

IWMA Seminar Italy 2019 – Seminario sulla Tecnologia Antincendio Water Mist
promosso da International Water Mist Association

Federazione delle Associazioni Scientifiche e Tecniche – FAST, Milano
11 aprile 2019

**SISTEMI WATER MIST E SISTEMI SPRINKLER
NELLA PROTEZIONE DEI PARCHEGGI
STUDIO SPERIMENTALE E CONFRONTO PRESTAZIONALE**

Paolo E. Santangelo^a, Luca Tarozzi^b

^a Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari", Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, Modena

^b Bettati Antincendio S.r.l., Reggio Emilia



UNIMORE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI
MODENA E REGGIO EMILIA

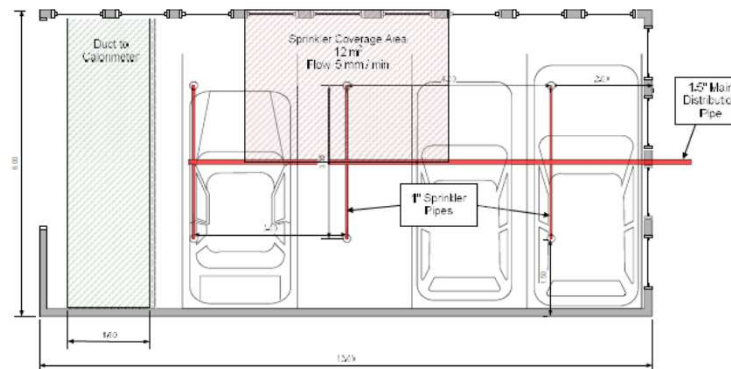
bettati
ANTINCENDIO

Autorimesse: protezione attiva?

Chow (Tunn Undergr Space Technol 13, 281-287, 1998) simulò sprinkler con temperature di attivazione a 68 °C e vari tempi di risposta in uno scenario di incendio con HRR di 5 MW e ventilazione meccanica:

- appare opportuno combinare la **rapidità di risposta** con la **bassa produzione di vapor d'acqua**, dannosa per eventuali occupanti
- gli ESFR **non** sembrano essere la soluzione più indicata

Shipp et al. (Fire spread in car parks. Final research report BD 2552. BRE, Watford, UK, 2009) inserirono gli sprinkler in **1 dei 12 test in scala reale** condotti su varie configurazioni di parcheggio e di incendio



Merci (Fire Saf J 57, 2, 2013) e Merci e Shipp (Fire Saf J 57, 3-10, 2013) hanno enfatizzato la necessità di **espandere** gli studi sulla protezione antincendio di autorimesse verso altre direzioni, inclusi **i sistemi a scarica**

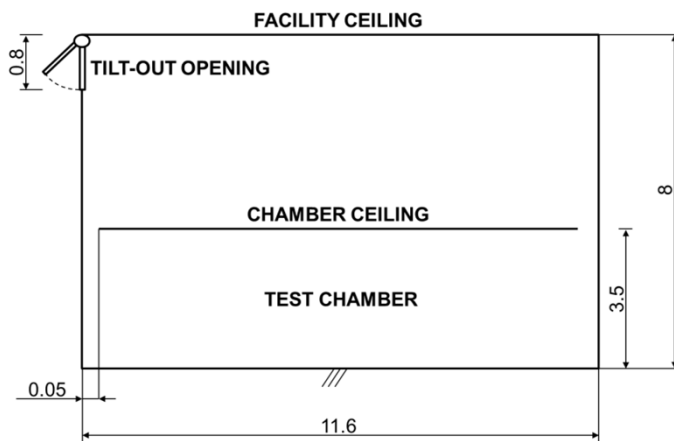
Autorimesse: layout e setup

Generalità

- classe OH2 (*Ordinary Hazard 2*) della norma UNI EN 12845 per l'identificazione delle dimensioni dello scenario
- test parzialmente ispirati alle linee guida VdS (*Wassernebel-Sprinkleranlagen und Wassernebel-Löschanlagen Hochdruck-Systeme, Planung und Einbau, VdS 3188. VdS Schadenverhütung, Colonia, Germania, 2015*) per scenari quali le autorimesse e per l'analisi comparativa di generici sistemi ad acqua e sprinkler

Struttura e camera di prova

- box prefabbricato in lamiera di acciaio corrugato (altezza 8 m, base di 79 m² – 6.8 × 11.6 m)
- camera di prova con soffitto secondario a 3.5 m dal suolo



Autorimesse: layout e setup

Ventilazione

- naturale, apertura a vasistas verso l'esterno di 5.4 m² a soffitto
- 1.8 m² di spazio tra il soffitto secondario e le pareti: < 1/20 dell'area di base, > 0.06 m² per parcheggio disponibile

Accelerante e configurazione veicoli

- accelerante: *pool fire* di eptano (2 container, 600 × 900 × 100 mm, 14 l eptano + 14 l acqua ciascuno) sotto il veicolo oggetto di incendio (centrale)
- 3 auto: 1 centrale, oggetto di incendio + 2 target laterali

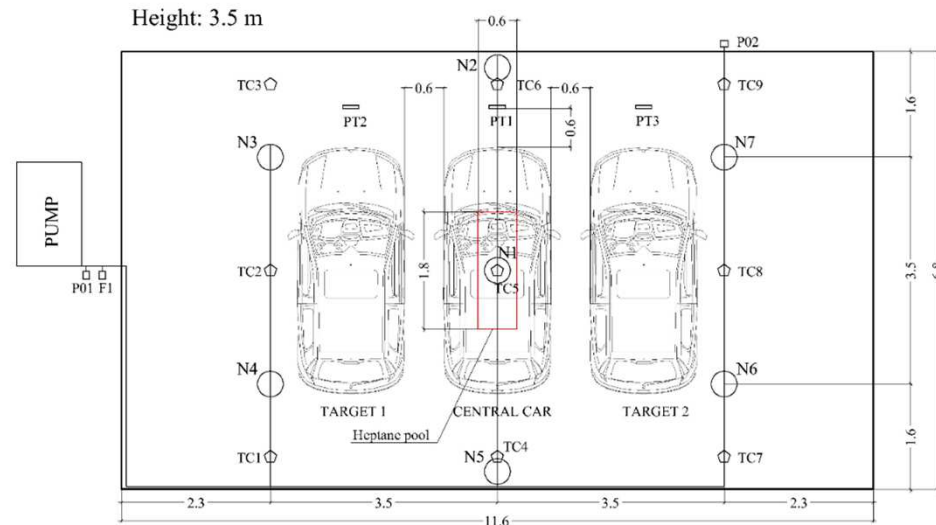
Caratteristiche dei veicoli

- auto in condizioni operative di funzionamento
- modelli molto simili per auto centrali e target: massa (classe medio-compatta, 1180 – 1480 kg, 50% – 60% della popolazione mondiale di autoveicoli) e materiale combustibile (interni e pneumatici)
- tutti i liquidi (e.g., combustibile, olio, refrigerante) e i gas in pressione rimossi prima dei test
- airbag rimossi prima dei test
- gomme sgonfiate prima dei test e altezza operativa mantenuta con sostegni
- capacità di soppressione/controllo genericamente verificabile prima che quanto rimosso per evitare esplosioni diventi significativo, airbag esclusi

