



Sicurezza Antincendio negli Impianti Industriali

Approcci Sistemici e Gestione del Rischio

Prof.ssa Natalia Trapani

Professore Associato di Impianti Industriali Meccanici

DIEEI – Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Elettronica e Informatica

Università degli Studi di Catania

natalia.trapani@unict.it



Perché un Approccio Sistemico?

#1

causa di perdite assicurative aziendali:
INCENDI E ESPLOSIONI

21% del valore totale
dei sinistri

➤ **18 miliardi** € di perdite assicurate in cinque anni (2017–2021)

(Allianz Global Corporate & Specialty, 2022)

Dalla tecnica all'organizzazione

Il 60–90% degli incidenti industriali ha cause organizzative: mancanza di procedure, manutenzione carente, errore umano (EU-OSHA, 2025)

Approccio prescrittivo vs. prestazionale

Il solo rispetto delle norme non garantisce la sicurezza reale
Il FSMS supporta gestione, cultura aziendale e miglioramento continuo.

Obblighi normativi

D.Lgs 81/2008 (SGSL)
D.Lgs 105/2015 (Seveso III - SGS)
D.M. 03/08/2015 (Codice PI)
D.M. 01-02-03/09/2021(GSA)

Integrazione sistemi ISO

ISO 45001 (SSL)
ISO 14001 (Ambiente)
ISO 22301 (Business Continuity)
→ un FSMS (Fire Safety Mgmt Syst.) maturo si innesta bene in un sistema di gestione integrato



Gli impianti industriali sono sistemi socio-tecnici (STS di tipo III)

SOTTOSISTEMA TECNICO:

Comprende tutto ciò che è fisico, strumentale e procedurale

apparecchiature, impianti di processo, sistemi di controllo e automazione (DCS, SCADA), sistemi di protezione attiva e passiva, procedure operative scritte, layout fisico degli spazi, piani di manutenzione, documentazione tecnica.

Questi elementi definiscono **cosa** il sistema può fare e pongono vincoli precisi su come deve operare.



SOTTOSISTEMA SOCIALE:

Comprende tutto ciò che ha a che fare con le persone

persone, ruoli, relazioni gerarchiche, cultura organizzativa, processi decisionali, formazione, comunicazione tra turni, rapporto con gli appaltatori, abitudini operative consolidate, sistemi di incentivazione e sanzione, relazioni con stakeholder esterni

Questi elementi determinano **come** il sistema viene fatto funzionare nella realtà quotidiana



Studi sui sistemi socio-tecnici

Trist & Bamforth (1951), Human Relations, 4(1), 3–38

Formulazione empirica del concetto STS nelle miniere di carbone

Emery, F. E., & Trist, E. L. (1960). Socio-Technical Systems. In C. W. Churchman, & M. Verhulst (Eds.), Management Sciences: Models and Techniques (Vol. 2, pp. 83-97).

Prima formalizzazione teorica del termine «socio-technical system»

Ottens, Franssen, Kroes & Van de Poel (2006). Modelling infrastructures as socio-technical systems. International Journal of Critical Infrastructures, 2(2/3), 133–145

Tassonomia dei tre tipi di STS; **impianti e infrastrutture come Tipo III**

Reason, J.T. (1997). Managing the Risks of Organizational Accidents. Ashgate

Fallimenti latenti di origine organizzativa come causa dominante degli incidenti industriali

Carayon, P., Hancock, P., Leveson, N., Noy, I., Sznelwar, L., & van Hootehem, G. (2015). Advancing a sociotechnical systems approach to workplace safety – developing the conceptual framework. Ergonomics, 58(4), 548–564.

