

L'ANALISI DI RISCHIO VISTA COME STRUMENTO PER LA VERIFICA DI ADEGUATEZZA DEL SISTEMA ANTINCENDIO

F.Fazzari, G.Pinetti*, F.Perrone*, E.Avanzi**

**Ispettorato Regionale Vigili del Fuoco – Regione Siciliana
Via M. Stabile 160 – 90100 Palermo Tel. 091-6110988*

*°T R R S.r.l., Piazza Giovanni XXIII, 2 – 24040 Osio Sotto (BG)
E-mail: info@trr.it Tel. 0354823898*

SOMMARIO

La progettazione degli impianti antincendio per stabilimenti industriali a rischio di incendio è solitamente realizzata assumendo a riferimento i requisiti minimi indicati da norme progettuali internazionali tra cui, più diffuse, le NFPA, API, UNI EN. Tuttavia accade spesso che il lay-out delle apparecchiature (colonnine, idranti, monitor, ecc.) non tenga conto di esigenze e situazioni specifiche legate agli scenari che si potrebbero manifestare nell'impianto. Scopo dell'intervento è valorizzare l'importanza dell'analisi di rischio a supporto della progettazione o per la verifica di adeguatezza di impianti esistenti, rispondenti alle esigenze reali di intervento sugli scenari ipotizzabili e di protezione degli impianti e delle apparecchiature e tali da essere utilizzabili dal personale in modo sicuro. Sono stati comparati alcuni esempi di progettazione degli impianti antincendio, facendo riferimento esclusivamente alle norme, con le configurazioni d'impianto che sono state riviste e potenziate, tenendo conto dei risultati e delle considerazioni scaturiti dall'analisi di rischio.

2. INTRODUZIONE

La progettazione dei sistemi antincendio si basa su specifiche dettate da alcune norme di riferimento. Tra le più importanti si ricordano NFPA, API e normative europee (inglesi, francesi, tedesche e russe). Tali normative stabiliscono portate di acqua da utilizzare per raffreddare le apparecchiature/serbatoi limitrofi e le portate di soluzione di schiuma che deve essere utilizzata per le operazioni di estinzione. Infatti durante l'accadimento di un incendio, occorre intervenire cercando di estinguerlo e contemporaneamente raffreddare le apparecchiature limitrofi per evitare danni e cedimenti alle relative strutture e connessioni.

3. ELENCO DELLE ABBREVIAZIONI

API: American Petroleum Institute

Apparecch.: Apparecchiature

Diam.: Diametro

disponib.: disponibile

exp.: expansion

FLASH-FIRE: Incendio di nube di vapor infiammabili

GPL: Gas Pressurizzato Liquefatto

JET-FIRE: Incendio di un getto gassoso turbolento

KW/m²: 10³ Watt/metro quadrato

l/min/m: litro/minuto/metro

l/min/m²: litro/minuto/metro quadrato

Lungh.: Lunghezza
m³: metro cubo

n.: numero

NFPA: National Fire Protection Agency

POOL-FIRE: Incendio di una pozza di liquido infiammabile

Sup.: Superficie

TF: Tetto Fisso

TG: Tetto Galleggiante

tot.: totale

Vol.: volume

4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

4.1 Operazioni di raffreddamento

Nelle tabelle seguenti si riporta un sommario delle portate di acqua specificate dalle diverse normative di riferimento, per le operazioni di raffreddamento.

Tabella 1. Confronto Norme API/NFPA per le operazioni di raffreddamento

OPERAZIONI DI RAFFREDDAMENTO – NORME API/NFPA		
ITEM	NORME API (l/min/m ²) superficie esposta	NORME NFPA (l/min/m ²) superficie esposta
Generale	4,1 – 10,2 (A)	
Air Fin coolers	10,2	
Compressori	Generale	10,2
	in edifici	12,2
Torri di raffreddamento	6,1 – 20,4	6,1 – 20,4
Supporti dei forni	10,2	
Bracci di carico GPL	10,2	
Motori	10,2	
Pipe Racks	10,2	8,2 – 10,2
Serbatoi in pressione	Irraggiamento	0 – 4,1
	Esposizione diretta	4,1 – 10,2
Edifici di processo	6,1 – 23,3	6,1 – 23,3
Pompe	20,4	
Serbatoi atmosferici	4,1 (B)	10 (C)
Apparecchi in pressione, scambiatori e colonne (B)	10,2	4,1 – 10,2
Trasformatori	10,2	6,1 – 10,2
Turbine	10,2	

(A) = 4,1 per calore irraggiato e 10,2 per coinvolgimento nelle fiamme.

