

COMMITTENTE

IREN AMBIENTE S.p.A.



IREN AMBIENTE S.p.A.
Strada Borgoforte, 22 - 29122 Piacenza (PC)

SEDE OPERATIVA

PAI POLO AMBIENTALE INTEGRATO DI PARMA

TITOLO DEL PROGETTO

**COMPARTO C4: IMPIANTO DI STOCCAGGIO, MESSA IN RISERVA E
PRETRATTAMENTO DI RIFIUTI SOLIDI URBANI E SPECIALI E AREA
LOGISTICA COMPARTO C1**



TITOLO	N. ELABORATO
VERIFICA STATISTICA IMPIANTO ANTINCENDIO A DILUVIO AD ALTA AFFIDABILITÀ	REL.01

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Approvato
01	29/03/2024	Prima Emissione	F.B.	G.F.



ATTIVITÀ DI CONSULENZA

Dott. Gianluca Ferretti
Alfa Solutions S.p.A.
Viale Bernardino Ramazzini 39/d - 42124, Reggio Emilia (RE)
Tel. 0522/55.09.05
E-mail (PEC): alfasolutions@pec.grupporeni.it

CODICE COMMESSA
23P008968-01

Alfa Solutions S.p.A.

Indice

Disponibilità superiore	3
Progetto definitivo impianto automatico di protezione attiva	5
Normativa di riferimento.....	5
Prestazioni richieste.....	5
Parametri di progettazione.....	5
Procedura di verifica dell'affidabilità dell'impianto	7
Verifica dell'impianto in oggetto	9
Quantificazione disponibilità ordinaria	12
Quantificazione alta affidabilità.....	14
Conclusioni	16

DISPONIBILITÀ SUPERIORE

Le Norme tecniche di prevenzione incendi, aggiornate dal DM 18/10/2019, hanno introdotto il concetto di "disponibilità superiore" per i sistemi o impianti di protezione attiva a servizio delle attività. Un impianto di spegnimento automatico dell'incendio, considerato un sistema a disponibilità superiore, è in grado di ridurre notevolmente le richieste di prestazioni della resistenza al fuoco della struttura portante di un edificio. Pertanto, è essenziale prendere in considerazione questo aspetto nella progettazione antincendio, sia per la progettazione degli impianti che per quella della struttura portante e della compartimentazione dell'attività.

Secondo le Norme tecniche di prevenzione incendi, la presenza di un sistema o impianto a disponibilità superiore può ridurre significativamente il numero degli scenari di incendio da analizzare nella progettazione di una soluzione alternativa, a condizione che sia dimostrato che gli scenari relativi al mancato funzionamento o al fallimento dell'impianto siano non significativi. Tuttavia, per dimostrare questa caratteristica, non sono sufficienti previsioni progettuali generiche, ma è necessario condurre un'analisi del rischio completa, utilizzando i metodi dell'ingegneria antincendio.

È importante sottolineare che non tutti i sistemi o impianti progettati per avere maggiore affidabilità sono considerati a disponibilità superiore. Solo quelli che rendono non credibili gli scenari d'incendio di progetto nei quali tali sistemi o impianti non sono funzionanti sono considerati tali. Quindi, la presenza di un sistema o impianto a disponibilità superiore e l'assenza di scenari d'incendio di progetto non credibili sono due elementi strettamente correlati. Se uno dei due non è verificato, l'altro non lo sarà.

Di seguito riportiamo le fasi che caratterizzano l'analisi con la Fire Safety Engineering, coerentemente a tutta la normativa nazionale ed internazionale.



Figura 1 - fasi della progettazione

Facendo riferimento al paragrafo G.2.10.2 del Codice di Prevenzione Incendi la disponibilità superiore per sistemi o impianti è ottenuta, ove possibile, tramite:

- migliore affidabilità;
- maggiore manutenibilità e supporto logistico della manutenzione;
- gestione degli stati degradati.

