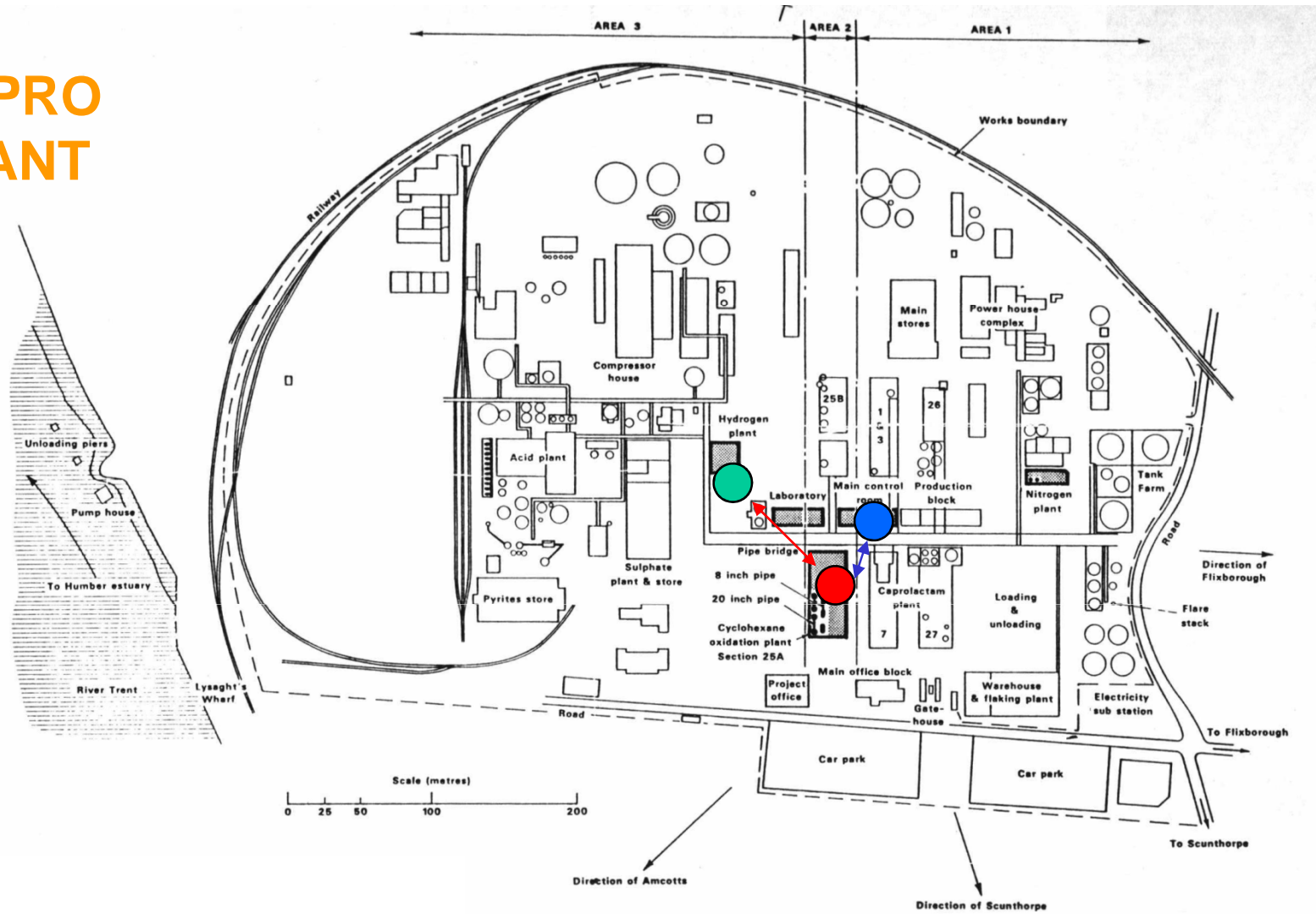




Incidente di FLIXBOROUGH - Inghilterra

NYPRO PLANT



Impianto cicloesano



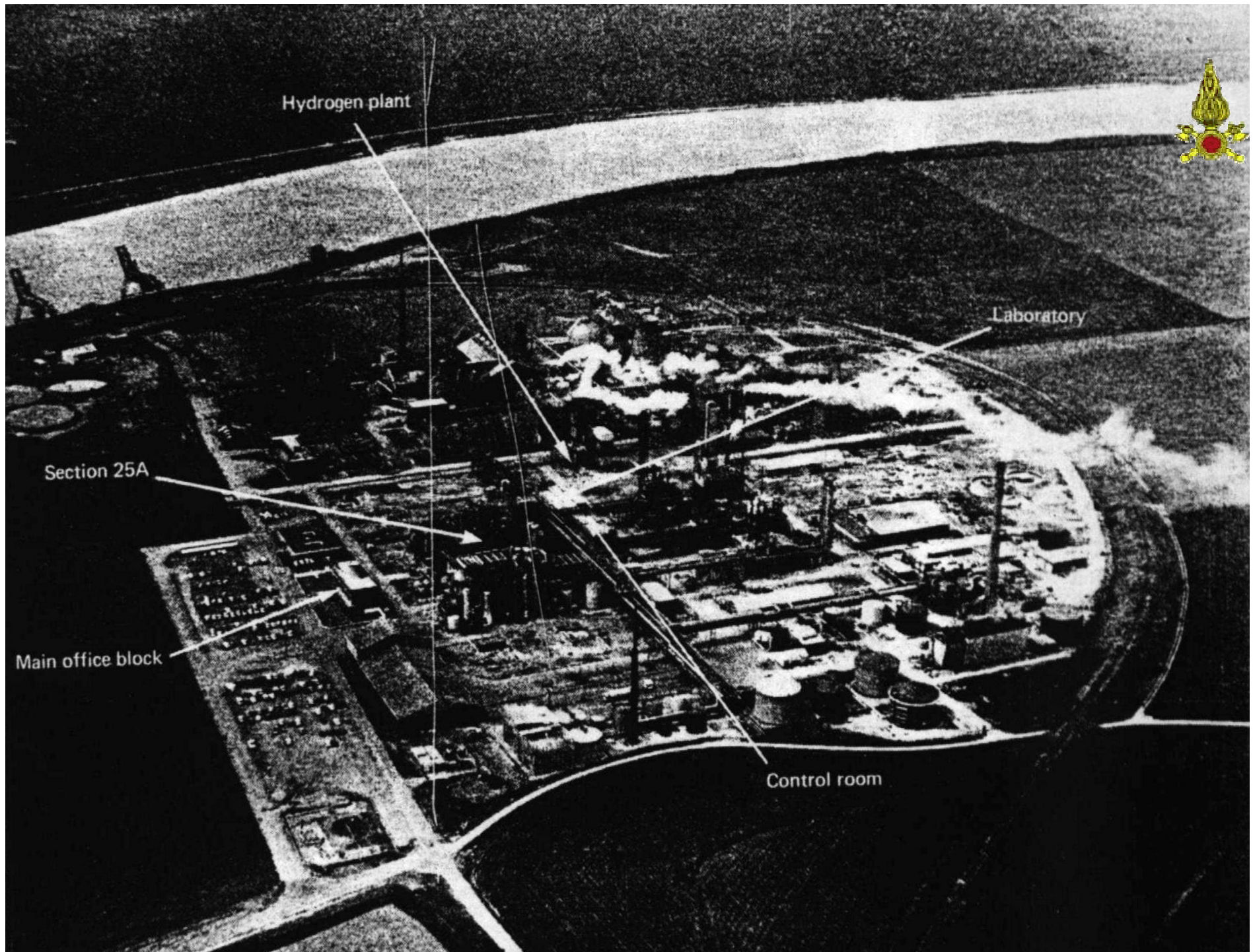
Impianto idrogeno

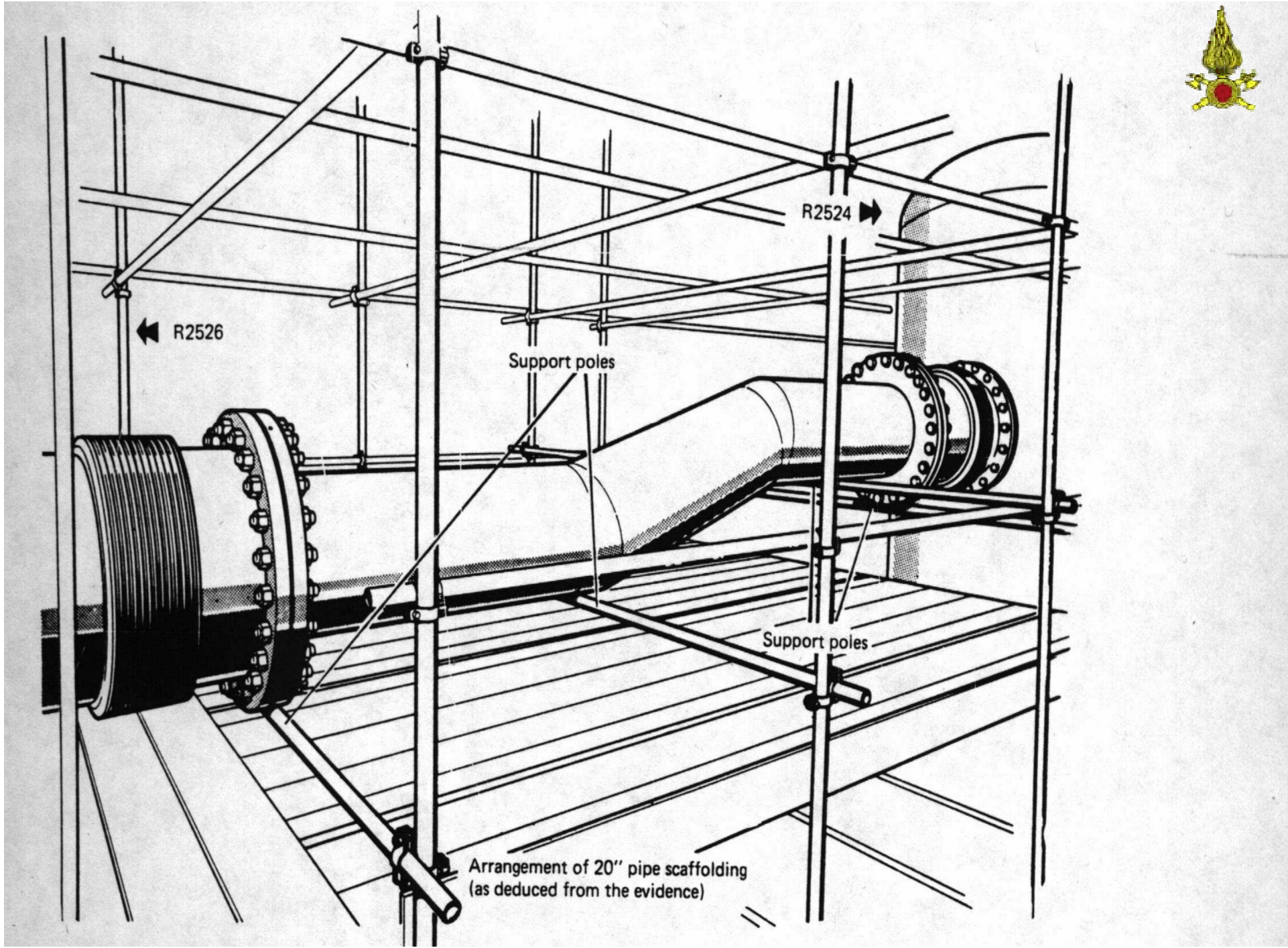


Control room

100 mt

50 mt





← R2526

R2524 →

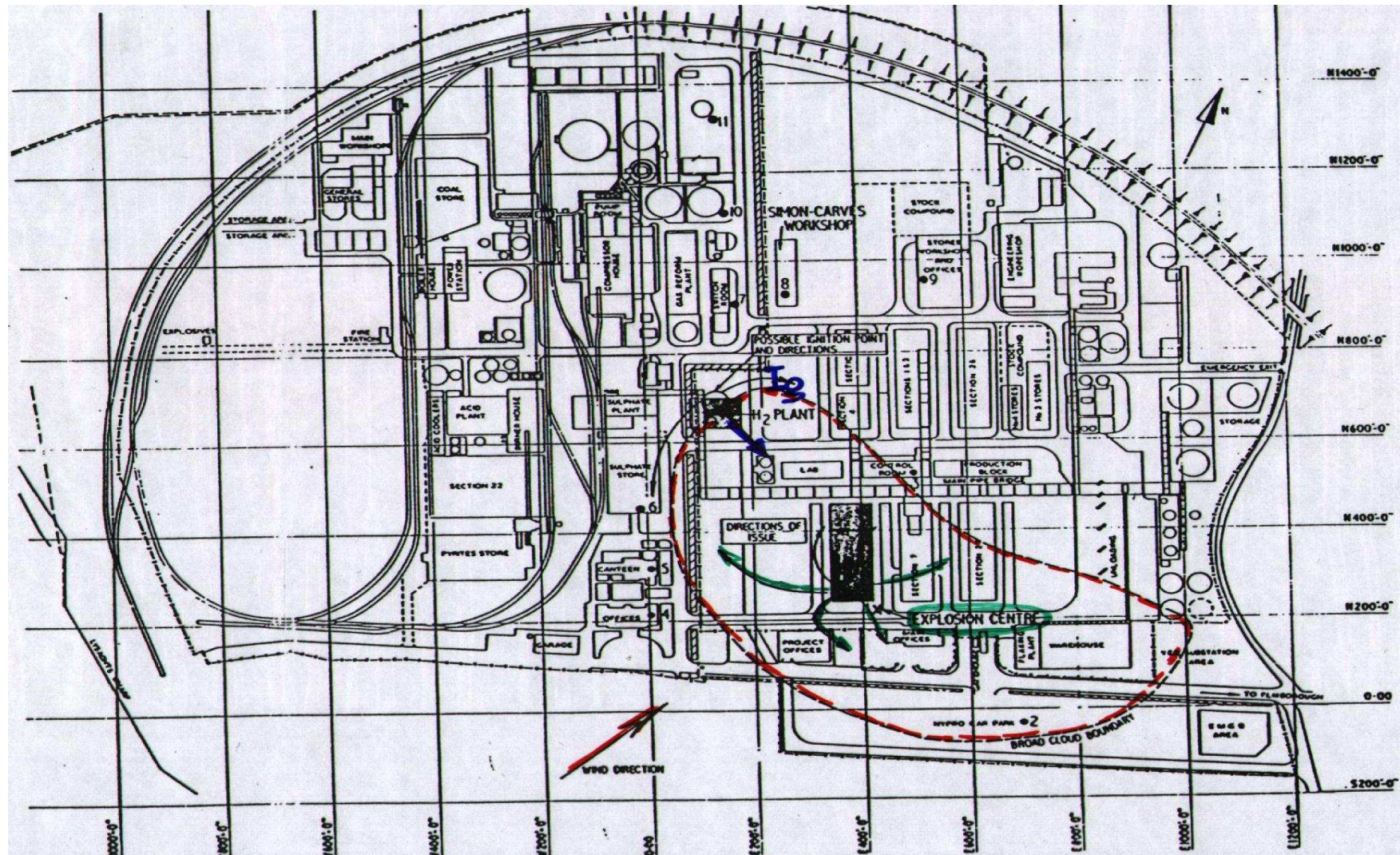