(B) = considerando da 1/4 a 1/2 di superficie totale esposta del serbatoio irraggiato.

(C) = serbatoio ingolfato nelle fiamme.

Tabella 2. Confronto tra normative per le operazioni di raffreddamento

OPERAZIONI DI RAFFREDDAMENTO – SERBATOI ATMOSFERICI ^[1]						
API (l/min/m ²) sup. esposta	NFPA (l/min/m ²) sup. esposta	ITALIA (l/min/m) circonferenza	INGHILTERRA (l/min/m ²)	RUSSIA (l/min/m)	FRANCIA (l/min/m ²)	GERMANIA (l/min/m)
4,1 (B)	10 (C)	5 – 10 (A)	10 (C)	30 (12) (D)	2,0 – 5,0 (E)	12 (C)

(A) = 5 per TF e 10 per TG, considerando di raffreddare i serbatoi vicini che si trovano a 30 m del mantello di quello incendiato.

(B) = considerando da 1/4 a 1/2 di superficie totale esposta del serbatoio irraggiato.

(C) = serbatoio coinvolto dalle fiamme.

(D) = serbatoio coinvolto dalle fiamme (serbatoio irraggiato), raffreddando l'intera superficie dell'incendiato, metà di quelli irraggiati a 90° e 1/4 quelli a 45°

(E) = serbatoio irraggiato compreso in 2 1/2 volte il raggio di quello incendiato (7.500 m³, TF = 5, TG = 3; 750 m³, TF = 3, TG = 2)

Dalla tabelle precedenti si evince che la normativa API specifica con maggior precisione le portate di acqua da utilizzare, per le operazioni di raffreddamento di apparecchiature e serbatoi, rispetto alle norme NFPA. Nonostante ciò i valori indicati risultano comunque comparabili tra di loro. Per quanto riguarda le portate di acqua da fornire ai serbatoi atmosferici, per le operazioni di raffreddamento, si può notare che la normativa di riferimento russa risulta quella più cautelativa.

4.2 Operazioni di estinzione

Nelle tabelle seguenti si riporta un sommario delle portate di soluzione di schiuma-acqua specificate dalle diverse normative di riferimento, per le operazioni di estinzione[3].

Tabella 3. Indicazione Norme NFPA delle portate di miscela schiumogena

SOLUZIONI DI SCHIUMA PER ESTINZIONE – NORME NFPA		
ITEM		PORTATA DI MISCELA (l/min/m ²)
Serbatoio tetto fisso	Monitori	6,5 – 8,1
	Impianti fissi	4,1 – 8,1 (A)
Serbatoio tetto galleggiante	Over seal	12,2 (B)
	Below seal	20,4
Bracci di carico		4,1 – 6,5
Aree cordolate	Monitori	6,5
	Impianti fissi	4,1
Aree non cordolate		4,1 – 6,5

(A) = superficie di liquido.

(B) = superficie di corona.

Tabella 4. Confronto tra normative per le operazioni di estinzione serbatoi

OPERAZIONI DI ESTINZIONE – SERBATOI ^[1]						
ITEM	NFPA (l/min/m ²)	ITALIA (l/min/m ²) (exp. 1:7,5)	INGHILTERRA (l/min/m ²)	RUSSIA (l/min/m ²) (exp. 1:5)	FRANCIA (l/min/m ²) (exp. 1:7,5)	GERMANIA (l/min/m ²) (exp. 1:8)
Tetto Fisso (superficie liquido)	4,1 – 8,1	6,6	5	4,5	2,7	2,5
Tetto Galleggiante (superficie corona)	12,2	13			2,7	

Come si evince dalle tabelle precedenti, la normativa NFPA specifica portate di miscela acqua-schiuma per diverse applicazioni e strutture e risulta la normativa di riferimento più cautelativa rispetto alle altre menzionate.