Le figure professionali che intervengono in queste situazioni sono 3. Qui di seguito abbiamo raffigurato come abbiamo suddiviso le attività di valutazione e progettazione al fine di raggiungere il miglior risultato possibile.



Figura 2 - tecnici coinvolti

Nel presente documento verranno trattati tutti gli aspetti legati al concetto di “migliore affidabilità” mentre per quanto riguarda la “maggiore manutenibilità e supporto logistico della manutenzione” e la “gestione degli stati degradati” al fine di non creare sovrapposizione di informazioni, si rimanda all'allegato ingegneristico.

PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTO AUTOMATICO DI **PROTEZIONE ATTIVA**

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per il progetto dell'impianto a diluvio acqua-schiuma sono state utilizzate le seguenti normative:

- UNI EN 13565-2: "Sistemi fissi di lotta contro l'incendio – Sistemi a Schiuma – Parte 2";
- UNI CEN/TS 14816: "Sistemi spray ad acqua";
- UNI EN 12845: "Installazioni fisse antincendio – Sistemi automatici a sprinkler – Progettazione, installazione e manutenzione".

PRESTAZIONI RICHIESTE

Dallo sviluppo della pratica di prevenzione incendi, sia per gli aspetti conformi della soluzione alternativa alla strategia S.6 Controllo dell'incendio e da quelle richieste dalla modellazione in FSE, la specifica tecnica che deve rispettare l'impianto è la seguente:

- Specifica tecnica dell'impianto in accordo al codice di prevenzione incendi;
- L'impianto deve essere ad alta affidabilità in quanto essendo stato utilizzato per tagliare l'RHR negli scenari di incendio di progetto, questo deve essere garantito a disponibilità superiore.

PARAMETRI DI PROGETTAZIONE

CLASSIFICAZIONE DEGLI UGELLI

- Densità di scarica: 6,5 l/min/m²
- Coefficiente di efflusso: K80
- Altezza testine: 12 m
- Durata della scarica: 30 minuti
- Area Operativa: 1276 m²

ALIMENTAZIONE IDRICA

È previsto un gruppo di pompaggio in box prefabbricato composto da:

- N° 1 Motopompa a gasolio
- N° 1 Elettropompa
- N° 1 Pompa pilota Jockey

Le pompe sono dimensionate per funzionare a:

- Portata = 640 m³/h
- Prevalenza = 8 bar

La riserva idrica è costituita da n°2 serbatoi di volume utile 176 m³ ciascuno. I serbatoi saranno messi in collegamento in modo da risultare un'unica riserva idrica da 352 m³.

La tubazione di aspirazione delle pompe può pescare da entrambi i serbatoi, in modo da garantire il funzionamento del sistema anche sezionando parte dell'alimentazione idrica.

ALIMENTAZIONE SCHIUMA

Sono previsti n.2 serbatoi di schiuma con premescolatore, per un totale superiore ai 10'000 l di liquido schiumogeno richiesti. Ogni serbatoio alimenterà solo una parte dell'impianto, come definito di seguito:

- Stazione schiuma 1: valvole di controllo da V01 a V14.
- Stazione schiuma 2: valvole di controllo da V15 a V24.

La suddivisione dell'impianto in 2 sezioni distinte permette di garantire la protezione su parte dello stabilimento anche in caso di guasto su di una delle stazioni schiuma.

VALVOLE DI CONTROLLO

L'impianto è suddiviso in n. 24 zone di spegnimento, ciascuna attivata da una valvola a diluvio alimentata da impianto di rivelazione e allarme incendi. Ogni zona coprirà circa 400 m² dell'area adibita a stoccaggio.

- Fabbricato C4.A: Valvole da V01 a V14
- Fabbricato C4.B: Valvole da V15 a V24

ATTIVAZIONE IMPIANTO

L'attivazione dell'impianto avviene tramite segnale dal sistema di rivelazione e segnalazione allarme incendi, con logica AND (contemporaneo segnale di rilevazione dell'incendio da parte del sistema ad aspirazione ASD e delle termocamere).

Tale segnale comanda l'apertura dell'elettrovalvola relativa alla specifica zona di spegnimento.