Sviluppo di un modello concettuale di STS applicato alla sicurezza nei luoghi di lavoro

Meacham, B.J. (2022). Fire Technology, 58, 1137–1167. DOI: 10.1007/s10694-022-01219-0

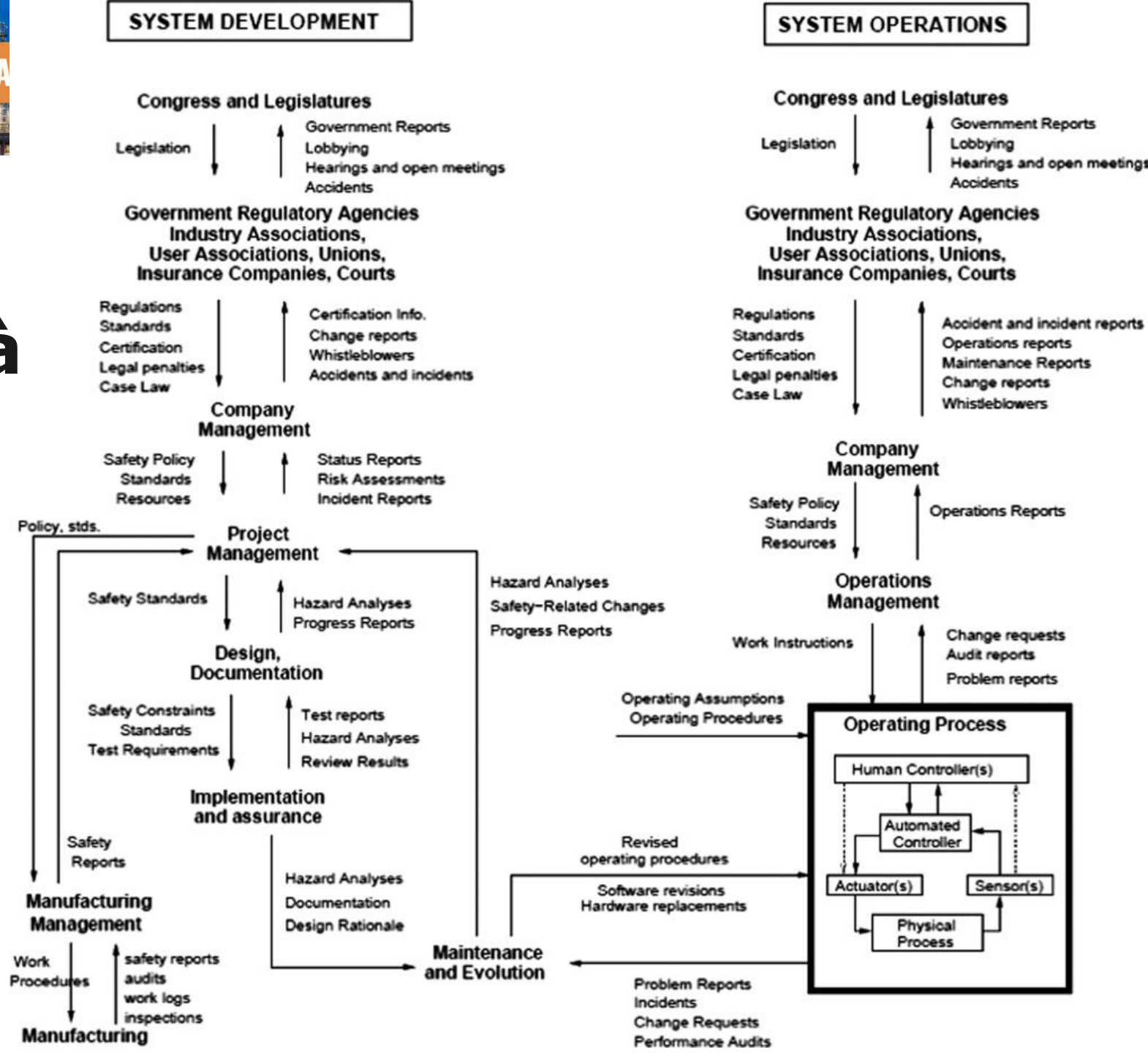
Applicazione del framework STS alla **progettazione prestazionale antincendio**



La complessità come opportunità

per realizzare una valutazione dei rischi efficace nella individuazione e mitigazione delle cause di fallimento del sistema di sicurezza (antincendio) nel ciclo di vita dell'impianto

