).

TEST	Non metalli		Metalli	
	Media	St.Dev	Media	St.Dev
30 °C	29 °C	± 1 °C	31,4 °C	± 3 °C
80 °C	81,6 °C	±4,9 °C	101,6 °C	± 45 °C

(Tab.1)

Sempre presso Life Elettronica sono state eseguite alcune prove di esposizione (1h) al calore del sensore in camera climatica riscaldata ad alte temperature (130 °C, 150 °C, 180 °C). Le temperature misurate dai sensori IR su una lastra Zinco Titanio sono compatibili con quelle misurate da termocoppia sull'intero range, le temperature interne della scheda elettronica rimangono stabili (massima temperatura interna raggiunta: 54 °C) e garantiscono il funzionamento del dispositivo nelle sue condizioni di lavoro più critiche.

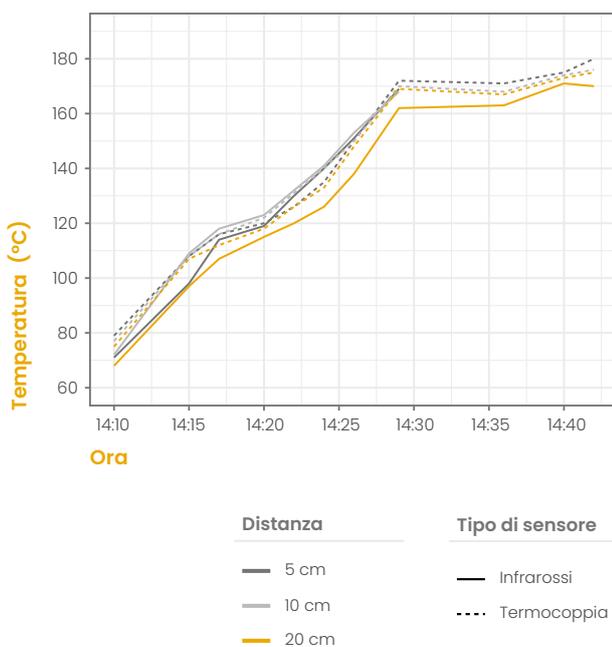
Al fine di determinare il corretto punto di installazione, sono stati eseguiti ulteriori prove sul campo. Nel primo test sono stati confrontati i dati di un dispositivo a infrarossi posto a distanze sempre crescenti con i dati di un sensore a termocoppia posto sulla superficie del camino. Attraverso il confronto diretto è stato stimato che il punto di installazione ottimale del sensore IR è tra i 5 e 10 cm dalla superficie da misurare. Non sono

emerse particolari differenze di rendimento del sensore sui diversi materiali testati.

Nel grafico sottostante sono mostrate le temperature misurate da 3 diversi sensori posti a 5, 10, 20 cm di distanza dal camino e le relative temperature misurate con termocoppie. A 10 cm l'errore medio di lettura rispetto alle termocoppie è di 2,4 °C, a 5 cm è di 5,2 °C mentre a 20 cm è di 6,5 °C.

Confronto tra sensore IR e termocoppia

Test a diverse distanze



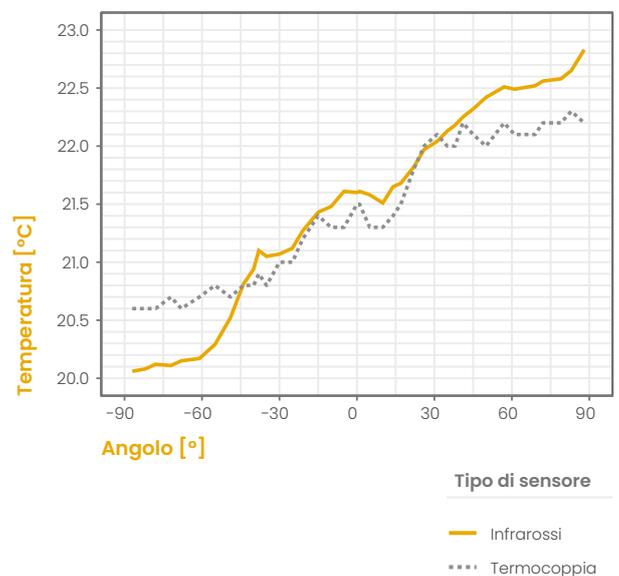
(Fig.8)

Il funzionamento dei sensori a infrarossi è basato sulla legge di Stefan-Boltzmann che mette in relazione l'energia emessa [W/m²] per irraggiamento da un qualsiasi corpo e la sua temperatura. I moderni sensori sono dotati di inclinometro per far sì che la misura di temperatura sia corretta in relazione alla superficie misurata.