Autorimesse: configurazioni

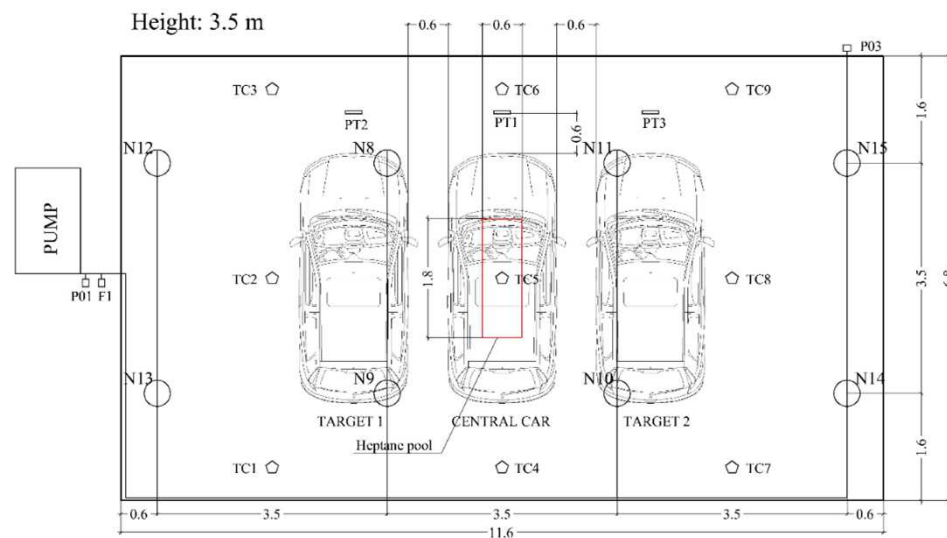
C1

Ugello sull'asse di simmetria verticali dei contenitori di eptano



C2

Quattro ugelli equidistanti dall'asse di simmetria verticale dei contenitori di eptano

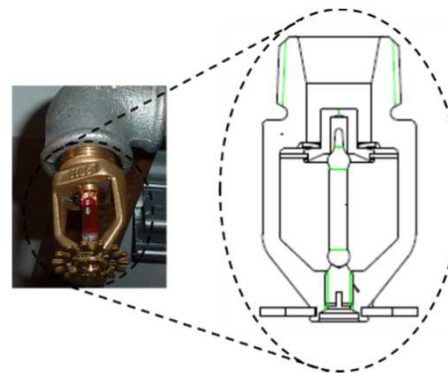


Sistemi di scarica: sprinkler

Ugelli realizzati da CPF Industriale S.r.l., codice: SKR 15, con bulbo termosensibile

Caratteristiche

- diametro del foro di uscita (d_o) = 15 mm
- temperatura di rottura del bulbo: 68 °C (tempo di risposta standard)
- area di copertura = 12 m², da spaziatura ugelli
- pressione operativa = 1 bar
- densità di scarica = 6.5 l min⁻¹ m⁻²
- stima del diametro caratteristico (d_m o D_{v50}): $\frac{d_m}{d_o} = C \cdot We^{-1/3}$, dove tensione superficiale e densità dell'acqua sono state prese a 25 e 20 °C rispettivamente, la velocità è stata calcolata con un modello di tipo Bernoulli e la costante C è stata presa da letteratura per ugelli con fori di uscita e portate simili (2.7); d_m è risultato 1170 μm

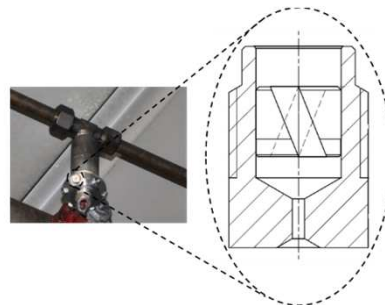


Sistemi di scarica: water mist

2 tipi di ugello realizzati da Bettati Antincendio S.r.l., a 6 iniettori con bulbo termosensibile

Caratteristiche

- diametro dei fori di uscita = 0.95 e 1.15 mm
- temperatura di rottura del bulbo: 68 °C (tempo di risposta super rapido)
- area di copertura = 12 m², da spaziatura ugelli
- pressione operativa = 91 e 95 bar
- densità di scarica = 1.5 e 2.0 l min⁻¹ m⁻²
- stima del diametro caratteristico (*SMD*): uso del modello di Giffen e Muraszew (Atomization of Liquid Fuels. Chapman & Hall, London, UK, 1953) e validato da Santangelo (J Therm Sci 21, 539-548, 2012); *SMD* è risultato 34 e 36 µm sui 2 diametri del foro di uscita
- additivo biodegradabile *FireSeal* di BioEcoLogica S.r.l. impiegato in 1 test (3% vol.); variazione stimata della dimensione caratteristica delle gocce: ±15%



Matrice dei test

Test	Densità di scarica (L min ⁻¹ m ⁻²)	Tipo di ugello	Flow number (L min ⁻¹ bar ^{-0.5})	Pressione operative (bar)	Area di copertura (m ²)	Configurazione
C1SPK	6.5	Sprinkler (con bulbo a 68 °C, risposta standard)	80	1	12	C1
C1WM1.5	1.5	Water mist (con bulbo a 68 °C, risposta super rapida)	1.89	91	12	C1
C1WM2.0	2.0	Water mist (con bulbo a 68 °C, risposta super rapida)	2.46	95	12	C1
C2SPK	6.5	Sprinkler (con bulbo a 68 °C, risposta standard)	80	1	12	C2
C2WM1.5	1.5	Water mist (con bulbo a 68 °C, risposta super rapida)	1.89	91	12	C2
C2WM2.0	2.0	Water mist (con bulbo a 68 °C, risposta super rapida)	2.46	95	12	C2
C2WMA	1.5 (miscela, additivo al 3%)	Water mist (con bulbo a 68 °C, risposta super rapida)	1.89	91	12	C2

Strumenti di misura e procedura

Strumenti

Termocoppie

- 9 termocoppie di tipo K, 1 acquisizione al secondo
- distanza dal soffitto: 75 mm
- accuratezza: ± 9 °C max. (norma IEC 584-2)
- dotate di mini-cappe per evitare impatto diretto delle gocce spruzzate

Piastre calde

- 3 piastre calde (1 per veicolo) per la stima del flusso termico radiativo e, quindi, della HRR (Ingason e Wickström, Fire Saf J 42, 161-166, 2007)
- distanza dal pavimento: 0.6 m, distanza dal veicolo (fronte): 0.6 m
- stesse termocoppie e frequenza impiegate per misurare la temperatura

Altro

- pressione in uscita della pompa, pressione all'ugello più sfavorito
- portata d'acqua erogata
- tempi caratteristici, rispetto all'ignizione del *pool fire* di eptano (tempo 0)

Procedura e misure di sicurezza

- accensione manuale del *pool fire*
- 30 min di scarica consentita dal serbatoio, con 130 bar di pressione max.
- interruzione ed estinzione manuale se temperatura a soffitto = 350 °C