ALIMENTAZIONE ELETTRICA

L'alimentazione dell'elettropompa sarà derivata a monte dell'interruttore generale del quadro generale di BT, mediante interruttori dedicati con protezione magnetotermica e differenziale e linee di alimentazione dedicate con cavi resistenti al fuoco 120 minuti (PH120).

La motopompa e la pompa jockey saranno alimentate da interruttori dedicati installati nei quadri dedicati del locale antincendio. Le linee dedicate saranno in cavo FG16OR16, classe di reazione al fuoco CCa-s3, d1, a3.

COMPONENTI RILEVANTI

L'impianto è caratterizzato da componenti rilevanti ai fini dell'affidabilità, ovvero che un loro guasto può compromettere sensibilmente il funzionamento e la prestazione richiesta. Nello specifico troviamo:

- Rete di tubazioni (distribuzione);
- Riserva idrica (Serbatoio);
- Gruppo spinta sprinkler motopompa;
- Gruppo spinta sprinkler elettropompa;
- Stazione di controllo;
- Stazione schiuma.

COMPORTAMENTI RILEVANTI

L'impianto oltre che essere composto da componenti è anche frutto di progettazione accurata e di manutenzione solida. Questi due parametri entrano a far parte delle logiche di funzionamento dell'alta affidabilità pertanto è tenuto in considerazione quanto segue:

- corretta progettazione;
- corretto funzionamento dell'impianto di rivelazione e allarme incendi;
- adeguata manutenzione e adeguate tempistiche dei controlli (fallimento SGSA).

IMPIANTO ORDINARIO

Questa progettazione rappresenta il dato di input per analizzare analiticamente l'impianto ordinario per individuare tutte quelle attività per renderlo ad alta affidabilità. Con gli strumenti ed analisi che seguono, si procede alla quantificazione di tale affidabilità.

PROCEDURA DI VERIFICA DELL'AFFIDABILITÀ DELL'IMPIANTO

Si riporta di seguito la metodologia internazionale in quanto ad oggi non esiste un chiaro riferimento normativo nazionale da seguire per definire la prestazione attesa dell'impianto.

Attraverso lo studio dell'albero dei guasti e l'approccio "Component-Based" è possibile analizzare e valutare il rateo di guasto di un sistema e l'effetto che la ridondanza dei componenti e i periodi di manutenzione hanno sul suo funzionamento. Questo tipo di analisi consente di ottenere valori caratteristici dell'impianto ordinario, che possono poi essere migliorati attraverso una serie di misure tecniche e scelte progettuali accuratamente validate analiticamente.

La fase iniziale di questo processo di miglioramento dell'affidabilità dell'impianto è rappresentata dall'analisi "Component-Based", che consiste nell'identificare i componenti del sistema e valutare il loro rateo di guasto, al fine di individuare eventuali problemi e di adottare le opportune misure correttive. In questo modo, si possono individuare i componenti critici e stabilire se sia necessario aumentare la loro ridondanza.

Successivamente, una volta identificati i componenti critici e il loro rateo di guasto, viene elaborato l'albero dei guasti, che rappresenta un modello grafico che consente di identificare le cause principali di eventuali guasti o

malfunzionamenti del sistema. L'analisi dell'albero dei guasti permette di individuare i punti deboli dell'impianto e di adottare le opportune misure correttive, come l'aumento della ridondanza dei componenti critici o l'implementazione di sistemi di controllo e monitoraggio più avanzati.

In sintesi, l'approccio "Component-Based" e lo studio dell'albero dei guasti rappresentano strumenti fondamentali per migliorare l'affidabilità di un sistema antincendio, individuare eventuali problemi e adottare le misure correttive necessarie per garantire il corretto funzionamento dell'impianto.