Support poles

Support poles

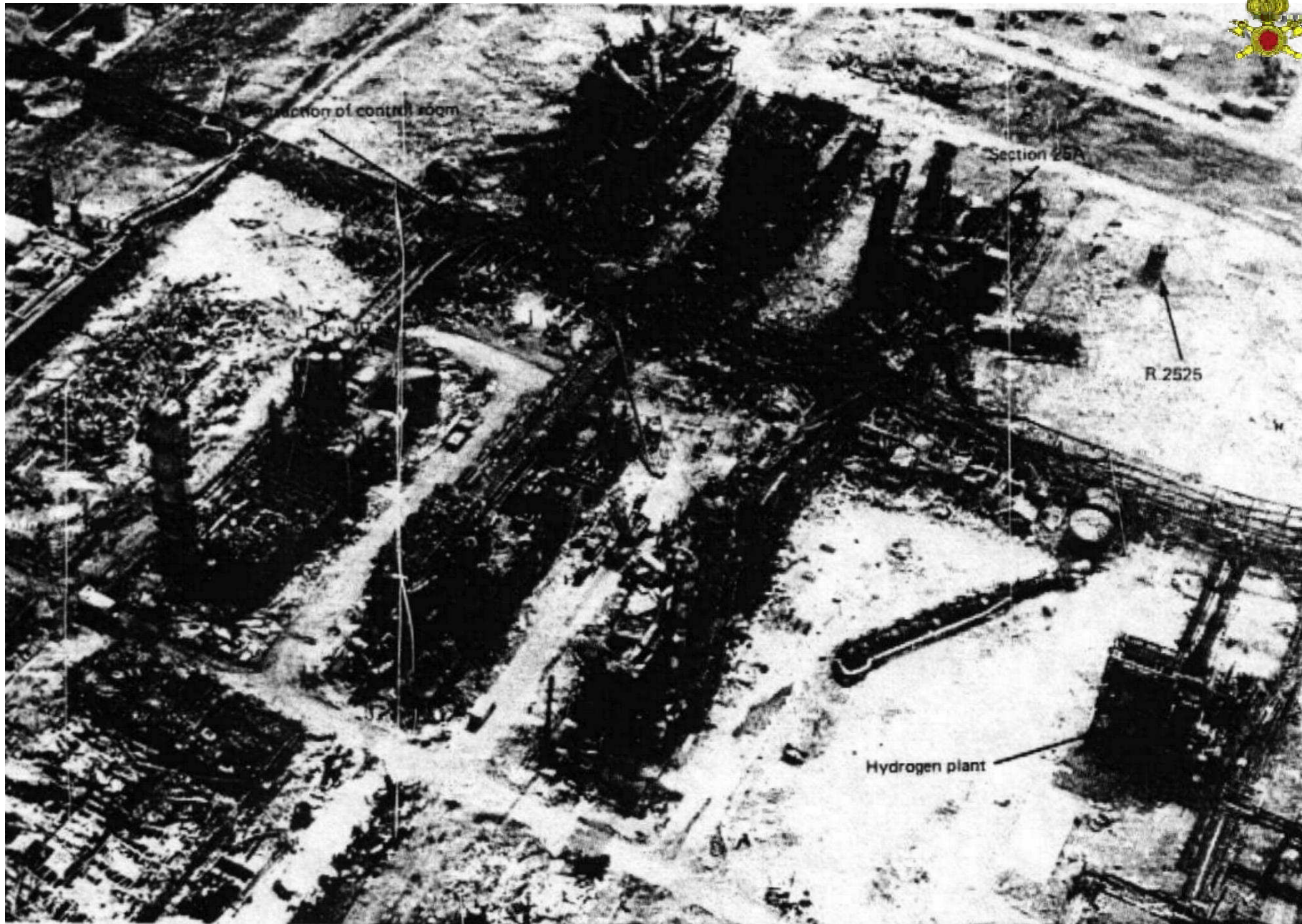
Arrangement of 20" pipe scaffolding
(as deduced from the evidence)

Cosa è successo!

Da una condotta di collegamento dell'impianto di produzione del cicloesano al parco serbatoi, vi è stata una perdita di prodotta da una flangia, non rilevata dal personale, che