Analisi quantitativa dei dati

Temperature

- profili con acquisizioni di termocoppie nel tempo, alle varie posizioni di misura
- temperatura massima $T_{peak} = \max(T_{ij})$, dove i è la generica acquisizione (tempo) e j è la generica termocoppia (posizione nello spazio) → massimo stress termico sulla struttura
- temperatura media di picco $T_{peak,ave} = \frac{\sum_j(\max(T_i))_j}{9}$ → inclusione della distribuzione spaziale dell'incendio nella valutazione del massimo stress termico
- temperatura massima mediata $T_{max,ave} = \frac{\sum_j T_{max,ave,j}}{9} = \frac{\sum_j(\sum_j T_{\tau j})}{9 \cdot 9}$, dove τ è il tempo (acquisizione) alla quale è stato registrato il massimo valore presso la j -esima termocoppia (posizione di misura) → inclusione dell'estensione dell'incendio, allorché il massimo stress termico è raggiunto in una singola posizione
- derivata prima della temperatura media T_{ave} sulle 9 termocoppie (posizioni) a ogni acquisizione $dT_{ave,i}/dt$; una media mobile su 5 acquisizioni è stata impiegata nel calcolo della derivata per ridurre il rumore → valutazione del profilo di sviluppo dell'incendio

Flusso termico radiativo

Il flusso termico irradiato è stato calcolato per ogni acquisizione della termocoppia di

ogni piastra calda mediante la formula $\dot{q} = \frac{\varepsilon_{PT}\sigma T_{PT}^4 + (h_{PT} + K_{cond})(T_{PT} - T_{\infty}) + \rho_{st}c_{st}S(\Delta T_{PT}/\Delta t)}{\varepsilon_{PT}}$,

con esclusione finale del termine di inerzia termica (ultimo) per ridurre il rumore

Analisi qualitativa dei danni

L'ispirazione è stata fornita dal lavoro di Mangs e Keski-Rahkonen (Fire Saf J 23, 17-35, 1994), uno dei primi e pochi a caratterizzare l'andamento di incendi di autovetture sui vari componenti, anche impiegando **analisi calorimetrica**

Sono stati considerati:

- danni all'auto centrale oggetto di incendio, in particolare:
 - pneumatici, gomme incluse
 - parabrezza, lunotto posteriore e vetri laterali
 - carrozzeria e telaio
 - interni
- eventuali danni alle auto laterali (target), con valutazione di tutti gli elementi indicati in precedenza

Una logica SÌ/NO è stata applicata alla valutazione di alcuni elementi (e.g., la rottura di vetri), mentre per altri elementi è stato possibile realizzare una valutazione più quantitativa (e.g., danni agli pneumatici)

Configurazione C1: risultati

Test	Auto	Pneumatici	Vetri	Ruota di scorta	Esterno	Interno
C1SPK	Centrale	4 (50%)	0	nessun danno	severamente bruciato	perdita di materiale
	Target 1	0	0	nessun danno	nessun danno	nessun danno
	Target 2	0	0	nessun danno	nessun danno	nessun danno
C1WM1.5	Centrale	1 (completamente), 2 (50%)	1 (crepe)	nessun danno	severamente bruciato	perdita di materiale
	Target 1	0	0	nessun danno	1 parafrangente lievemente bruciato	nessun danno
	Target 2	0	0	nessun danno	parti laterali in plastica lievemente bruciate	nessun danno
C1WM2.0	Centrale	2 (completamente), 2 (50%)	0	nessun danno	severamente bruciato	bruciato impercettibilmente
	Target 1	0	0	nessun danno	nessun danno	nessun danno
	Target 2	0	0	nessun danno	lievemente bruciato	nessun danno

Configurazione C1: foto

IWMA Seminar Italy 2019

C1SPK

Auto centrale, esterno



Pre



Post

C1SPK

Auto centrale, interno



Pre



Post

C1WM1.5

Auto centrale, interno



Pre



Post

Auto target, esterno,
post-incendio



C1WM1.5



C1WM2.0

Configurazione C2: risultati

Test	Auto	Pneumatici	Vetri	Ruota di scorta	Esterno	Interno
C2SPK	Centrale	1 (completamente), 3 (50%)	0	nessun danno	severamente bruciato	materiale plastico bruciato più che nel test C1SPK
	Target 1	0	0	nessun danno	nessun danno	nessun danno
	Target 2	0	0	nessun danno	nessun danno	nessun danno
C2WM1.5	Centrale	1 (completamente), 2 (50%)	0	nessun danno	severamente bruciato	impercettibilmente bruciato
	Target 1	0	0	nessun danno	nessun danno	nessun danno
	Target 2	0	0	nessun danno	lievemente bruciato	nessun danno
C2WM2.0	Centrale	0	1 (crepe)	nessun danno	severamente bruciato	materiale plastico notevolmente bruciato
	Target 1	0	0	nessun danno	nessun danno	nessun danno
	Target 2	0	0	nessun danno	nessun danno	nessun danno
C2WMA	Centrale	2 (50%)	4	bruciata	molto severamente bruciato	molto severamente bruciato; incendio diffuso intensamente nel bagagliaio
	Target 1	0	0	nessun danno	nessun danno	nessun danno
	Target 2	0	0	nessun danno	nessun danno	nessun danno

Configurazione C2: foto

IWMA Seminar Italy 2019

C2SPK

Auto centrale, esterno



Post

C2WM2.0

Auto centrale, interno



Pre



Post

C2WMA

Auto centrale, esterno



Post



Post

C2WMA

Auto centrale, interno



Pre

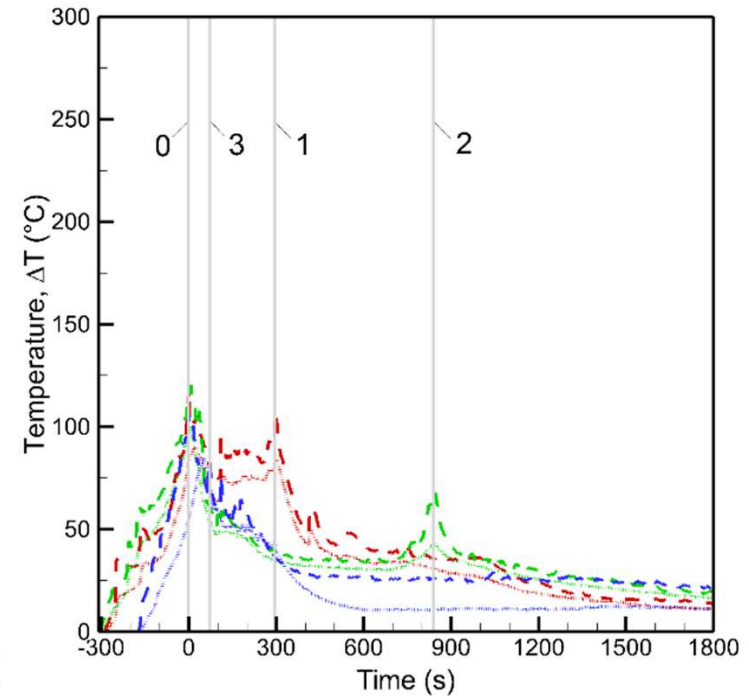
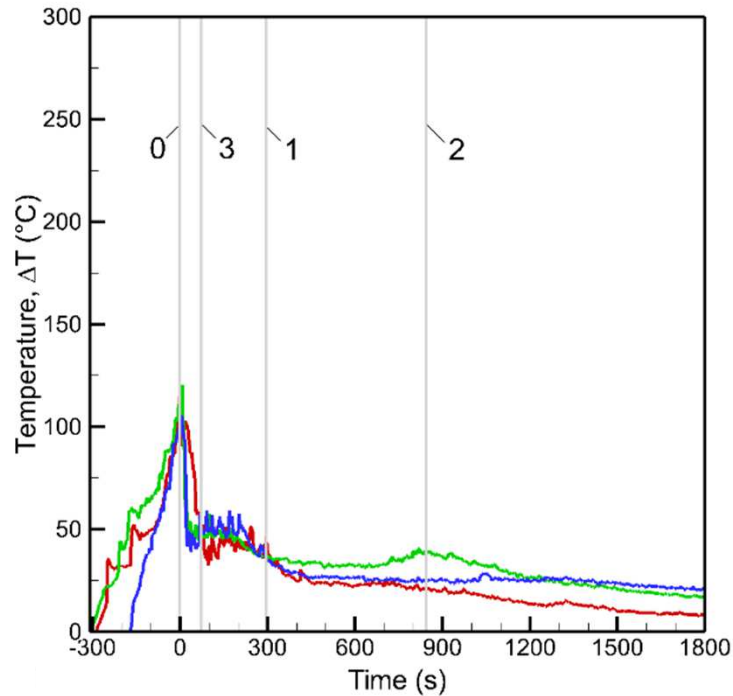