5. VERIFICA ADEGUATEZZA SISTEMA ANTINCENDIO

Un sistema antincendio presente, o da realizzare, all'interno di un impianto deve tener conto dei risultati/osservazioni scaturiti da un'analisi di rischio precedente la realizzazione. L'analisi di rischio viene effettuata per determinare gli scenari incidentali di riferimento per la tipologia di impianto in esame. Gli scenari incidentali determinati in particolare dipendono strettamente dalle quantità contenute dalle apparecchiature presenti nell'impianto, dalle condizioni operative di esercizio, da eventuali criticità di processo e dalla disposizione (lay-out) dei reali carichi d'incendio. Tutto ciò significa che la progettazione di un sistema antincendio debba essere calibrata e corretta da quanto scaturisce da un'analisi di rischio, condotta parallelamente o immediatamente dopo la disposizione preliminare dei mezzi antincendio. I mezzi antincendio ovviamente saranno determinati attraverso l'utilizzo di normative di progettazione, che potrebbero essere le norme API, NFPA, ecc. A prescindere dalla normativa di riferimento utilizzata, e quindi senza entrare nel merito della scelta effettuata dalla società di progettazione, il presente capitolo vuole evidenziare l'importanza della conduzione dell'analisi di rischio, come strumento per la verifica di adeguatezza del sistema antincendio in esame. Di seguito si riportano le considerazioni volte a valutare l'adeguatezza dei sistemi di protezione idrica per fronteggiare gli effetti da irraggiamento termico stazionario all'interno delle aree impianti. La verifica è stata effettuata analizzando le situazioni di "POOL FIRE" (sicuramente più critico dal punto di vista del raffreddamento e delle aree coinvolte rispetto al JET-FIRE o al FLASH-FIRE) e valutando il fabbisogno di acqua per l'estinzione e per il raffreddamento delle apparecchiature coinvolte dagli scenari incidentali di riferimento.

5.1 Acqua richiesta per raffreddamento

Per gli scenari di POOL-FIRE individuati dall'analisi di rischio, su cui si effettua la verifica, si determina la quantità di acqua totale necessaria per raffreddare contemporaneamente le apparecchiature coinvolte (sorgente e bersagli), oltre che ai quantitativi per estinzione. Secondo quanto stabilito dalla norma API 2030 l'acqua di raffreddamento necessaria è pari a 4,1 l/min per m² di superficie da raffreddare (paragrafo 7.3.5 "Pressure vessels, exchangers, and towers")[2]. Per tener conto di eventuali parziali inefficienze di raffreddamento (ad es. bersagli parzialmente coperti) si è adottato un coefficiente di sicurezza pari a 1,5 applicando quindi una portata complessiva di acqua pari a 6,2 l/min/m².

5.2 Acqua richiesta per estinzione

Per gli scenari di POOL-FIRE individuati dall'analisi di rischio si determina la quantità di acqua necessaria per l'estinzione della pozza incendiata. Come dimensione della pozza incendiata da estinguere si fa riferimento allo scenario in esame. La tabella seguente riporta le portate specifiche di acqua e schiuma necessarie per l'estinzione date dalla normativa NFPA 11 [3], assunta a riferimento.

Tabella 5. Portate specifiche di miscela schiumogena secondo norme NFPA 11

NORMATIVA NFPA 11		
Portata specifica miscela schiumogena necessaria all'estinzione	6,5	l/min/m ²
Portata specifica acqua (94% vol.)	6,1	l/min/m ²
Portata specifica liquido schiumogeno (6% vol.)	0,4	l/min/m ²

In via cautelativa ed al fine di tener conto di eventuali parziali inefficienze di estinzione (ad es. acqua non frazionata opportunamente) si è adottato un coefficiente di sicurezza pari a 2, applicando quindi una portata complessiva di acqua pari a 12,2 l/min/m².

5.3 Disponibilità di acqua

Ai fini della valutazione della disponibilità di acqua che un sistema antincendio possa garantire si considerano:

- i monitori, inclusi quelli su torretta, posti al di fuori dei cerchi di soglia di 12,5 kW/m² e distanti non più di 40 metri dal centro emergenza (considerata la gittata utile);
- tutte le prese idrante fisse poste al di fuori dei cerchi – soglia di 12,5 kW/m² e distanti non più di 40 metri dal cerchio soglia a 12,5 kW/m²; questo assume che le eventuali lance siano collegate con non più di 2 manichette di 20 metri cadauna.