Modello generale di una struttura di controllo della sicurezza basata su STS di tipo III (Leveson, N.G., 2016. *Engineering a safer world: Systems thinking applied to safety*. MIT press)





Il Framework HFACS

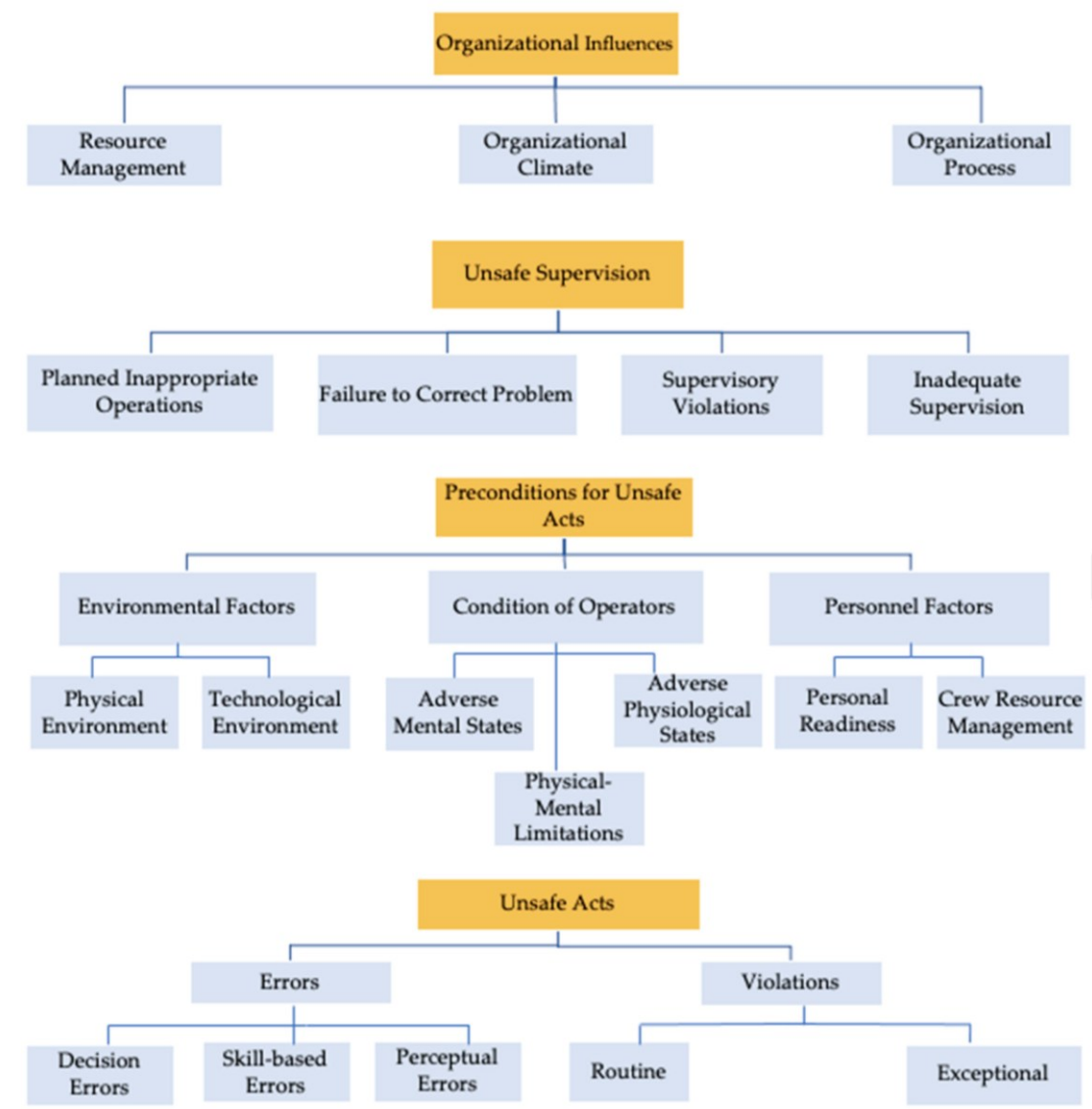
Human Factors Analysis and Classification System

Harris, D., & Li, W. C. (2011). An extension of the human factors analysis and classification system for use in open systems. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 12(2), 108-128.