Post

Attivazione ugelli

Test	Ugelli attivati	Tempo di attivazione (s)
C1SPK	N1	290
	N2	290
	N5	589
C1WM1.5	N1	311
	N2	319
	N5	319
	N6	346
	N7	1156
C1WM2.0	N1	173
	N5	173
	N6	243
C2SPK	N8	182
	N9	212
	N10	220
	N11	241
C2WM1.5	N8	136
	N9	136
	N10	136
	N11	317
C2WM2.0	N8	202
	N9	221
	N10	225
	N11	231
C2WMA	N8	82
	N9	82
	N10	82
	N11	130

C1: profili di temperatura

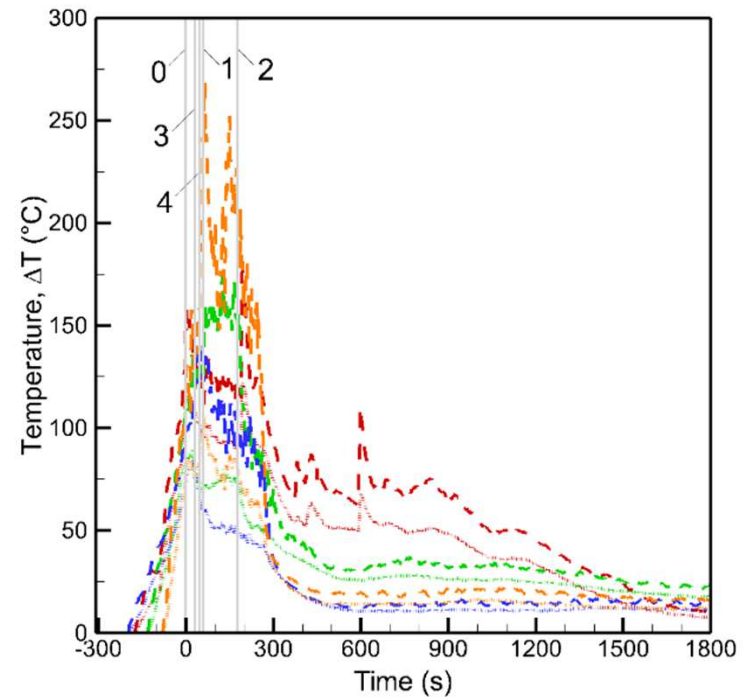
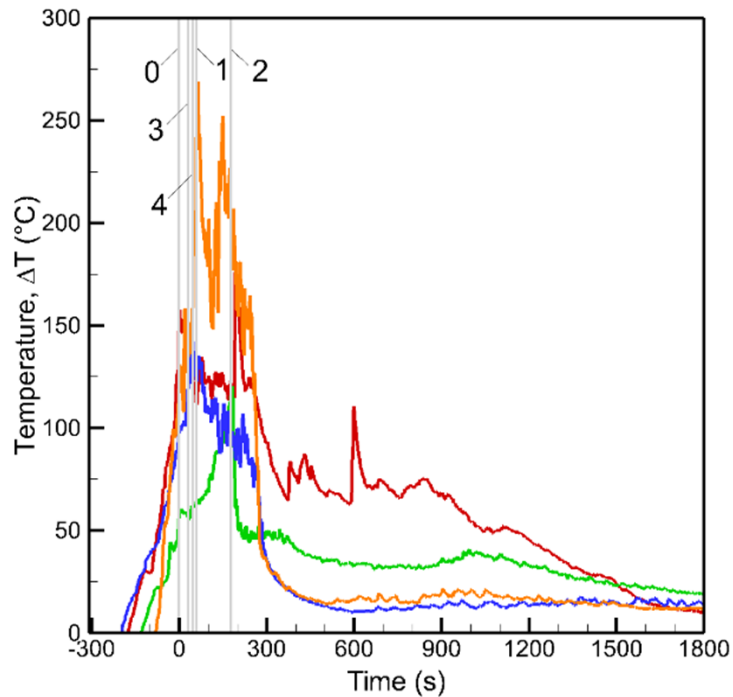


Termocoppia TC5: - C1SPK, - C1WM1.5, - C1WM2.0

ΔT_{peak} : - - C1SPK, - - C1WM1.5, - - C1WM2.0; ΔT_{ave} : · · C1SPK, · · C1WM1.5, · · C1WM2.0

0: attivazione primo ugello, 1: attivazione ultimo ugello C1SPK, 2: attivazione ultimo ugello C1WM1.5, 3: attivazione ultimo ugello C1WM2.0