Attraverso lo studio dell'albero dei guasti abbinato all'approccio "Component-Based" [A review of sprinkler system effectiveness Studies, K. Frank, 2013] è possibile valutare il rateo di guasto di un sistema e l'effetto che la ridondanza dei componenti e i periodi di manutenzione hanno sullo stesso. Si avranno quindi dei valori caratteristici dell'impianto ordinario dai quali partire, per poi migliorarli tramite tutta una serie di misure tecniche e scelte progettuali accurate e validate analiticamente. La prima analisi da svolgere in questo processo di innalzamento dell'affidabilità è rappresentata da quella che viene chiamata "Component-Based". In seconda battuta, come anticipato, verrà identificato l'albero dei guasti.

ANALISI "COMPONENT-BASED"

È l'analisi che stima l'affidabilità di un sistema a partire dai singoli componenti. Chiaramente un sistema è un insieme di componenti, pertanto il risultato finale non può essere altro che la combinazione di tutti i risultati parziali.

Il parametro con cui viene stimata l'affidabilità dei componenti è il rateo di guasto, il quale può essere definito in rapporto al numero di richieste di intervento o all'unità di tempo:

$$\lambda = \frac{\text{numero guasti}}{\text{anno}} \text{ oppure } \lambda = \frac{\text{numero guasti}}{\text{numero interventi}}$$

Il rateo di guasto viene messo in relazione alla probabilità di guasto attraverso la seguente formula:

$$P(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

Dove:

t è l'intervallo di tempo che trascorre tra due manutenzioni successive.

λ è un parametro che deve essere ipotizzato costante all'interno del periodo considerato.

Le singole probabilità vengono combinate attraverso l'albero dei guasti per fornire l'affidabilità del sistema o la probabilità che un evento specifico accada.

L'utilizzo di questi dati è sempre accompagnato da valutazioni tecniche valutate caso per caso in funzione delle caratteristiche dell'impianto.

ALBERO DEI GUASTI

L'albero dei guasti viene elaborato su misura per ogni impianto analizzato. Non è preconfigurato ma viene generato partendo chiaramente dall'impianto sprinkler ordinario. Ad ogni modo, segue sempre la logica di funzionamento qui sotto riportata.

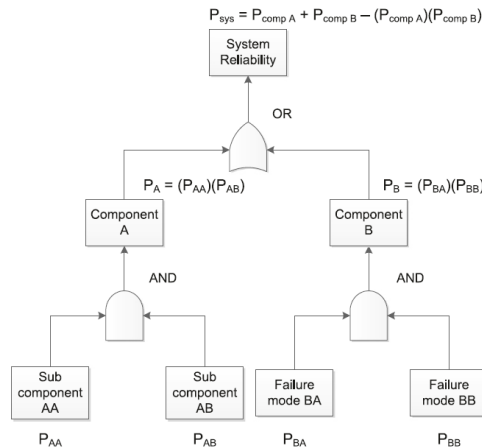
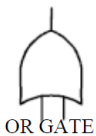


Figura 3 - albero dei guasti, schema base

Se da una parte abbiamo la rappresentazione grafica, dall'altra abbiamo anche la traduzione matematica di questi concetti tramite gli operatori logici.

OR GATE

Con questo operatore si rappresenta la situazione in cui si ha il "fallimento" dell'impianto con almeno uno degli elementi non funzionanti

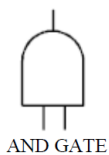


$$P_{(A \text{ or } B)} = P_{(A \cup B)} = P_{(A)} + P_{(B)} - P_{(A \cap B)} = P_{(A)} + P_{(B)} - P_{(A)}P_{(B)}$$

se $P_{(A)}$ e $P_{(B)}$ sono indipendenti il termine $P_{(A)}P_{(B)}=0$

AND GATE

Con questo operatore invece si rappresenta la situazione in cui si ha il "fallimento" dell'impianto con entrambi gli elementi non funzionanti



$$P_{(A \text{ and } B)} = P_{(A \cap B)} = P_{(A)}P_{(B)}$$

Questi due operatori sono responsabili della propagazione o meno dei guasti all'interno dell'analisi ed il relativo "fallimento" dell'impianto.