Al fine di verificare il campo di applicazione del sensore un sensore è stato testato a diverse inclinazioni. Nel range +40°/-40° di inclinazione si può osservare una buona stabilità nella misura, mentre al di fuori la misura è soggetta ad un errore elevato rispetto alla misura con termocoppia. L'errore stimato al di fuori del range consigliato è di circa il 2,5%, che per il campo di applicazione sulla quale è stato sviluppato il progetto Chipney non si ritiene rilevante. Ad esempio, a 150 °C l'errore è di ± 4 °C, nettamente inferiore alle variazioni termiche rilevabili a poche decine di centimetri di distanza lungo la canna fumaria. Nella Fig.9 possiamo osservare una buona correlazione tra i dati dei due metodi di misura nella parte centrale del grafico, mentre nelle code, per angoli al di sopra dei 40° e al di sotto dei -40° la discrepanza è più alta per via della diversa superficie vista del sensore.

Confronto tra sensore IR e termocoppia

Test a diverse inclinazioni



(Fig.9)

L'esperimento è stato effettuato misurando la temperatura su una parete. Il modulo sensore è stato posizionato a 10 cm dalla parete e attraverso la regolazione di alcune viti è stata variato l'angolo sia in positivo (verso l'alto) sia in negativo (verso il basso). La Fig.10 mostra il setup dell'esperimento.



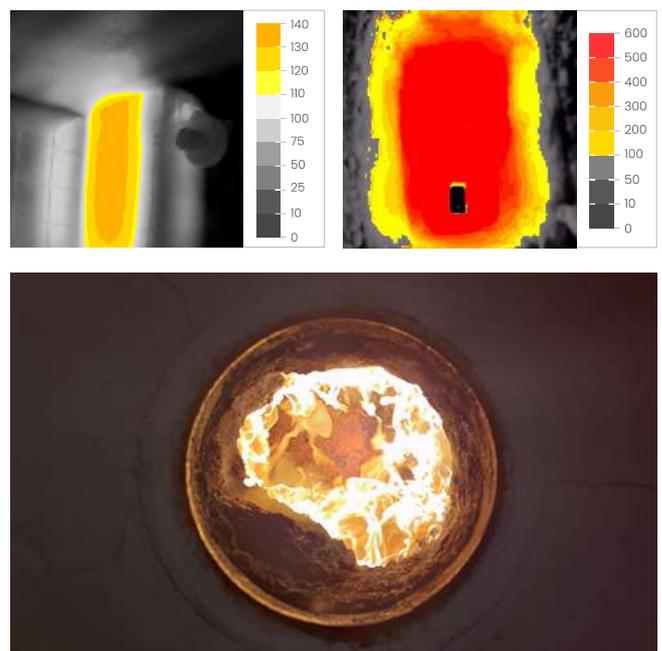
(Fig.10)

STRESS TEST

Durante lo stress test eseguito su una canna fumaria reale incendiata (canna fumaria in muratura senza intercapedine o tubo in acciaio a norma), con l'ausilio di termocamere è stato osservato che a fronte di temperature di circa 500 °C all'imboccatura del camino (stufa a legna) nei pressi del sottotetto le temperature dell'esterno della canna fumaria erano di circa 75 °C. A circa 80 °C si sono osservati i primi segni di sviluppo di vapori dal creosoto, che suggeriscono l'inizio del processo di pirolisi. A circa 110 °C (temperatura esterna) il creosoto ha iniziato a sviluppare i primi segni di incendio senza però avere le temperature e quindi gli inneschi per sostenere la reazione e quindi svilupparsi in incendio generalizzato. Nella fascia 110 °C - 150 °C (superficie esterna canna fumaria) l'incendio si è sviluppato, in questo

caso, un intervento di pulizia del camino ha permesso di abbassare rapidamente le temperature e mettere quindi in sicurezza il tetto. In entrambi, al raggiungimento della soglia, non è più stato alimentato con nuova legna per osservare in che modo il camino si raffredda e torna nelle condizioni di sicurezza. Al di sopra dei 150 °C sia il legno sia il materiale isolante diventa potenzialmente infiammabile, anche in relazione ai cicli di essiccazione che il continuo surriscaldamento della canna fumaria provoca nel corso degli anni.

Le immagini di Fig.11 mostrano la canna fumaria sotto esame. Quella a sinistra e quella centrale sono state realizzate con termocamera dei Vigili del Fuoco, mentre quella a destra è la fotografia dell'interno del camino incendiato. La foto di sinistra mostra la canna fumaria che passa in un locale dove si raggiungono i 130 °C, in centro l'interno della stessa canna fumaria, ripresa dall'alto, dove si raggiungono temperature intorno ai 500 °C. A destra un particolare del creosoto incendiato.