Alla pressione a cui viene portata generalmente la rete antincendio, si assumono le seguenti portate erogabili dai singoli dispositivi:

- idrante standard (2 prese): 1.000 l/min;
- monitori fissi (anche su torretta): 2.000 l/min.

5.4 Caso in esame

E' stato riportato a titolo di esempio, uno scenario incidentale relativo ad un impianto di una raffineria italiana. L'impianto in questione è utilizzato per la desolfurazione delle benzine. L'impianto è costituito da alcuni reattori, scambiatori di calore, colonne per separazione dei fluidi di processo, pompe, ecc.. Lo scenario incidentale di riferimento corrisponde ad un incendio di una pozza di liquido infiammabile al suolo, fuoriuscito dalla tenuta meccanica delle pompe P-1 A/B. Nella seguente tabella si riportano le caratteristiche dello scenario in esame, la relativa dimensione della pozza originata e le distanze di danno raggiunte dall'irraggiamento di 12,5 kW/m². Questo ultimo valore corrisponde alla distanza entro la quale sono ipotizzabili danni, per irraggiamento, alle strutture e apparecchiature limitrofe l'apparecchiatura sorgente. Per evitare tali danni occorre quindi intervenire estinguendo la pozza eventualmente incendiata e contemporaneamente raffreddare le apparecchiature limitrofe.

Tabella 6. Caratteristiche dello scenario incidentale in esame

Scenario n.	Apparecchiatura	Distanza critica (m)	
		Diametro pozza	12,5 kW/m ²
1	P-1 A/B	6	13

La tabella seguente riporta per lo scenario di POOL-FIRE considerato le quantità di acqua necessarie, sia per garantire il completo raffreddamento delle superfici irraggiate delle apparecchiature circostanti che per l'estinzione della pozza incendiata. Nel calcolo si assume che

- le pompe abbiano una superficie standard di 1 m²;
- il calcolo della portata di acqua richiesta è effettuato in relazione all'intera altezza della apparecchiatura da raffreddare: tale assunzione è cautelativa in quanto le parti più critiche da raffreddare sono le porzioni poste alle quote inferiori.

Tabella 7. Acqua necessaria per le operazioni di raffreddamento ed estinzione

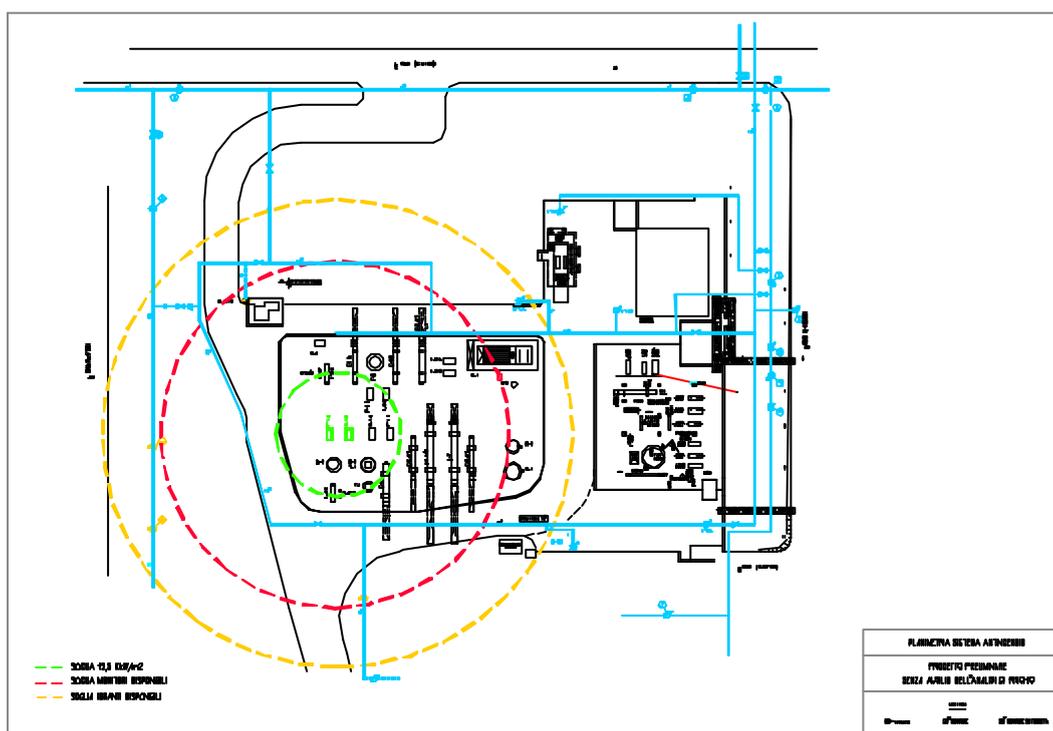
Scenario n.	Sorgente	Apparecch. coinvolte	Diam. (m)	Lungh./ Altezza (m)	Area (m ²)	Acqua necessaria (l/min/m ²)	Acqua tot. (l/min)	Totale (l/min)
1	P-1 A/B	Estinzione	6,0	--	28	12,2	342	~ 1.800
		P-1 A/B	--	--	1	6,2	6	
		P-2 A/B	--	--	1	6,2	6	
		D-1	2,6	7,2	59	6,2	366	
		P-3 A/B	--	--	1	6,2	6	
		D-2	2,7	5,5	47	6,2	291	
		D-3 A/B	0,5	2,6	6	6,2	37	
		D-3 C	0,7	3,1	7	6,2	43	
		D-4 A/B	0,3	2,6	5	6,2	31	
		D-4 C	0,5	3,1	5	6,2	31	
		T-1	1,4	18,0	79	6,2	490	
E-1 A	1,0	6,0	19	6,2	118			