VERIFICA DELL'IMPIANTO IN OGGETTO

COMPONENTI RILEVANTI

Di seguito il rateo di guasto dei componenti che abbiamo utilizzato per generare l'albero dei guasti, si tratta di valori probabilistici misurati su dati raccolti sul campo:

Componente	Rateo di guasto [Guasto/Ora]	Manutenzioni ordinarie	Manutenzioni alta affidabilità
Rete di tubazioni di distribuzione	$\lambda=4.9E-8$	1 anno	3 mesi
Stazione valvole di controllo	$\lambda=2.2E-07$	6 mesi	3 mesi
Serbatoio	$\lambda=7.4E-07$	1 anno	6 mesi
Serbatoio schiuma + premescolatore	$\lambda=1.0E-06$	1 anno	3 mesi
Gruppo spinta sprinkler Motopompa	$\lambda=1.7E-06$	6 mesi	6 mesi
Gruppo spinta sprinkler Elettropompa	$\lambda=7.1E-07$	6 mesi	6 mesi

Tabella 1 - albero dei guasti, componenti

COMPORTAMENTI RILEVANTI

Di seguito il rateo che rappresenta analiticamente “l’errore umano” dei comportamenti che abbiamo utilizzato per generare l’albero dei guasti:

Componente	Probabilità di fallimento
Corretta progettazione	$p=0.014$
Validazione progetto e collaudo impianto a cura di soggetto terzo qualificato	$p=0.1$
Adeguate manutenzione e adeguati controlli raffinati (SGSA);	$p=0.1$
Impianto di rilevazione e allarme incendi ad alta affidabilità	$P=0.007$
Impianto di rivelazione ordinario	$P=0.1$

Tabella 2 - albero dei guasti, comportamenti

SOFTWARE UTILIZZATO

Nell'ambito della presente relazione tecnica di progettazione, è stato adottato l'uso di fogli di calcolo Excel per la computazione e l'analisi dati relativi al modulo Fault Tree Analysis (FTA). Tali fogli di calcolo sono stati strutturati per simulare la rappresentazione numerica della logica degli eventi indesiderati e delle loro cause. Attraverso l'implementazione di formule e funzionalità logiche, i fogli di calcolo hanno emulato l'utilizzo di porte logiche ed eventi di base, consentendo l'assegnazione e la gestione di parametri di affidabilità.

L'analisi qualitativa, consistente nella generazione di insiemi minimi di guasti (MCS), e l'analisi quantitativa, relativa al calcolo delle probabilità di guasto, sono state eseguite utilizzando le capacità di calcolo di Excel. Questo approccio ha permesso la generazione di diagrammi di alberi di guasto tramite strumenti visivi aggiuntivi, la valutazione dell'indisponibilità di sistema e la produzione di diagrammi di decisione binaria.

L'impiego di Excel ha supportato le fasi di progettazione e miglioramento, facilitando l'analisi per l'ottimizzazione delle caratteristiche dei processi e degli obiettivi, nonché per la progettazione considerando i fattori critici e gli errori umani. Come parte del miglioramento dei processi, i fogli di calcolo hanno assistito nell'identificazione delle cause radici e nella progettazione di rimedi e contromisure.

APPLICAZIONE NEL CASO SPECIFICO

Nel caso in esame al fine di migliorare l'affidabilità dell'impianto si è deciso di utilizzare materiali opportunamente testati all'impiego nelle specifiche condizioni, nello specifico è stata data fondamentale rilevanza alla ridondanza dei componenti principali:

Componenti

- Utilizzo di componentistica certificata per cui con un rateo di guasto inferiore rispetto allo standard.
- Sezionamento dell'impianto in modo da garantire l'operatività anche in caso di guasto di una parte dello stesso.