(Fig.11)

TEST IN SITUAZIONI REALI

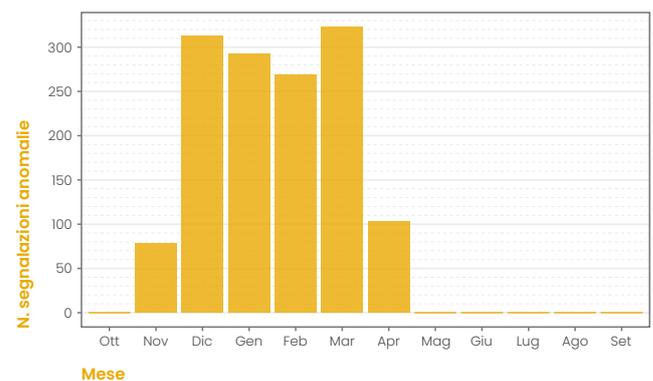
Le analisi dei test in condizioni normali, attraverso l'installazione dei sensori su strutture abitative trentine, hanno permesso di verificare l'efficacia della soluzione proposta. Inoltre, l'analisi statistica dei risultati ha permesso di caratterizzare le dinamiche dei camini comprendendo similitudini e differenze rispetto a costruzioni differenti, tipologia di combustibile utilizzato e abitudini nella gestione degli impianti. I test sono stati effettuati in due momenti differenti, un primo giro di installazione è stato effettuato nel periodo febbraio - giugno 2020. E' stato installato un primo lotto di prototipi su diverse abitazioni e canne fumarie. Questa prima fase si è rivelata importante per capire le problematiche di installazione (caratteristiche funzionali del sensore, centralina e supporti) e la stabilità software. Durante questo periodo sono stati rilevati 1377 picchi su 27 centraline, anche se talvolta le letture dei sensori si sono rilevate affette da errori di misura. Dopo alcuni aggiornamenti software e firmware e alcune modifiche funzionali è stato possibile rilasciare una seconda versione di prototipi che è stata testata in condizioni reali nel periodo novembre 2020 - aprile 2021. Il periodo di test comprendente l'intero periodo invernale è stato un ottimo banco di prova per ricevere un feedback sulla qualità del sistema proposto. Grazie ai miglioramenti del sistema (in particolare firmware e software), le segnalazioni di surriscaldamento si sono stabilizzate a circa 1379 (in media: 12 centraline hanno inviato 24 allarmi ognuna, al mese, nei mesi di dicembre, gennaio, febbraio e marzo).

I sensori installati nel periodo novembre 2020 - aprile 2021 ha portato i seguenti risultati. Nel periodo invernale è stata registrata

la più alta probabilità di incendio, rilevando un picco in marzo che corrisponde al maggior numero di ore di utilizzo della canna fumaria dall'ultima pulizia e in cui il clima è ancora freddo. Il grafico sottostante mostra la somma di tutte le segnalazioni in cui la temperatura ha superato la prima soglia (80 °C) nei vari mesi dell'anno di sperimentazione. Durante i test non si è mai reso necessario attivare i Vigili del Fuoco perché nelle canne fumarie monitorate non sono mai state raggiunte temperature critiche (maggiore di 150 °C). Il grafico di Fig.12 mostra in numero di eventi totali di surriscaldamento registrati nella seconda sperimentazione su tutti i sensori installati.

Numero totale di avvisi da surriscaldamento canna fumaria

Fase 2: Novembre 202 - Aprile 2021

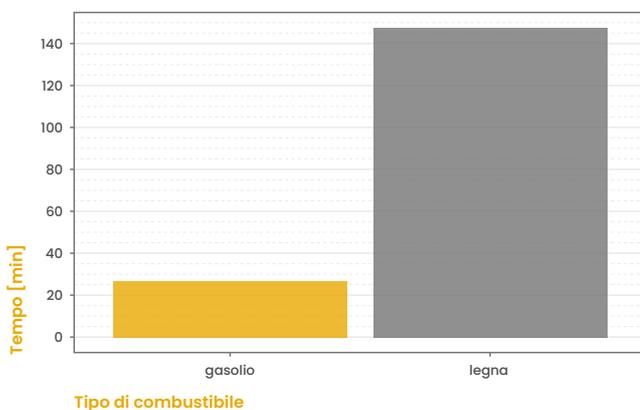


(Fig.12)

I dati raccolti sono serviti a caratterizzare alcune caratteristiche tipiche del surriscaldamento della canna fumaria. E' stato possibile capire se diversi tipi di combustibile hanno tempi di innalzamento termico, di inerzia termica, e di raffreddamento diversi. Questo ha effetti diretti sulla trasmissione di calore e quindi del rischio incendio delle strutture circostanti (legno, materiale isolante, altri materiali infiammabili). Inoltre è stato possibile capire come si comportano diversi tipi di strutture, in particolare sono stati comparate due diverse tipologie costruttive, un camino in acciaio ed uno in muratura.