Ergai, A., Cohen, T., Sharp, J., Wiegmann, D., Gramopadhye, A., & Shappell, S. (2016). Assessment of the Human Factors Analysis and Classification System (HFACS): Intra-rater and inter-rater reliability. *Safety science*, 82, 393-398.

Rostamabadi, A.; Jahangiri, M.; Zarei, E.; Kamalinia, M.; Banaee, S.; Samaei, M.R. A Novel Fuzzy Bayesian Network-HFACS (FBN-HFACS) model for analyzing human and organizational factors (HOFs) in process accidents. *Process Saf. Environ. Prot.* 2019, 132, 59-72.

Yalcin, E., Ciftcioglu, G. A., & Guzel, B. H. (2023). *Human Factors Analysis by Classifying Chemical Accidents into Operations*. Sustainability, 15(10), 8129 <https://doi.org/10.3390/su15108129>



The HFACS model framework [26].



D.Lgs 81/2008

Art. 30

- Promuove l'adozione di SGSL (Sistemi di Gestione della Salute e Sicurezza sul Lavoro) per evolvere dalla sola valutazione dei rischi (DVR) a una **gestione attiva e sistematica**
- **Riconosce SGSL conformi** (es. UNI ISO 45001, linee guida UNI-INAIL) **con efficacia esimente o attenuante** della responsabilità amministrativa dell'ente
- L'adozione del modello di organizzazione e di gestione **nelle imprese fino a 50 lavoratori rientra tra le attività finanziabili**



D.Lgs 105/2015 (Attuazione Direttiva Seveso III)

Art. 14

- Disciplina il **Sistema di Gestione della Sicurezza (SGS)** per prevenire **incidenti rilevanti connessi con sostanze pericolose** (RIR)
- L'art. 14 ne definisce l'**obbligatorietà**
- L'allegato 3 definisce gli **elementi essenziali** per la sua attuazione
 - organizzazione e personale,
 - identificazione e valutazione dei pericoli rilevanti,
 - controllo operativo,
 - gestione delle modifiche,
 - pianificazione di emergenza,
 - controllo delle prestazioni,
 - controllo e revisione.

*D.M. 9 agosto 2000
«Linee guida per
l'attuazione del
Sistema di Gestione
della Sicurezza» per
impianti RIR (integrata
in D.Lgs 334/99 e
ss.mm.ii. e oggi D.Lgs
105/2015)*



Da approccio prescrittivo...

D.M. 10/03/1998

«Criteri generali di sicurezza antincendio e per la **gestione** dell'emergenza nei luoghi di lavoro»

CONTENEVA UNA CHIARA ESIGENZA DI
GESTIRE IL RISCHIO INCENDIO
E NON SOLO L'EVENTUALE EMERGENZA

ERA **CARENTE** IN MERITO
ALL'APPROCCIO DA UTILIZZARE PER
MODELLIZZARE LA GESTIONE DEL
RISCHIO INCENDIO E RENDERLA
STRUTTURATA E SISTEMATICA



...ad approccio prestazionale

D.M. 10/03/1998

«Criteri generali di sicurezza antincendio e per la **gestione** dell'emergenza nei luoghi di lavoro»
(vigente fino al 28 ottobre 2022)

D.M. 09/05/2007

«Direttive per l'attuazione dell'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio»