Comportamenti

- SGSA performante con personale antincendio altamente formato; per garantire maggiore manutenibilità, supporto logistico della manutenzione e sorveglianza degli impianti;
- Cadenza delle manutenzioni aumentata rispetto a quanto richiesto dalla norma, per garantire la gestione degli stati degradati dell'impianto. In particolare, si prevede una revisione di tutti i componenti dell'impianto ogni 6 mesi. Tuttavia, questa estensione della frequenza riguarda esclusivamente la rete di tubazioni, la condotta principale, la vasca di stoccaggio e il sistema di rinalzo delle acque, i quali saranno sottoposti a revisione ogni 6 mesi anziché ogni anno come prescritto dalla normativa. Per quanto riguarda le altre parti dell'impianto, come le motopompe, le testine e la stazione di controllo, la frequenza delle manutenzioni rimarrà quella prevista dalla normativa, ovvero ogni 6 mesi, garantendo così una revisione complessiva dell'intero impianto a intervalli regolari di 6 mesi;
- Controllo della progettazione da parte di un ente terzo.

QUANTIFICAZIONE DISPONIBILITÀ ORDINARIA

Tutti questi aspetti progettuali e tutti concetti legati ai componenti significativi portano alla realizzazione del seguente **albero dei guasti** che individua nel **84,55%** l'affidabilità dell'impianto.

E di conseguenza la possibilità che avvenga un malfunzionamento pari al **15,45%**.

Dal risultato è possibile notare come (giustamente) questo valore non sia sufficiente per intervenire sugli scenari di incendio. Infatti, come richiesto dal codice di prevenzione incendi il solo impianto ad alta affidabilità non è considerabile a disponibilità superiore. Per renderlo tale è necessario considerare anche gli aspetti che abbiamo definito con "comportamenti rilevanti".