Grazie ai test effettuati e alle successive analisi dati possiamo affermare che il monitoraggio costante della canna fumaria permette un rapido intervento in caso di surriscaldamento. Ad esempio, per avvisi di livello 1 (80 °C) si nota che dalla segnalazione, all'arrivo del picco di temperatura passano circa 30 min per una caldaia a gasolio, mentre per una stufa a legna, in media passano circa 1h 30 min.

Inerzia termica canna fumaria

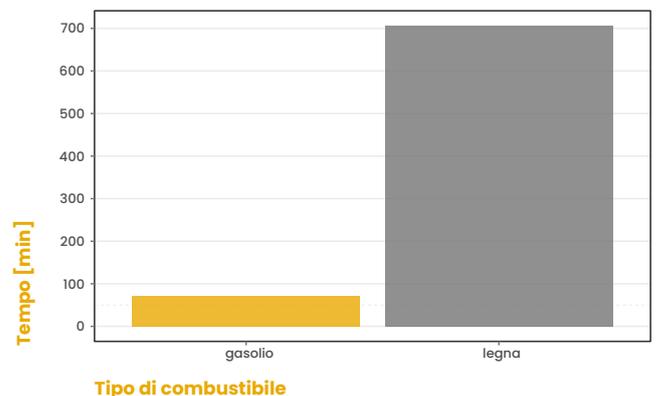


(Fig.13)

Questo perché, in base al tipo di costruzione e dal combustibile utilizzato, la canna fumaria si riscalda e si raffredda più o meno velocemente. L'invio di un' allarme ad inizio evento può portare ad azioni immediate (ad esempio non alimentando più il fuoco oppure iniziando una pulizia della canna fumaria), che riportino la situazione sotto controllo senza ulteriori problematiche.

L'immagine di Fig.14 mostra come canne fumarie di diversi utilizzatori (legna o gasolio) abbiamo comportamenti diversi, il tempo che impiega il camino a passare da una situazione di allarme ($T > 80$ °C) ad una situazione di sicurezza ($T < 40$ °C) varia notevolmente nei due casi. Una caldaia a gasolio impiega (in particolare se dotata di canna fumaria in acciaio) impiega circa 1h per ritornare in condizioni di sicurezza. Al contrario il surriscaldamento di una caldaia a legna si mantiene per molto più tempo (fino a 12 ore). Questo è compatibile con il fatto che l'estinzione del gasolio avviene quasi immediatamente una volta chiuso il rubinetto di alimentazione, mentre l'estinzione del legno termina solo una volta finito il combustibile.

Tempi di raffreddamento canna fumaria

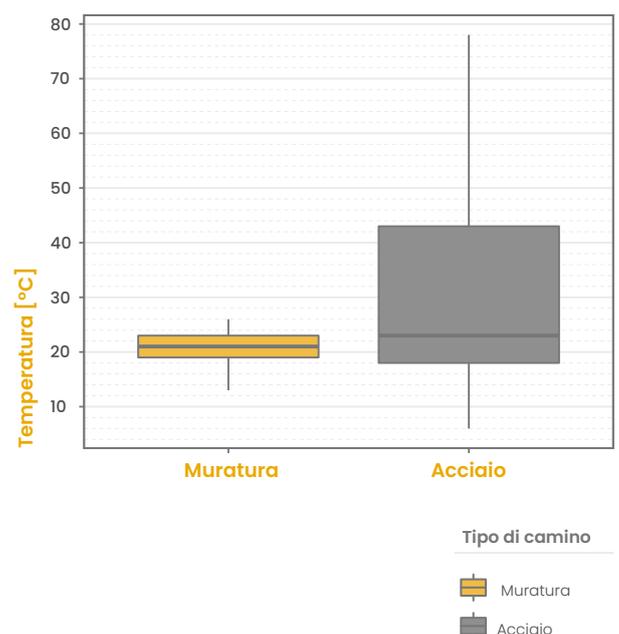


(Fig.14)