si è innescata provocando un UVCE, nell'area dello stabilimento



Il risultato dell'esplosione

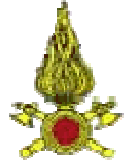




Le conseguenze dell'esplosione

- **Esplosione di circa 40 tonnellate di cicloesano**
- **Violenza paragonabile a 15-45 tons di TNT**
- **Altezza interessata: 45 ± 24 m**
- **28 morti – 36 feriti (sabato)**
- **Danneggiati 1821 case e 167 esercizi commerciali**

La successiva fase di analisi dell'impianto è:



IDENTIFICAZIONE DEGLI EVENTI PERICOLOSI

LETTERATURA

ANALISI STORICA

FACTS - TNO

(failure and accident technical information system)

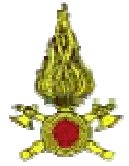
MHIDAS - HSE

(major hazard incident data service)

MARS – JRC

(major accident reporting system)

IDENTIFICAZIONE DEGLI EVENTI PERICOLOSI



**ANALISI STORICA
FORNISCE INFORMAZIONI RELATIVE:**

IDENTIFICAZIONE DEGLI EVENTI PERICOLOSI



METODI PREDITTIVI

HAZ.OP. (Hazard operability)

FMEA (Failure mode and effect analysis)

WHAT IF...?