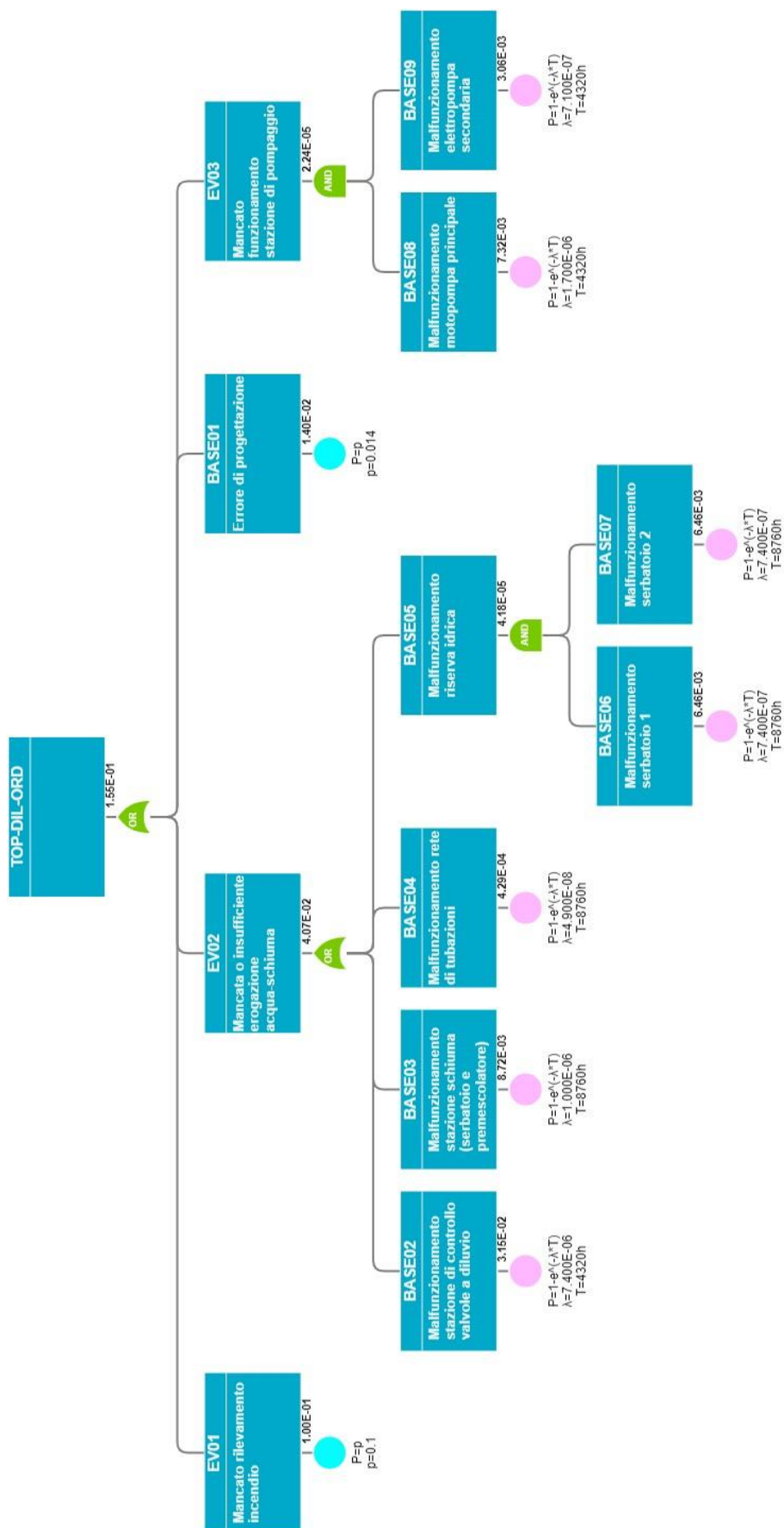


Figura 4 - albero dei guasti, impianto ordinario

QUANTIFICAZIONE ALTA AFFIDABILITÀ

Tutti questi aspetti progettuali e tutti concetti legati ai componenti significativi ed ai comportamenti significativi portano alla realizzazione del seguente **albero dei guasti** che individua nel 99.761% l'affidabilità dell'impianto.

E di conseguenza la possibilità che avvenga un malfunzionamento pari al 0.239% in base a questo dato e alle indicazioni elencate precedentemente possiamo definire l'impianto oggetto di relazione ad **alta affidabilità**.