Vale inoltre il fatto che diverse strutture di canna fumaria hanno comportamenti termici molto differenti. Grazie alle peculiarità di una casa rientrante nel test abbiamo potuto eseguire un confronto diretto tra un camino in acciaio ed uno in muratura applicati sulla stessa caldaia. L'abitazione in esame era dotata di una caldaia a gasolio, il primo pezzo di camino era in acciaio il quale si innestava in un preesistente camino in muratura. Posizionando due moduli sensore, uno alla fine del condotto in acciaio e l'altro all'inizio di quello in muratura abbiamo potuto confrontare direttamente il comportamento delle due tipologie di canna fumaria in condizioni di normale utilizzo. Analizzando i dati dell'intero periodo di installazione (febbraio 2020 - aprile 2021) si notano parecchie differenze, ad esempio il range di temperatura sull'acciaio è piuttosto ampio. Infatti tale materiale ha un'elevata trasmissione termica e quindi è corretto che, se soggetto ad una fonte di temperatura elevata, raggiunga in modo rapido alte temperatura e una volta rimossa la fonte di calore in tempi piuttosto brevi si raffredda e si riporta alla condizione iniziale, anche a notevoli distanze dalla fonte del calore. Al contrario il camino in muratura tende a trasmettere con maggiore difficoltà il calore verso l'esterno, per questo le temperature raggiunte sono più basse. Se da un lato la canna fumaria in acciaio che si riscalda velocemente può comportare un miglior tiraggio e un minor rischio di formazione di creosoto per condensazione, dall'altro il contatto con materiale infiammabile (travi in legno, materiale isolante) è soggetto a maggior rischio incendio. Il camino in muratura invece offre maggiori protezioni dal punto di vista del contatto termico, aumenta però il rischio di formazione del creosoto, in par-

ticolare dopo prolungati periodi di inutilizzo. L'immagine di Fig.15 mostra la distribuzione delle temperature di esercizio nei due diversi tipi di camino. Entrambi hanno una temperatura media comparabile (21 °C muratura, 22 °C acciaio), il 68% dei dati nel camino in muratura si trova nel range dai 19°C ai 23 °C mentre nell'acciaio il range si estende dai 17°C ai 40 °C. Se consideriamo il 95% dei dati il camino in acciaio ha un escursione termica maggiore (9 °C - 74 °C) rispetto al camino in muratura (13 °C - 26°C). Al di fuori di questi range si potrebbe ipotizzare un malfunzionamento. Al momento non verrebbe inviato nessun allarme poiché il rischio di incendio da contatto rimane basso nonostante la canna fumaria possa avere qualche problema. Future implementazioni del sistema potrebbero tener conto di analisi storiche per individuare o consigliare controlli più approfonditi.

Temperatura di esercizio in due diversi tipi di camino



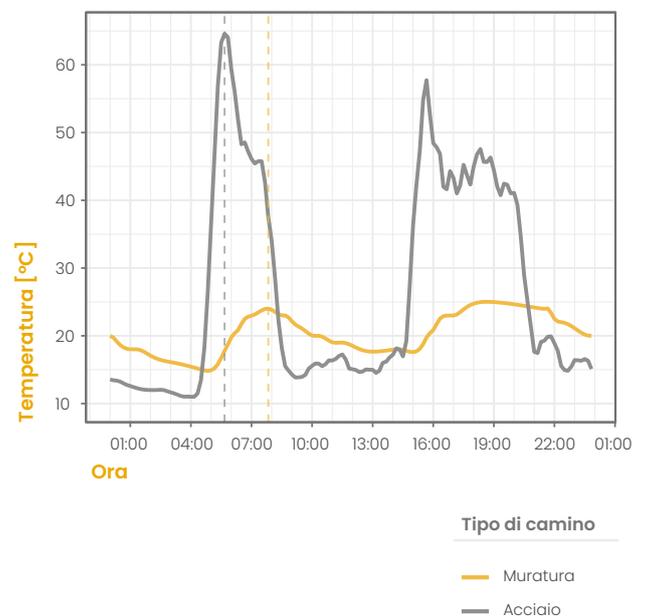
(Fig.15)

In Fig.16 riportiamo un esempio del 12 febbraio 2021, notiamo immediatamente che la caldaia ha effettuato due cicli di combustione, uno che parte verso le 4:30 una alle 14:30. Le durate dei fenomeni e l'andamento delle serie temporali sembra suggerire che i due cicli abbiano caratteristiche diverse, si può ipotizzare che il primo ciclo scaldi l'acqua sanitaria per la mattina, mentre il secondo serve a mantenere in temperatura l'impianto di riscaldamento. Tale caratteristica, seppur con magnitudo diversa, è riscontrabile in ogni giornata, quasi come un andamento periodico. Attraverso una correlazione tra variabili ambientali esterne e caratteristiche costruttive (dimensioni del camino, tipo di materiale, distanza del sensore dalla fonte di calore, ecc...) si potrebbero trovare elementi interessanti per l'ottimizzazione dei consumi energetici.