D.M. 03/08/2015

Codice di prevenzione incendi

DM 1-2-3/09/2021

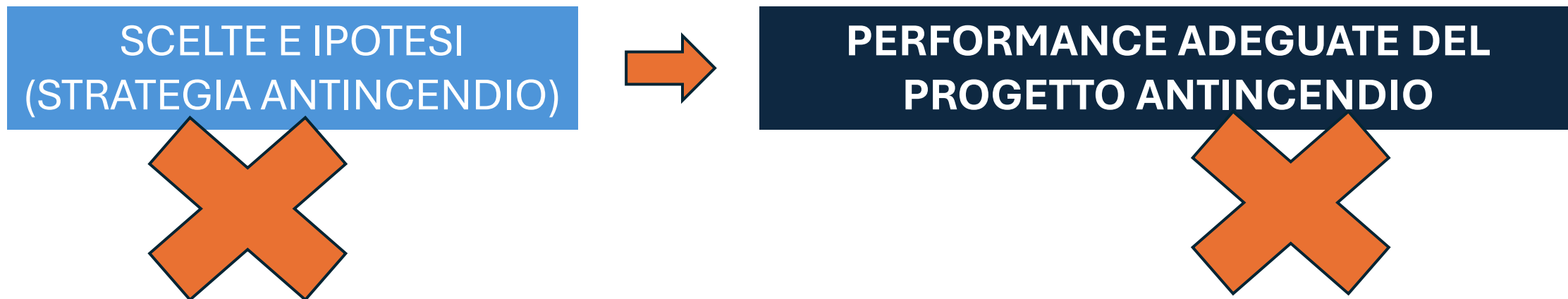
Decreti in attuazione dell'Art. 46 del D.Lgs 81/08



D.M. 9 MAGGIO 2007

Art. 6 – Sistema di Gestione della Sicurezza Antincendio

La progettazione antincendio eseguita mediante l'approccio ingegneristico comporta la **necessità di elaborare un documento contenente il programma per l'attuazione del sistema di gestione della sicurezza antincendio** (di seguito denominato **SGSA**) tenuto conto che **le scelte e le ipotesi poste a base del progetto costituiscono vincoli e limitazioni imprescindibili per l'esercizio dell'attività.**





Scopo della GSA (sez. S - Strategia antincendio)

- Rappresenta la **misura antincendio organizzativa e gestionale** dell'attività atta a garantirne, **in tutto il ciclo di vita**, un **adeguato livello di sicurezza** in caso di incendio (S.5.1)
 - Sia **in fase di esercizio ordinario** e **non ordinario** (stati degradati del sistema per guasti, manutenzioni ordinarie e straordinarie, danneggiamenti)
 - Sia **in fase di emergenza** (pianificandone la gestione e garantendo la sicurezza delle squadre di soccorso)
- Usa un **approccio basato sul rischio** (identificazione dei pericoli e valutazione dei rischi)
- Si basa sulla definizione di una **struttura organizzativa** che prevede un'adeguata **articolazione in ruoli** (con specifiche **competenze**), **compiti**, **responsabilità**, **procedure** che consenta di mantenere il livello di prestazione richiesto.
- Monitoraggio e riesame del SGSA (**miglioramento continuo**)

Livelli di prestazione e GSA

Stabilito il **livello di prestazione richiesto**, in base ai criteri di attribuzione di cui al punto S.5.3



Si individuano le **soluzioni progettuali** come in S.5.4



Si definiscono le **misure di prevenzione degli incendi** come in G.2

Tabella S.5-1 - Livelli di prestazione

Livello di prestazione	Descrizione
I	<u>Gestione della sicurezza</u> antincendio per il mantenimento delle condizioni di esercizio e di risposta all'emergenza
II	<u>Gestione della sicurezza</u> antincendio per il mantenimento delle condizioni di esercizio e di risposta all'emergenza <u>con struttura di supporto</u>
III	<u>Gestione della sicurezza</u> antincendio per il mantenimento delle condizioni di esercizio e di risposta all'emergenza <u>con struttura di supporto dedicata</u>

Le misure di prevenzione degli incendi identificate nella fase di valutazione del rischio sono vincolanti per l'esercizio dell'attività



La GSA nei luoghi di lavoro

D.M. 03/09/2021

- **Valutazione del Rischio Incendio**
- **Strategia antincendio**

D.M. 02/09/2021

- Compartimentazione
- Esodo
- **Gestione della sicurezza antincendio**
- Controllo dell'incendio
- Rivelazione ed allarme
- Controllo di fumi e calore
- Operatività antincendio
- **Sicurezza degli impianti tecnologici e di servizio**