La tabella seguente riporta la quantità di acqua totale richiesta per l'azione antincendio sullo scenario analizzato nell'ipotesi di applicazione contemporanea su tutte le apparecchiature coinvolte, sia per estinzione che per raffreddamento. Nella stessa tabella sono riassunte le quantità di acqua disponibili calcolate attraverso il censimento dei sistemi fissi di erogazione presenti nell'area dell'emergenza, come mostrato in figura 1.

Tabella 8. Comparazione tra la portata di acqua necessaria e quella disponibile per le operazioni antincendio

Scenario	Totale acqua richiesta (l/min)	Idranti		Monitori		Totale disponib. (l/min)	Delta (l/min)
		n.	Portata (l/min)	n.	Portata (l/min)		
Pool Fire da P-1 A/B	~ 1.800	4	4.000	0	0	4.000	+2.200

Figura 1. Planimetria antincendio con indicazione della soglia di irraggiamento 12,5 kW/m² e i mezzi disponibili



Come si evince dalla tabella 8, il sistema antincendio progettato risulta teoricamente dimensionato per fronteggiare l'emergenza in esame (POOL-FIRE), in quanto la quantità di acqua disponibile è di gran lunga superiore a quella necessaria per le operazioni di estinzione e di raffreddamento delle apparecchiature circostanti. L'impianto in esame è circondato da n. 6 idranti e da n. 5 monitori fissi. In realtà però, come mostrato nella planimetria antincendio, riportata in figura 1, la distribuzione dei soli monitori non risulta adeguata a fronteggiare lo scenario incidentale individuato dall'analisi di rischio. Infatti nessun monitorere sarebbe disponibile da parte degli operatori, in quanto la gittata utile (considerata di 40 m dal centro dell'emergenza) non riuscirebbe a coprire e raffreddare le apparecchiature circostanti e quindi l'impianto in esame risulterebbe coperto solamente in parte (come mostrato in figura 2). Tutto ciò perché si ritiene importante l'utilizzo di monitori fissi (in alternativa alla tipica colonna idrante per attacco manichetta) per consentire un efficace e tempestivo inizio dell'intervento antincendio da parte del personale operativo presente nell'area, in attesa dell'arrivo della squadra e dei mezzi dedicati. L'inserimento quindi di un monitor a protezione della parte scoperta dell'impianto è il risultato dell'analisi di rischio effettuata (figura 3), che ha consentito la verifica teorica, ma soprattutto pratica dei mezzi antincendio da utilizzare per fronteggiare l'emergenza in esame.