Il secondo elemento interessante è che le serie temporali del sensore su muratura e del sensore su acciaio sono correlate con un time lag. Tramite un'analisi della cross correlazione ritardata è stato possibile stimare il ritardo tipico che si osserva tra i massimi di temperatura su acciaio e su muratura. È stato stimato un tempo di 130 min di ritardo tra un picco e l'altro, ciò significa che mentre sull'acciaio il surriscaldamento della canna fumaria si rende visibile immediatamente, sulla muratura rimane latente. D'altro canto però se si considera il rischio incendio derivante dal contatto della canna fumaria con strutture infiammabili, il camino in acciaio ha una probabilità di fungere da fonte d'innescio nettamente superiore rispetto al camino in laterizio/muratura. Le velocità di riscaldamento sono nettamente differenti, passiamo da incrementi di circa 36 °C/1h nel camino in acciaio, a 3 °C/1h del camino in muratura

ipotizzando una parità di temperatura interna. Una volta raggiunta la temperatura di picco, il camino in acciaio tende a raffreddarsi velocemente, mentre quello in muratura si mantiene in temperatura per più tempo prima di iniziare la fase di raffreddamento (con una curva esponenziale decrescente). Nel gestionale sviluppato, il proprietario di casa, il gestore, lo spazzacamino hanno accesso alle informazioni sul tipo di camino. Conoscendo queste dinamiche, essi possono porre più o meno attenzione alle misure che i sensori rilevano e quindi organizzare attività di prevenzione diversa (allontanamento materiale infiammabile, ispezione, pulizia, controllo, ecc...).

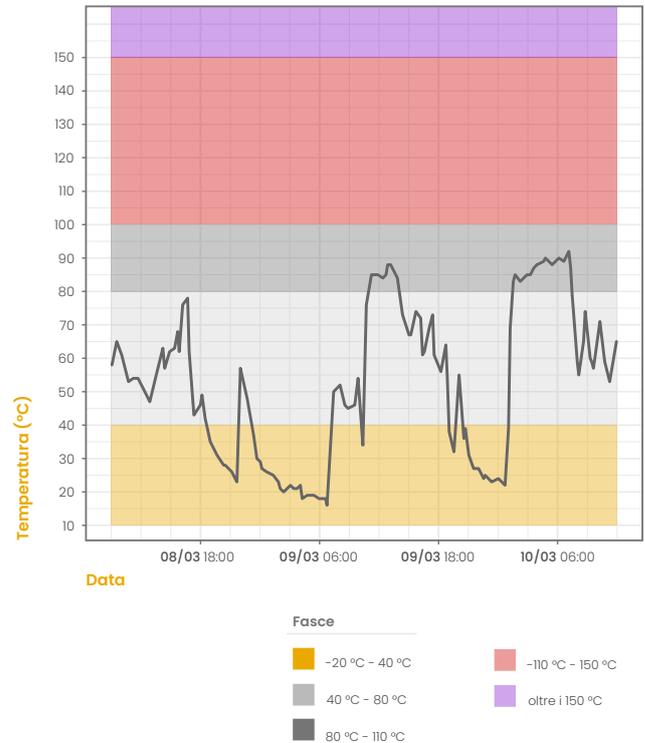
Confronto tra camino in muratura e camino in acciaio



(Fig.16)

Nella Fig.17 mostriamo invece una breve analisi di un evento registrato su una canna fumaria monitorata nel test estensivo. Notiamo che durante la serata dell'8 marzo 2021 la canna fumaria si è raffreddata a seguito di un non utilizzo da alcune ore. Verso le 7 del giorno seguente, a causa dell'accensione dell'utilizzatore (stufa a legna) la temperatura è salita fino a raggiungere la soglia degli 80 °C alle 11 circa. Per circa 3 ore il sensore ha mantenuto la canna fumaria in uno stato di "allerta". Una volta raggiunto il picco, attorno ai 90 °C la temperatura è progressivamente diminuita fino ad arrivare a completo raffreddamento, per poi iniziare un nuovo ciclo il giorno successivo. Si nota che rispetto al picco di temperatura il sensore segnala il malfunzionamento con un certo tempo di anticipo, permettendo così l'adozione di procedure di sicurezza. Nel grafico sono inoltre indicate 3 fasce di colore diverso, verde (-20 °C, 40 °C), giallo (40 °C, 80 °C) e arancione (80 °C, 110 °C), al passare da una fascia all'altra il sensore intensifica la frequenza di campionatura permettendo un monitoraggio più puntuale e preciso. Sono presenti ulteriori 2 fasce, rosso (110 °C, 150 °C) e viola (oltre i 150 °C), non sono visibili sul grafico riportato, che presuppongono l'invio di un tecnico esperto oppure dei Vigili del Fuoco per un controllo approfondito della situazione.

Analisi dell'evento del 9 marzo 2020



(Fig.17)

Da questa breve analisi è possibile comprendere come il sistema sia in grado di evitare eventuali incendi in caso di surriscaldamento della canna fumaria. Grazie al sistema di raccolta e analisi dati è possibile caratterizzare ogni camino ed individuare precocemente eventi di surriscaldamento, situazione di utilizzo anomalo ed eventuali necessità di manutenzione.