D.M. 01/09/2021



La GSA nei luoghi di lavoro

D.M. 03/09/2021

D.M. 02/09/2021

D.M. 01/09/2021

- **Gestione della sicurezza antincendio in esercizio e in emergenza**
 - **Piano di emergenza**
 - Assistenza alle persone con **esigenze speciali** in caso di incendio
 - Misure semplificate per la **gestione dell'emergenza**
- **Informazione e formazione** dei lavoratori
- **Formazione e aggiornamento** dei lavoratori addetti alla prevenzione incendi, lotta antincendio e gestione dell'emergenza



La GSA nei luoghi di lavoro

D.M. 03/09/2021

D.M. 02/09/2021

D.M. 01/09/2021

- **Controlli e manutenzione degli impianti e delle attrezzature antincendio**
- **Qualificazione dei tecnici manutentori**
 - Contenuti minimi e durata dei corsi di formazione teorico pratica per il tecnico manutentore qualificato
- Allegato I - Criteri generali per manutenzione, controllo periodico e sorveglianza di impianti, attrezzature ed altri sistemi di sicurezza antincendio



Il FSMS: Struttura Organizzativa (Ciclo PDCA)

PLAN	DO	CHECK	ACT
• Policy antincendio • Fire Risk Assessment • Obiettivi e KPI • Piano di gestione	• Formazione e addestramento • Permessi di lavoro PTW / Hot Work Permit • Manutenzione sistemi • Gestione emergenze	• Audit interni ed esterni • Monitoraggio KPI • Esercitazioni evacuazione • Analisi falsi allarmi • Analisi near miss	• Root Cause Analysis • Lesson Learned • Miglioramento continuo • Revisione da parte del Management

Rif. BS 9997:2019 – Fire Risk Management Systems (BSI)



Variazioni d'uso e rischio nel tempo

FASE 1 Progettazione

Valutazione del rischio incendio basata su **scenari e profili d'uso pianificati**.
Misure attive e passive dimensionate su questi scenari.

Rischio: residuale & accettabile

FASE 2 Esercizio

Modifiche layout, carichi di incendio, occupanti e procedure reali **divergono dal progetto iniziale**.

Le variazioni «volontarie» ricadono nella gestione delle modifiche; quelle «involontarie» ricadono sotto la supervisione e responsabilità del gestore.

Rischio: variabile, con tendenza all'aumento

FASE 3 FSMS Continuo

Il FSMS, anche attraverso audit, **gestione delle modifiche e revisione periodica della Valutazione del Rischio Incendio**, mantiene il rischio entro i limiti definiti nel progetto originale anche al mutare delle condizioni operative.

Rischio: monitorato & controllato



La semplicità come criterio di qualità

Il principio fondamentale

La qualità delle soluzioni progettuali è strettamente correlata alla loro semplicità e sostenibilità nel tempo.

Il rischio della complessità

Misure complesse possono richiedere intervento umano continuo o dispositivi specifici (comunque soggetti a guasti). Misure eccessivamente complesse rischiano di essere inefficaci o non disponibili nei momenti critici.

Esempi pratici

- EVAC: il guasto del sistema automatico compromette sia misura attiva che passiva.
- Procedure di evacuazione basate su sistemi inaffidabili possono risultare inefficaci.

Implicazioni per il progettista

Il progettista deve combinare le misure considerando non solo la loro efficacia tecnica teorica ma quella effettiva nel ciclo di vita del sistema tempo. Occorre che progettista e responsabile attività comunichino in modo efficace



PROGETTAZIONE DELLA GESTIONE DELLA SICUREZZA (S.5.6)

Informazioni relative ai pericoli di incendio e tutti gli altri dati di input sull'attività necessari ai fini della valutazione del rischio di incendio (G.2)

Valutazione del rischio di incendio dell'attività e definizione della strategia antincendio

Valutazione congiunta delle misure di prevenzione incendi come da paragrafo S.5.5

Contribuisce all'attività di progettazione della GSA

Definisce e documenta il modello della GSA

Fornisce al responsabile dell'attività le indicazioni, le limitazioni e le modalità d'esercizio ammesse per l'appropriata gestione della sicurezza antincendio dell'attività, al fine di limitare la probabilità d'incendio, garantire il corretto funzionamento dei sistemi di sicurezza e la gestione dell'emergenza qualora si sviluppi un incendio.