C2: profili di temperatura

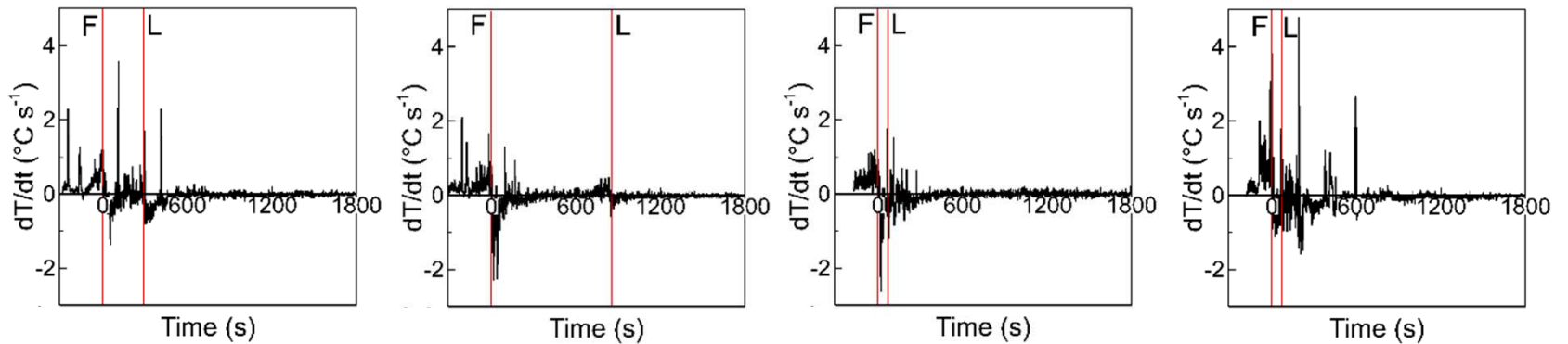


Termocoppia TC5: - C2SPK, - C2WM1.5, - C2WM2.0, - C2WMA

ΔT_{peak} : - - C2SPK, - - C2WM1.5, - - C2WM2.0, - - C2WMA; ΔT_{ave} : · · C2SPK, · · C2WM1.5, · · C2WM2.0, · · C2WMA

0: attivazione primo ugello, 1: attivazione ultimo ugello C2SPK, 2: attivazione ultimo ugello C2WM1.5, 3: attivazione ultimo ugello C2WM2.0, 4: attivazione ultimo ugello C2WMA