Figura 2. Planimetria antincendio con indicata la copertura dell'impianto effettuata dai monitori disponibili

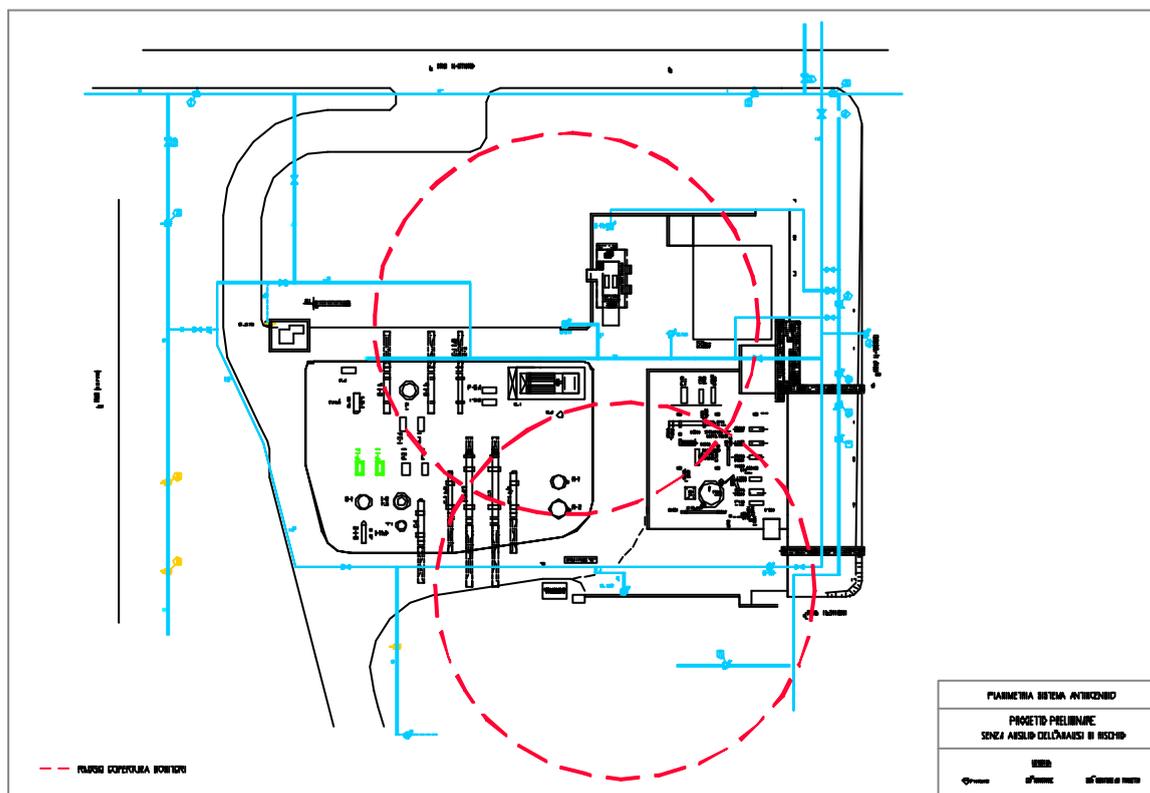
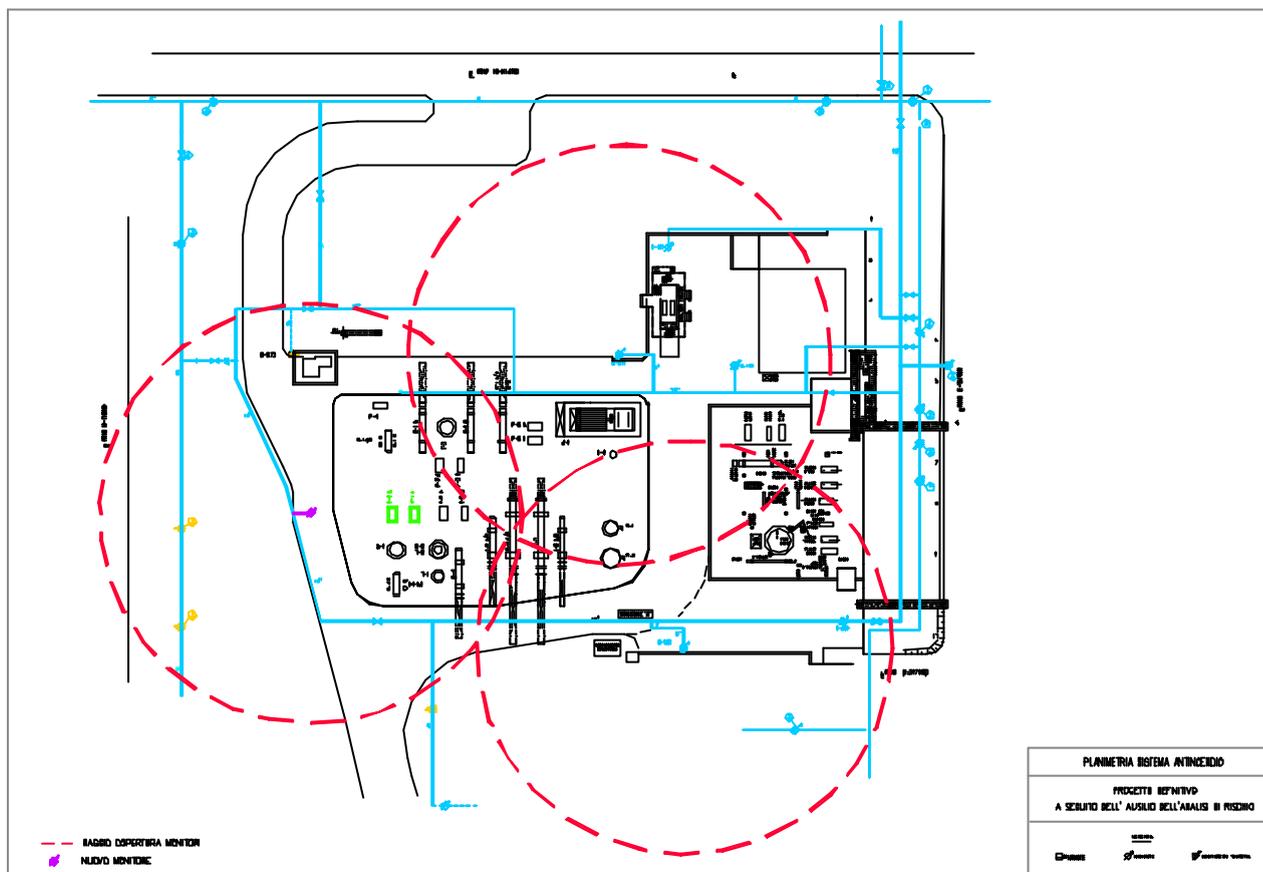