Attua le limitazioni e le modalità d'esercizio ammesse per l'appropriata gestione della sicurezza antincendio dell'attività, al fine di limitare la probabilità d'incendio, garantire il corretto funzionamento dei sistemi di sicurezza e la gestione dell'emergenza qualora si sviluppi un incendio

RESPONSABILE DELL'ATTIVITÀ

PROGETTISTA

Quando è obbligatorio il SGSA

- Attività **progettate con approccio ingegneristico** (FSE)
- Attività **classificate RIR**
- **Attività complesse** (es. Strutture sanitarie)
- **Quando il livello di prestazione richiesto lo prevede** (es. opere da costruzione vincolate e/o strategiche)

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Attività ove siano verificate <i>tutte</i> le seguenti condizioni: • profili di rischio: ○ Rvita compresi in A1, A2, Ci1, Ci2, Ci3; ○ Rbeni pari a 1; ○ Ambiente non significativo; • non prevalentemente destinata ad occupanti con disabilità; • tutti i piani dell'attività situati a quota compresa tra -10 m e 54 m; • carico di incendio specifico $q_f \leq 1200 \text{ MJ/m}^2$; • non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative; • non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio.
II	Attività non ricomprese negli altri criteri di attribuzione
III	Attività ove sia verificato <i>almeno una</i> delle seguenti condizioni: • profilo di rischio Rbeni compreso in 3, 4; • se aperta al pubblico: affollamento complessivo > 300 occupanti; • se non aperta al pubblico: affollamento complessivo > 1000 occupanti; • numero complessivo di posti letto > 100 e profili di rischio Rvita compresi in D1, D2, Ciii1, Ciii2, Ciii3; • si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative ed affollamento complessivo > 25 occupanti; • si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio o dell'esplosione ed affollamento complessivo > 25 occupanti.



Controllo e revisione SGSA

- Audit interni
- Riesame della Direzione
 - Frequenza
 - Oggetto della revisione: raggiungimento obiettivi, azioni di monitoraggio, valutazione dell'efficacia, azioni correttive, **analisi near-miss**, effetti evoluzione normativa
 - Definizione di azioni di miglioramento

INAIL – Linee di indirizzo per la gestione dei Near Misses nelle aziende (2021).

Si attendono entro il 30 aprile 2026 Linee guida Ministeriali.

D.L. 31 ottobre 2025, n. 159 convertito in L. 29 dicembre 2025, n. 198 – "Misure urgenti per la tutela della salute e della sicurezza sui luoghi di lavoro e in materia di protezione civile" (GU n. 254/2025). Primo testo normativo italiano a introdurre linee guida obbligatorie per l'identificazione e l'analisi dei Near Misses (Art. 15) per imprese con più di 15 dipendenti.



Conclusioni

- 1** Gli impianti industriali sono sistemi socio-tecnici complessi (STS)
- 2** Il FSMS è un sistema integrato: tecnica, organizzazione e cultura della sicurezza sono inscindibili. La gestione antincendio deve essere progettata con questa logica.
- 3** La gestione organizzativa è la leva critica: PTW, gestione delle modifiche, formazione e audit fanno la differenza tra compliance e sicurezza reale.
- 4** La comunicazione strutturata tra gli stakeholder è la garanzia per l'adozione di modelli di gestione della sicurezza antincendio in grado di valutare adeguatamente i rischi e mitigarli
- 5** La normativa è in continua evoluzione: ISO 45001, Codice PI, Seveso III, D.Lgs 81/2008, norme tecniche (UNI, ISO, CEI,...) impongono aggiornamento costante.



Prof.ssa Natalia Trapani

Professore Associato di Impianti Industriali Meccanici

DIEEI – Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Elettronica e Informatica

Università degli Studi di Catania

natalia.trapani@unict.it