Profili di sviluppo dell'incendio

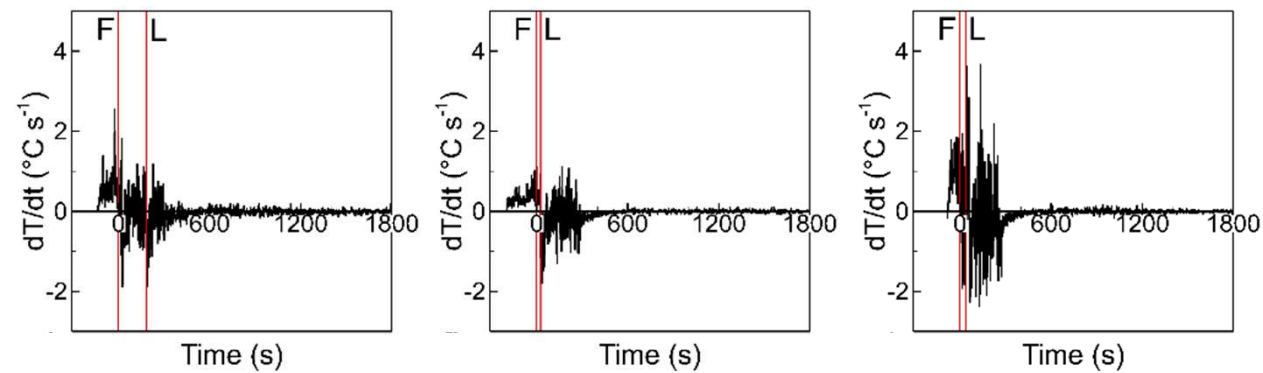


C1SPK

C1WM1.5

C1WM2.0

C2SPK



C2WM1.5

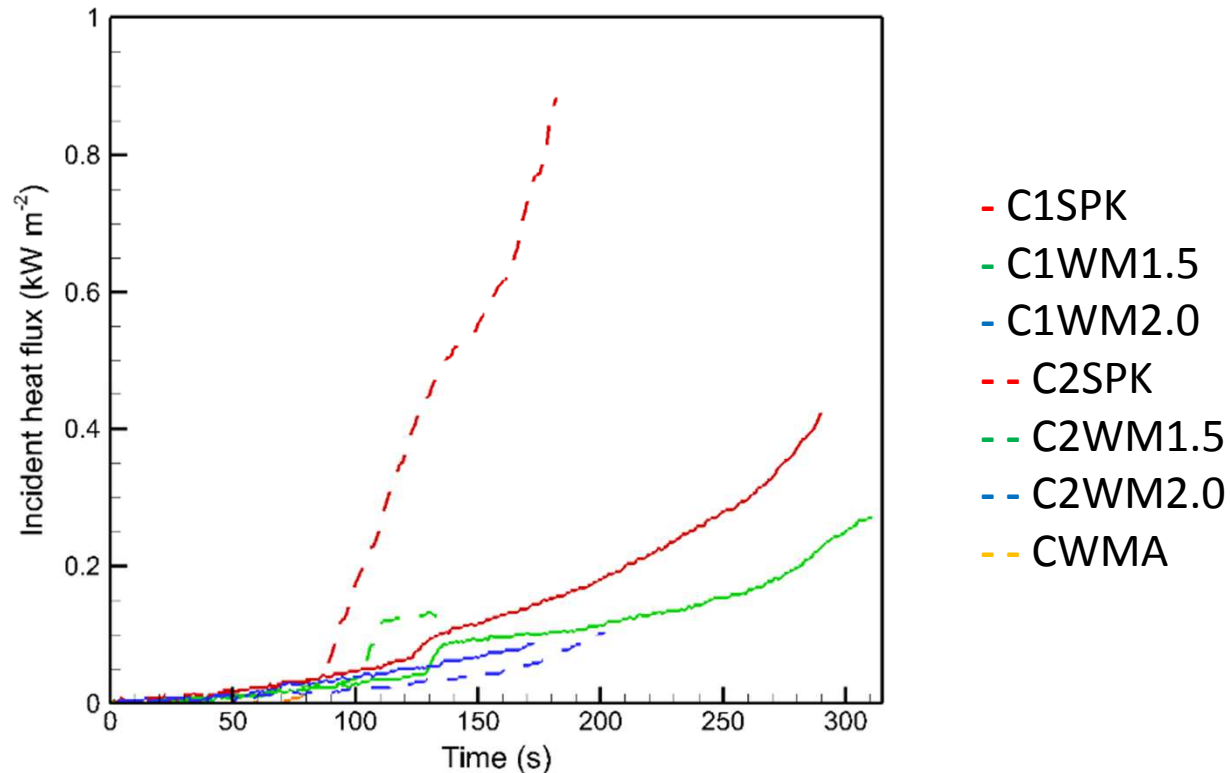
C2WM2.0

C2WMA

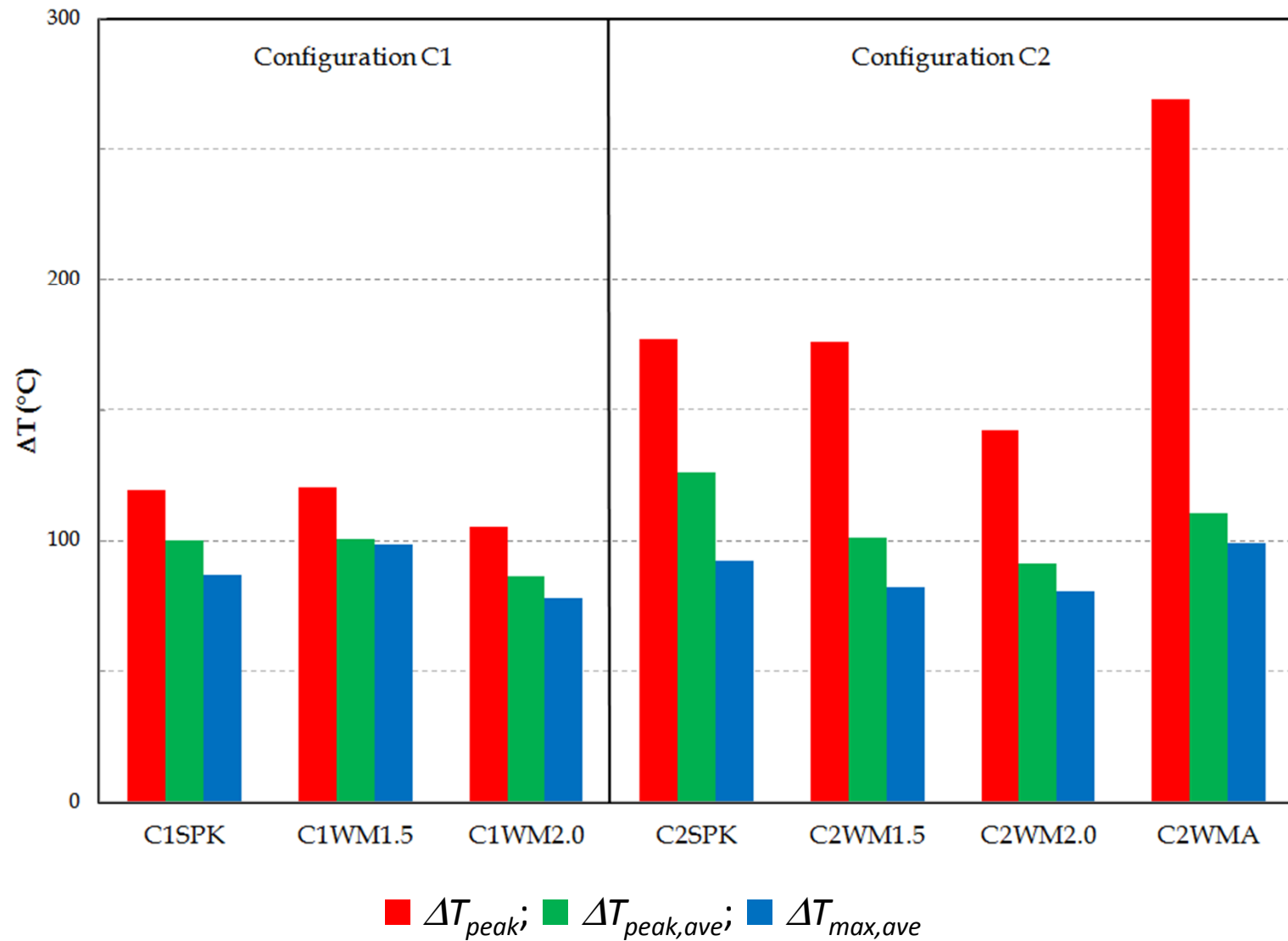
Derivata prima della temperatura media T_{ave} ; F: primo ugello attivato, L: ultimo ugello attivato

Flusso termico radiativo

- Le curve sono state ottenute rimuovendo il termine di inerzia $\left(\rho_{st}c_{st}S\frac{\Delta T_{PT}}{\Delta t}\right)$ per ridurre il rumore
- Le curve di flusso vengono presentate soltanto nell'intervallo di combustione libera; successivamente, la presenza di gocce tra l'incendio e la piastra calda genera possibili incongruenze tra flusso irraggiato e flusso incidente



Riassunto quantitativo



Osservazioni

- Entrambi i sistemi – sprinkler e water mist – hanno raggiunto il **controllo dell'incendio**, senza giungere a soglie di pericolo per la struttura
- Una certa **variabilità nello sviluppo dell'incendio** – tipica di incendi in autorimesse – è evidenziata nella fase di combustione libera
- **Reignizione** – o ripresa – dell'incendio si è verificata nei test con **sprinkler e water mist a bassa densità di scarica**
- Si può affermare conservativamente che la **soppressione** sia stata raggiunta solo dal sistema **water mist ad alta densità di scarica** su entrambe le configurazioni
- Elevata **quantità di moto** e alto **flusso scaricato** combinano la **penetrazione** attraverso i gas caldi per raggiungere le superfici e il **raffreddamento convettivo** delle fiamme
- L'**additivo** impiegato appare **promettente**, sebbene questi test non abbiano fornito conclusioni definitive sulla sua efficacia relativa
- Il tipo di **ventilazione naturale** applicato alle configurazioni analizzate **non** sembra avere un **effetto significativo** sulle prestazioni di sprinkler e water mist

Caso di studio



L'autorimessa è tipicamente una zona con uno specifico rischio di incendio dovuto ad una elevata densità di automezzi:

- parzialmente costituiti da materiali plastici e gomme;
- equipaggiati con serbatoio di combustibili liquidi (benzina, gasolio), e/o gas compressi (metano) o liquefatti (GPL).

I sistemi watermist offrono grandi potenzialità in quanto sono:

- adatti in ambienti confinati/semi confinati;
- adatti per contrastare incendi da combustibili liquidi/solidi con uno sviluppo prevalentemente orizzontale (es. non adatti a magazzini con sviluppo verticale);
- basso impatto della riserva idrica («retrofit» più semplice);
- validati con prove di incendio in scala reale;
- ammessi dalla RTV.6 Autorimesse (DM 21/2/2017).

Caso di studio



Parcheeggio interrato (centro commerciale)