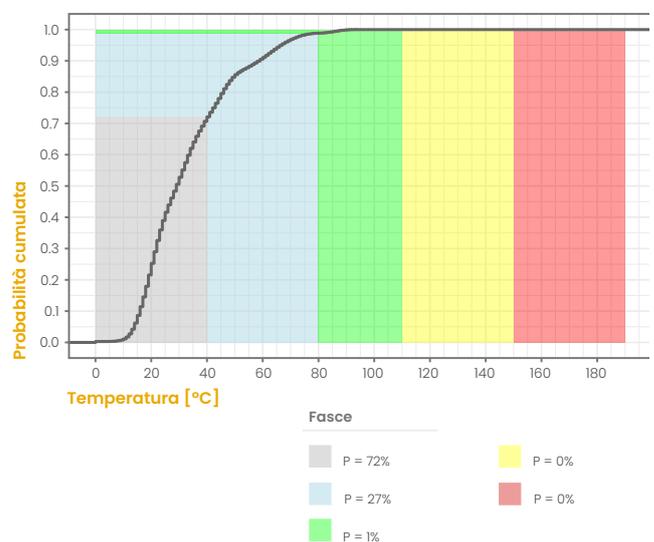
VALUTAZIONE DEL RISCHIO INCENDIO

Grazie alle misure raccolte nel tempo e alle modalità di gestione dei dati e degli avvisi la soluzione proposta da Chipney riesce a ridurre il rischio di incendio derivanti da surriscaldamento della canna fumaria in modo netto. Il ragionamento proposto si basa sul metodo di valutazione dei rischi che avviene attraverso matrice bavarese. Il rischio è definito come il prodotto matematico tra la probabilità di accadimento (quante volte può accadere un incendio) di un evento e il danno creato (le conseguenze che l'incendio provoca), la matrice permette di quantificarlo in modo standardizzato. Identifica 4 scenari di probabilità: 1 bassissima ($P < 20\%$), 2 poco probabile ($20\% < P < 50\%$), 3 probabile ($50\% < P < 80\%$), 4 elevata ($P > 80\%$) e 4 scenario di danno, 1 - lieve (disagio dovuto al imprevisto), 2 - moderato (necessaria spesa per il ripristino della canna fumaria in sicurezza), 3 - grave (danno a strutture limitato alle vicinanze del camino, circa 10 m²), 4 - grave (danno esteso alla copertura o incendio generalizzato o danno a persona). Nel nostro caso sembra ragionevole correlare la probabilità con le soglie di temperatura impostate. Questo fatto deriva da un'analisi della letteratura disponibile e dallo stress test eseguito sul campo. Sicuramente la continua raccolta di dati nel tempo potrà dare una statistica più completa ed esaustiva sul fenomeno. Per temperature al di sotto dei 40 °C è impossibile avere combustione, quindi la probabilità di incendio è 0%. Rientrano nella prima fascia di probabilità le temperature tra 40 °C e 80 °C, nella seconda fascia le temperature tra 80 °C e 110 °C, mentre tra 110 °C e 150 °C l'evento è probabile (terza fascia), al

di sopra dei 150 °C la probabilità di incendio è molto elevata.

Il grafico di Fig.18 mostra la distribuzione delle temperature misurate da tutti i sensori e ne assegna un grado di probabilità in relazione alla sua frequenza. Possiamo notare che la maggior parte dei dati raccolti (72 %) si trova in una fascia di temperatura ritenuta sicura, di colore grigio. Si ha una probabilità del 27% di trovarsi in una temperatura che può dar luogo, seppur con poca probabilità, a incendio (fascia 1, colore azzurro), mentre solo l'1% delle rilevazioni si trova in una fascia in cui è probabile l'incendio (fascia 2, colore verde). In fascia 3 (colore giallo) e in fascia 4 (colore rosso), ad oggi, grazie all'avviso precoce di anomalia, non abbiamo avuto nessun caso di evento di incendio. Inoltre grazie al fatto che in caso di comportamenti anomali venga avvertito anche lo spazzacamino o il gestore dell'impianto la manutenzione viene effettuata con più regolarità evitando quindi di incorrere in surriscaldamenti dovuti ad una cattiva pulizia della canna fumaria

Curva di Distribuzione Empirica di Probabilità



(Fig.18)

Per quanto riguarda il danno, il sistema di monitoraggio e allarme permette di intervenire sul problema ancor prima che si verifichi. Nelle prove effettuate il sistema di allarme ha permesso al proprietario di effettuare alcune semplici manovre che hanno permesso di minimizzare il danno. Infatti attraverso lo spegnimento della caldaia o della stufa hanno permesso di limitare il danno economico a zero e al minimo il disagio per il mancato utilizzo.