Figura 3. Implementazione dei risultati dell'analisi di rischio



6. CONCLUSIONI

Si è voluto valorizzare l'importanza dell'analisi di rischio a supporto della progettazione o per la verifica di adeguatezza di impianti esistenti, rispondenti alle esigenze reali di intervento sugli scenari ipotizzabili e di protezione degli impianti e delle apparecchiature e tali da essere utilizzabili dal personale in modo sicuro. La metodologia proposta consente di verificare praticamente l'adeguatezza del sistema antincendio a protezione di un impianto di processo, verificando se puntualmente esistono i mezzi di protezione per contrastare efficacemente lo scenario incidentale in esame. Una volta effettuata la verifica di adeguatezza del sistema antincendio, risulta utile evidenziare che il sistema fognario specifico debba essere dimensionato anche tenendo conto delle risultanze dell'analisi di rischio. Infatti la stessa analisi di rischio, utilizzata per verificare l'adeguatezza del sistema antincendio, consente di stimare il quantitativo di prodotto infiammabile rilasciato e la quantità di acqua necessaria per le operazioni di estinzione e raffreddamento. In caso di accadimento dello scenario incidentale di riferimento, occorrerà verificare che il sistema fognario sia in grado di drenare il quantitativo totale di fluidi sversati (prodotto infiammabile e acqua antincendio). Tale criterio è fondamentale in quanto, in caso di emergenza, un dimensionamento non sufficiente del sistema fognario causerebbe uno spandimento del prodotto infiammabile lontano dal punto di rilascio originale e quindi la possibilità di creare ulteriori fonti di pericolo in prossimità di altre apparecchiature.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] Charles H. Vervalin, *Fire Protection Manual for Hydrocarbon Processing Plants*, Vol.1, pp. 358-365 (1985)

- [2] American Petroleum Institute, *Application of Fixed Water Spray Systems for Fire Protection in Petroleum Industry*, API 2030, pp. 13-19, (1998)
- [3] National Fire Protection Association, *Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam*, NFPA 11, pp. 20-45, (2002)