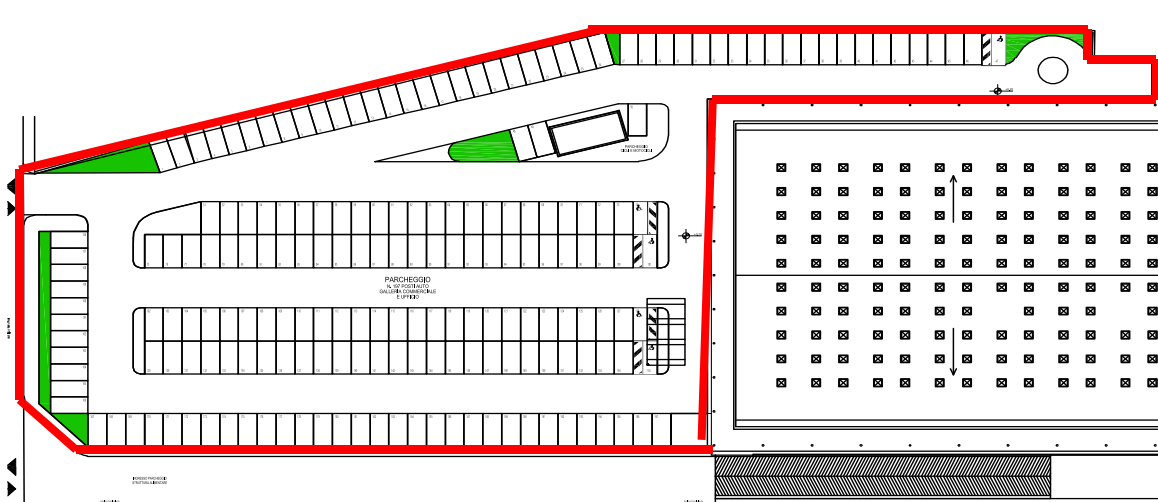
Area: 5250 m²

Singolo piano, altezza 2,8 m

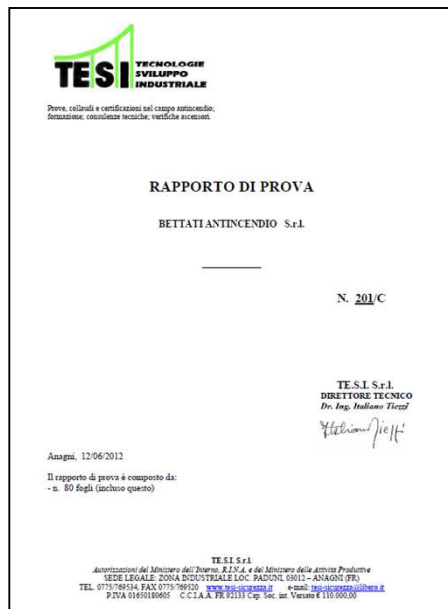
Posti auto: 197 posti auto

Classif. liv. pericolo: OH2 - UNI EN 12845

Analisi con soluzione: alta/bassa pressione watermist



Soluzione 1: alta pressione



Tipologia di sistema

Sistema ad alta pressione con erogatore Bettati antincendio NWMA025B

Protocollo di test

VDS OH2 Parking garages (CEN/prEN 14972-5 «Car Garages») Test svolti con il WITNESS di lab. TE.S.I.

Parametri di progettazione (dal DS)

H_max di installazione= 3,5m
Spaziatura_max= 3,5 m x 3,5 m
K-factor: 2,50 L/min/bar^{0.5}
Pressione minima: 95 bar
Densità scarica: 1,99 mm/min
NOTA: test di spegnimento svolti con tubi pre-caricati con glicole.

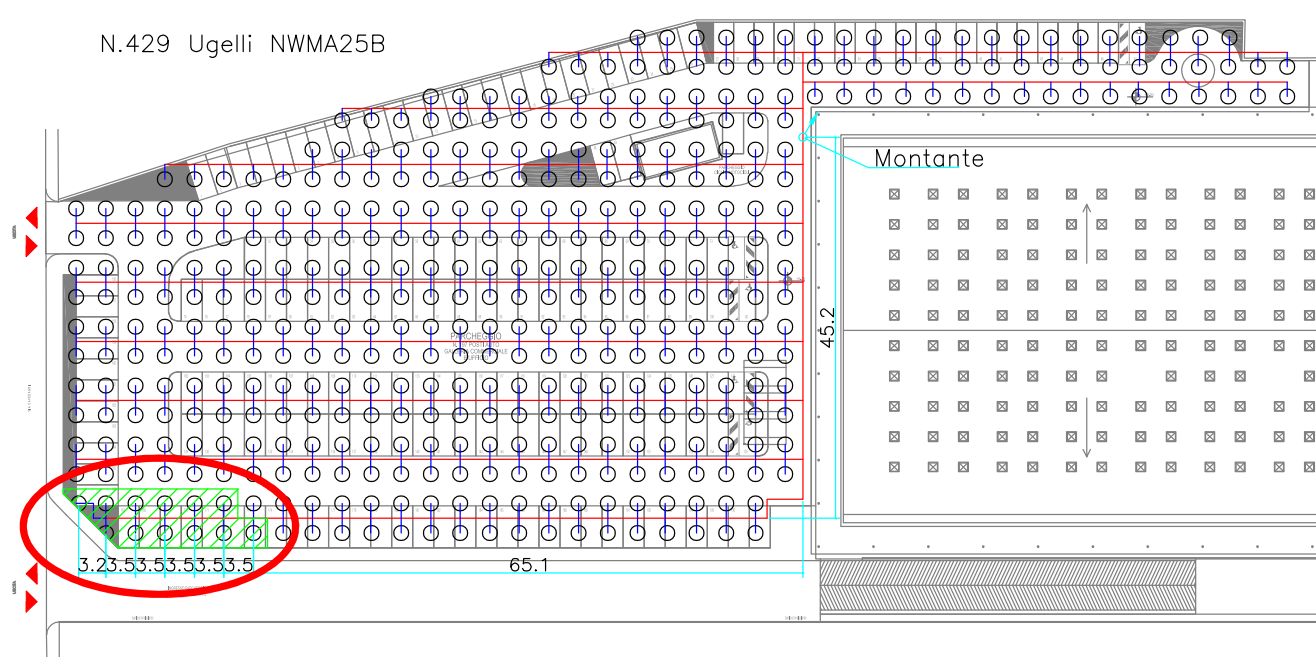
Area operativa

144 m2 (UNI EN 12845 – OH2)

Durata aliment.

60 minuti (UNI EN 12845 – OH2)

Soluzione 1: alta pressione



Area operativa: 144 m² corrispondente a almeno 12 ugelli

Tubazione in AISI316L

Dorsali: 35 mm (sp 3mm)

Derivazioni agli ugelli: 12 mm (sp 1,5mm)

Raccorderia: ad anello tagliante

DIN2353/ISO8434 oppure a pressione alta pressione



Soluzione 1: alta pressione

Full Hydraulic Calculations Computer Printout Page No 1	
Submitted by user number 1211 Bettati Antincendio Via Dibraelli 8 Reggio Emilia 42124 Italy Tel:+39 0522369711 Fax:	Project: Autorimessa Address: Italia Number: 190918 Area ref: Most Unfavourable Hazard: OH2 -UNI EN12845 Authority: Loss Prevention Council Source: 293.2 l/min @ 124.532 bar Printout: 17-settembre-18 at 14:03
Project Data and Design Parameters	
Project name : Autorimessa Area reference : Most Unfavourable Address / location : Italia Project number : 190918 Installation number(s) : Pendent Drawing number(s) : 01 Issue no / date : A Designers reference : Bettati Antincendio srl Project Data File : C:\FHC\PARCHEGGIO_CASESTUDY-HP.FHC Hazard classification : OH2 -UNI EN12845 Design authority : Loss Prevention Council Insurance company : --- Specified density of discharge : 1.99 mm/min (l/min/m2) Assumed maximum area of operation : 147.00 m2 Number of operating sprinkler heads : 12 Maximum area covered per head : 12.25 m2 Highest head / nozzle above source : -5.00 m Number of pipes in system : 24 from 15 to 35 mm Pressure loss equation used : Darcy-Weisbach Fluid : NPPA 750 DENS-998 VISC-0.95 Pipe Data Table : SS_ANSI_316_BETTATI.PDT Maximum fluid velocity : 7.40 m/s in pipe 100 110 Volume of pipework and fittings : 0.09 m3 Elbows are welded for : 0 mm and above Actual density of discharge : 2.65 mm/min over 9.187 m2 Over 4 remotest head nodes : 264 244 233 234 Comment : Car park Checked by & Date :	
Source duty = 293.2 l/min @ 124.532 bar at node no 100	

GRUPPO DI PRESSURIZZAZIONE:
SKID ELETTROPOMPE MODELLO
SWM06EP050J

Portata: 300 L/min

Pressione uscita: 125 bar

Potenza: 85 kW

Riserva idrica: 18 m³ (60 minuti)