In Tab.2 viene mostrata la matrice del rischio, definita. Sono state definite in precedenza le varie soglie di probabilità e le classi di danno. Attraverso l'analisi della curva di Distribuzione Empirica delle Probabilità possiamo presentare 2 esempi di calcolo della valutazione del rischio incendi derivante dal surriscaldamento della canna fumaria.

Matrice del rischio

		PROBABILITÀ			
		1 bassissima	2 poco probabile	3 probabile	4 elevata
DANNO	1 Lieve	1	2	3	4
	2 Medio	2	4	6	8
	3 Grave	3	6	9	12
	4 Gravissimo	4	8	12	16

(Tab.2)

Caso 1

Nessun dispositivo di controllo presente



Probabilità evento

2 - 3 a seconda del tipo di camino e della regolarità della pulizia

Danno

da 2 medio (necessaria pulizia del camino urgente e stop riscaldamento) a 4 gravissimo (incendio tetto esteso)

Rischio

da 4 a 12: Rischio medio/elevato

Caso 2

Soluzione Chipney (Centralina + Sensore + App + Gestionale)



Probabilità evento

1 - 2 da Fig. 18 si nota che nel 99% dei casi test si ha una probabilità bassa di surriscaldamento

Danno

da 1 lieve a 2 medio (necessaria pulizia del camino urgente e stop riscaldamento)

Rischio

da 1 a 4 Rischio basso/medio

Con questa analisi è stato possibile dimostrare che una soluzione tecnologica che monitora da remoto le temperature della canna fumaria può essere una soluzione efficace nella gestione del rischio incendio derivante dal contatto con la canna fumaria surriscaldata.

4. Conclusioni

Il progetto realizzato ha portato alla produzione di un dispositivo altamente tecnologico che permette un monitoraggio costante delle temperature della canna fumaria. Attraverso il software gestionale proprietari, installatori, spazzacamini e Vigili del Fuoco possono ricevere in tempi brevi diverse notifiche di malfunzionamento ed attivare gli opportuni controlli prima che la situazione diventi difficile da gestire e i danni arrecati dal surriscaldamento della canna fumaria siano ingenti. Inoltre per verificare il corretto funzionamento sia in condizioni reali che in condizioni di stress sono stati eseguiti dei test dove è stato possibile dimostrare che, nelle situazioni tipiche delle costruzioni attuali, i sensori hanno un'alta efficacia nel prevenire la propagazione dell'incendio alle strutture adiacenti al camino.

Il software gestionale invia avvisi a:



(Fig.9)

Grazie alla connessione tra centraline e gestionale si raccolgono in real time una grande quantità di dati che possono essere utilizzati per conoscere a fondo il problema.

Tra i possibili sviluppi si sta pensando all'introduzione di algoritmi di intelligenza artificiale per la previsione del rischio surriscaldamento della canna fumaria. Individuando particolare pattern tipici di ogni camino è possibile stimare il reale utilizzo del camino, il suo rischio incendio e programmare quindi la necessaria manutenzione e pulizia.

Raccolta dati

inviati dalle centraline al gestionale



(Fig.10)

Chipney srl



mailus@chipney.it
chipneysrl@pec.it



Via Trento 164, 38023 Cles (TN)



P.IVA. 02539200226



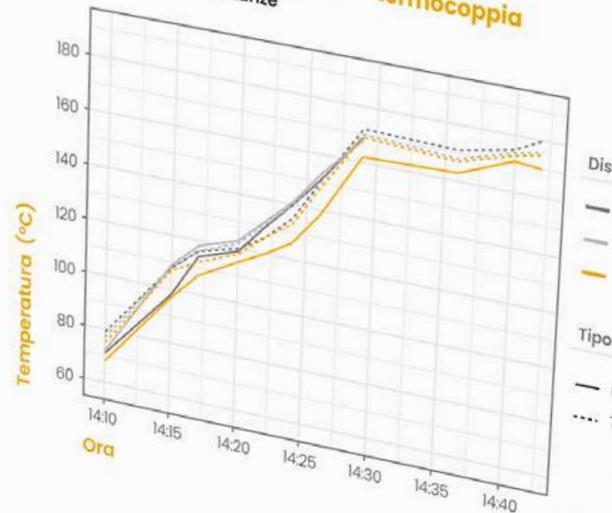
www.chipney.it

Firesafety Solutions



graphic design
from DOLOMEET with love

Confronto tra sensore IR e termocoppia Test a diverse distanze



Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Quis ipsum suspendisse ultrices gravida. Risus commodo viverra maecenas accumsan iaculis vel facilisis.