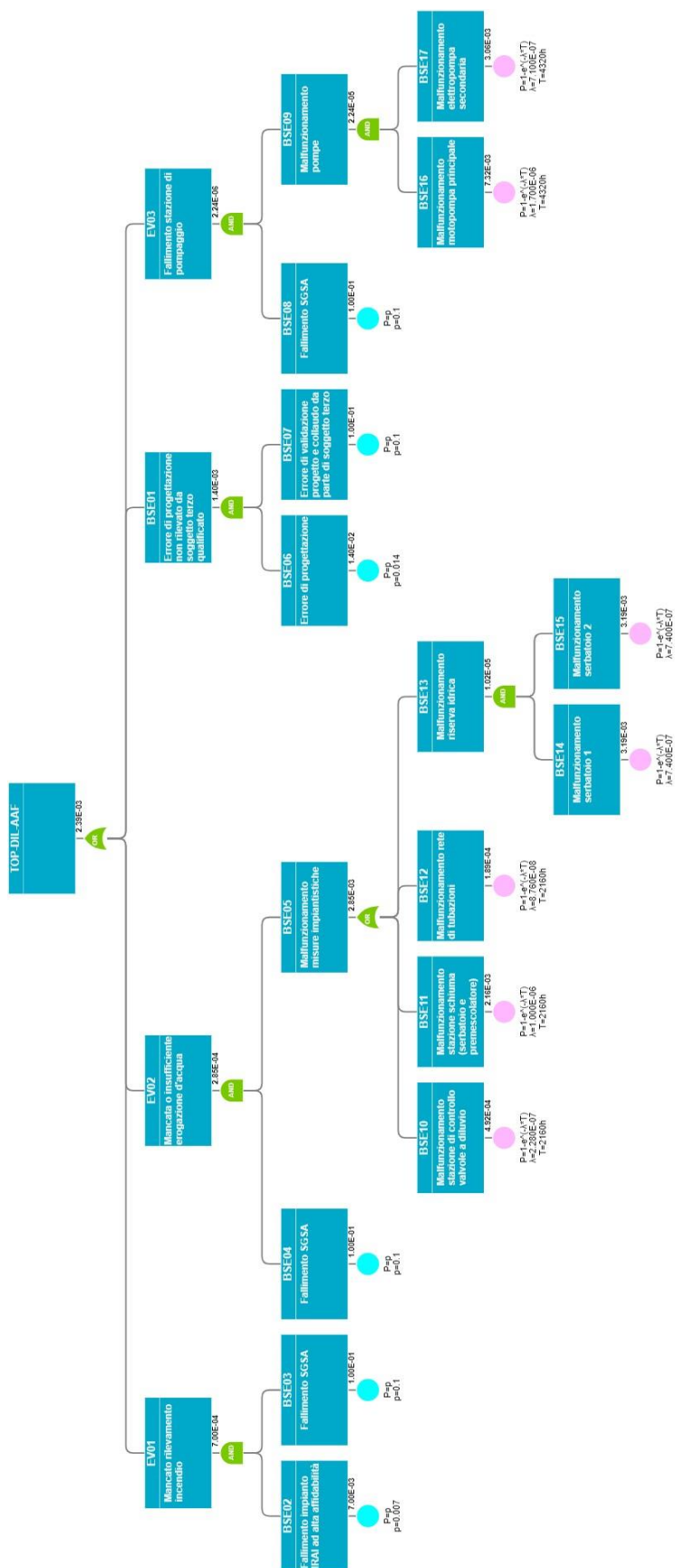


Figura 5 - albero dei guasti, impianto ad alta affidabilità

CONCLUSIONI

L'impianto sprinkler sopra descritto risulta essere ad **alta affidabilità**.

Dal risultato è possibile notare come adesso questo valore risulta significativo per intervenire sugli scenari di incendio. Infatti, come richiesto dal codice di prevenzione incendi l'insieme di:

- a) migliore affidabilità;
- b) maggiore manutenibilità e supporto logistico della manutenzione.

Unitamente alla gestione degli stati degradati (per i quali si rimanda all'SGSA elaborato nella pratica in FSE) consentono di ridurre la potenza dell'incendio in considerazione del fatto che entra in funzione l'impianto automatico sprinkler qui correttamente progettato e validato.

La supervisione e la manutenzione programmata e regolare risultano fondamentali a identificare e correggere eventuali problemi prima che diventino critici e possano causare danni o pericoli per la sicurezza.

In conclusione, deve essere considerata una priorità per garantire la sicurezza degli impianti e prevenire gli incendi.

Per poter essere considerato a **disponibilità superiore**, è necessario che tale impianto risulti sempre funzionante in tutti gli scenari d'incendio di progetto ragionevolmente credibili.

Tale valutazione è possibile effettuarla inserendo nell'albero degli eventi degli scenari di incendio il valore di affidabilità dell'impianto per valutare il rischio di ogni scenario come combinazione tra probabilità e conseguenze. Saranno poi selezionati quegli scenari caratterizzati da un'entità di rischio accettabile per l'attività.

Nell'allegato ingegneristico presentato risulta conforme il valore a quello individuato nella presente trattazione l'impianto così composto risulta a disponibilità superiore.

UFFICIALIZZAZIONE DEL DOCUMENTO

Rimanendo a disposizione per eventuali chiarimenti, a porgere Cordiali Saluti.

Il responsabile del progetto

Filippo Battistini



Il Responsabile dell'Attività

Eugenio Bertolini

Il Progettista (Alfa Solutions S.p.A.)¹

Ing. Isabella Caiti

Via O.Tenni 128/B, 42123 Reggio Emilia

p.iva: 02562040358

tel: 335 349896

isabella.caiti@alfa-solutions.it

¹ Professionista Antincendio iscritto negli elenchi del Ministero dell'Interno di cui all'art. 16 comma 4 del D.Lgs. 139/06 con n. RE 02500 G 00151.
Iscrizione all'Albo dei Geometri della Provincia di Reggio Emilia con n. 2500.