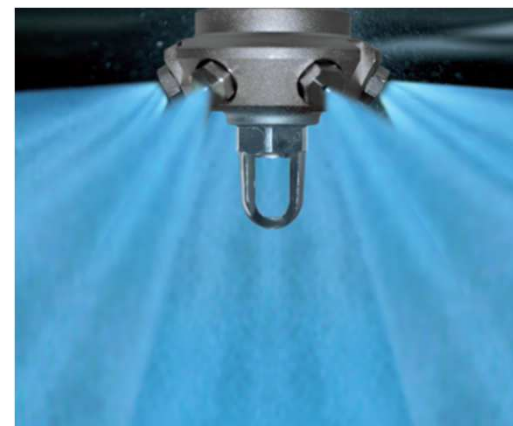
Soluzione 1: alta pressione

Tipologia di sistema	Ugelli	Potenza E.P.	Riserva idrica	Diametri linea di distribuzione
WM alta pressione	429	85 kW	18 m3	35 mm – 12 mm

NOTA: Se dovesse esistere un rischio gelo:

- l'impianto va pre-caricato con additivo antigelo (glicole propilenico);
- vista la tipologia di ugello «pendent» non previsto sistema a secco.

In accordo alla UNI CEN/TS14972,
l'additivo è stato usato anche nelle
prove per dimostrare che NON
influenza le performance del sistema



Soluzione 2: bassa pressione



Tipologia di sistema

Sistema a bassa pressione con erogatore VID FireKill OH-UPR

Protocollo di test

VDS OH2 Parking garages (CEN/prEN 14972-5 «Car Garages») Test svolti c/o lab.DFL (DK), witness DNV-GL

Parametri di progettazione (dal DS)

H_max di installazione= 3,0m
Spaziatura_max= 4,0 m x 4,0 m
K-factor: 19,4 L/min/bar^{0.5}
Pressione minima: 6 bar
Densità scarica: 2,97 mm/min

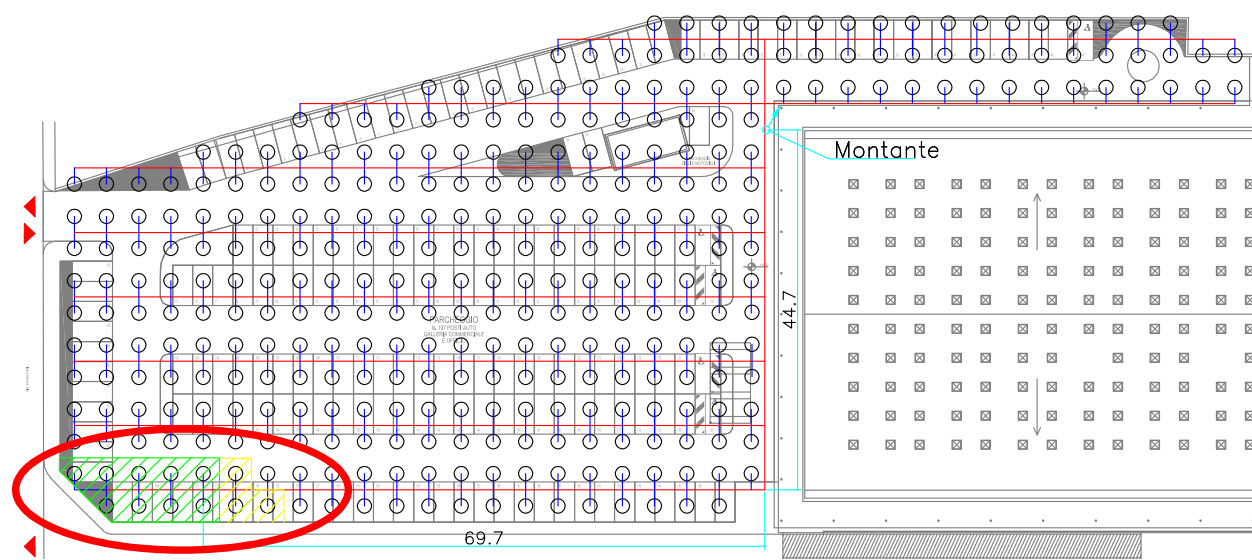
Area operativa

144 m2 (UNI EN 12845 – OH2)
180 m2 (se impianto a secco per rischio gelo)

Durata aliment.

60 minuti (UNI EN 12845 – OH2)

Soluzione 2: bassa pressione



Area operati va: 144 m² corrispondente a almeno 9 ugelli (impianto ad umido); 180 m² corrispondente a almeno 12 ugelli (impianto a secco)

Tubazione in AISI304L/316L

Dorsali: 42/54 mm (sp 1,5 mm)

Derivazioni agli ugelli: 15/18 mm (sp 1,0mm)

Raccorderia: a pressione



Soluzione 2: bassa pressione

GRUPPO DI PRESSURIZZAZIONE – Soluzione ad UMIDO
SKID ELETTRICITÀ MODELLO SWL048VXJ

(multistadio ass. verticale)

Portata: 485 L/min

Pressione: 12,1 bar

Potenza: 15 kW

Riserva idrica: 30 m³ (60 minuti)



Source duty = 484.1 l/min @ 12.111 bar at node no 100

Water supply / pump curve : SWL048VXJ
Flow rates - 0 240 300 360 480 540 600 600 L/min
Pressures - 15.300 14.700 14.300 13.700 12.200 10.900 9.300 9.300 bar

GRUPPO DI PRESSURIZZAZIONE – Soluzione a SECCO
SKID ELETTRICITÀ MODELLO SWL066EXJ

(multistadio ass. orizzontale)

Portata: 597 L/min

Pressione: 12,6 bar

Potenza: 22 kW

Riserva idrica: 36 m³ (60 minuti)



Source duty = 596.4 l/min @ 12.636 bar at node no 100

Water supply / pump curve : SWL066EXJ
Flow rates - 0 480 540 600 720 900 1020 1020 L/min
Pressures - 14.000 13.600 13.200 12.600 11.500 9.400 7.200 7.200 bar

Confronto soluzioni

Tipologia di sistema	Ugelli	Potenza E.P.	Riserva idrica	Diametri linea di distribuzione
WM alta pressione	429	85 kW	18 m3	35 mm – 12 mm
WM bassa pressione	329	15 kW	30 m3	42-54 mm – 15-18 mm

Esiste una soluzione migliore? La risposta va cercata con:

- ✓ Una analisi caso per caso in quanto ogni sistema offre delle opportunità.



Confronto soluzioni

Tipologia di sistema	Ugelli	Potenza E.P.	Riserva idrica	Diametri linea di distribuzione
WM alta pressione	429	85 kW	18 m ³	35 mm – 12 mm
WM bassa pressione	329	15 kW	30 m ³	42-54 mm – 15-18 mm

Esiste una soluzione migliore? La risposta va cercata con:

- ✓ Una analisi caso per caso in quanto ogni sistema offre delle opportunità.



**Grazie dell'attenzione.
Domande?**

Dr. Ing. Paolo E. Santangelo
paoloemilio.santangelo@unimore.it

Dr. Ing. Luca Tarozzi
tarozzi@bettatiantincendio.it