- ✓ i metodi hanno il fine di analizzare le anomalie impiantistiche con questa logica:
- ✓ ipotizzare scostamento dell'impianto dalle normali condizioni
- ✓ identificare la causa dello scostamento
- ✓ identificare conseguenze
- ✓ verificare protezioni
- ✓ valutare il rischio associato
- ✓ individuare ed attuare interventi migliorativi

HAZ.OP



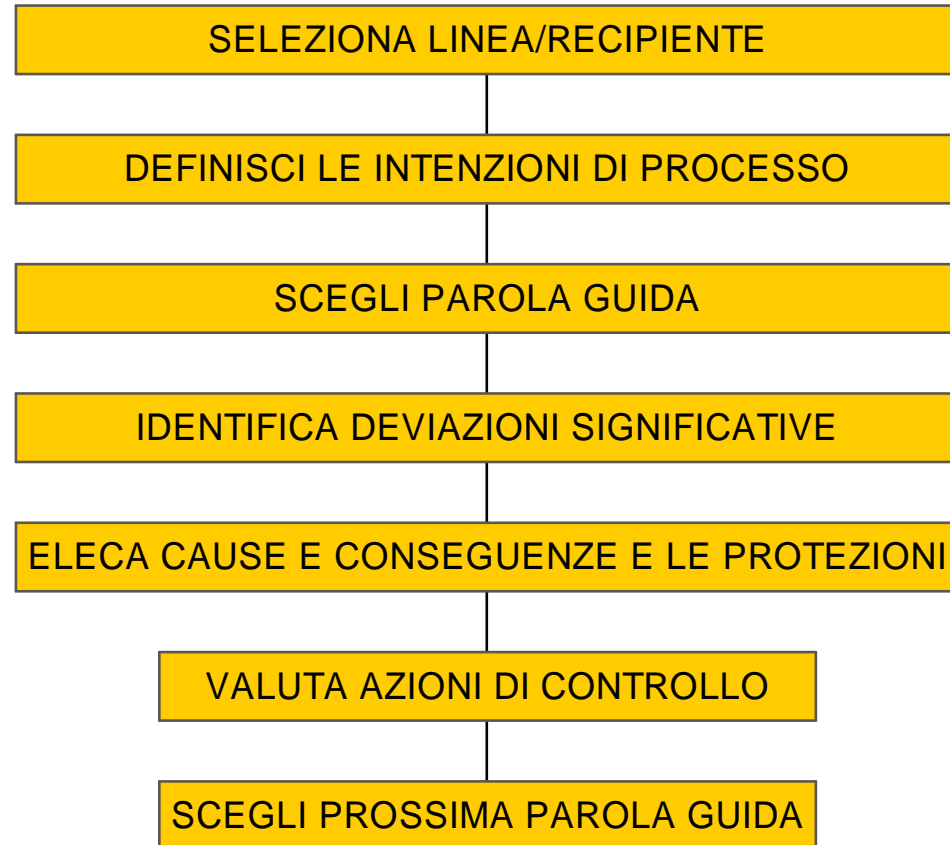
PARAMETRI:

pressione
temperatura
portata
livello

PAROLE GUIDA:

Più di
meno di
no
inverso
invece di

**RIPETERE PER TUTTE
LE LINEE ED I
RECIPIENTI DEL
PROCESSO**





HAZOP			DATA		N° foglio		
Impianto apparecchio: <i>distillatore</i>			Sezione 4		Nodo 2		disegno
p.g.	parametro	N	cause	conseguenze	segnalazioni	interventi	Top
+	temperatura al nodo 2	E401	Q alta vapore Q bassa acqua di raffreddamento	Aumento pressione	Allarme sala controllo	Blocco pompa mandata	
+	Pressione al nodo 2	E301	Q alta dal nodo 1	Apertura valvola PSV	Allarme apertura PSV		TOP 1
-	Portata al nodo 2	G024 F..S.	Blocco pompe di mandata Rottura collettore di mandata	Aumento temperatura	Allarme TI sala controllo	Fermata impianto	
#	Concentrazione al nodo 2	F.A.	Rottura collettore di carico	Riduzione pressione	allarme bassa portata	fermata impianto	TOP 2

FMEA (Failure mode and effect analysis)



Si considerano i vari componenti dell'impianto

Si analizzano quindi i

modi di avaria

e

gli effetti dell'avaria

e

l'importanza nei riguardi della sicurezza

es. valvola: bloccata aperta, bloccata chiusa, perdita tenuta alla flangia, fessurazione

effetti: eccesso di flusso, eccesso di pressione, fuoriuscita prodotto;

- **livello 1 nessun effetto apprezzabile**
- **livello 2 lievi alterazioni**
- **livello 3 significative alterazioni**
- **livello 4 grave rischio**



WHAT IF ?

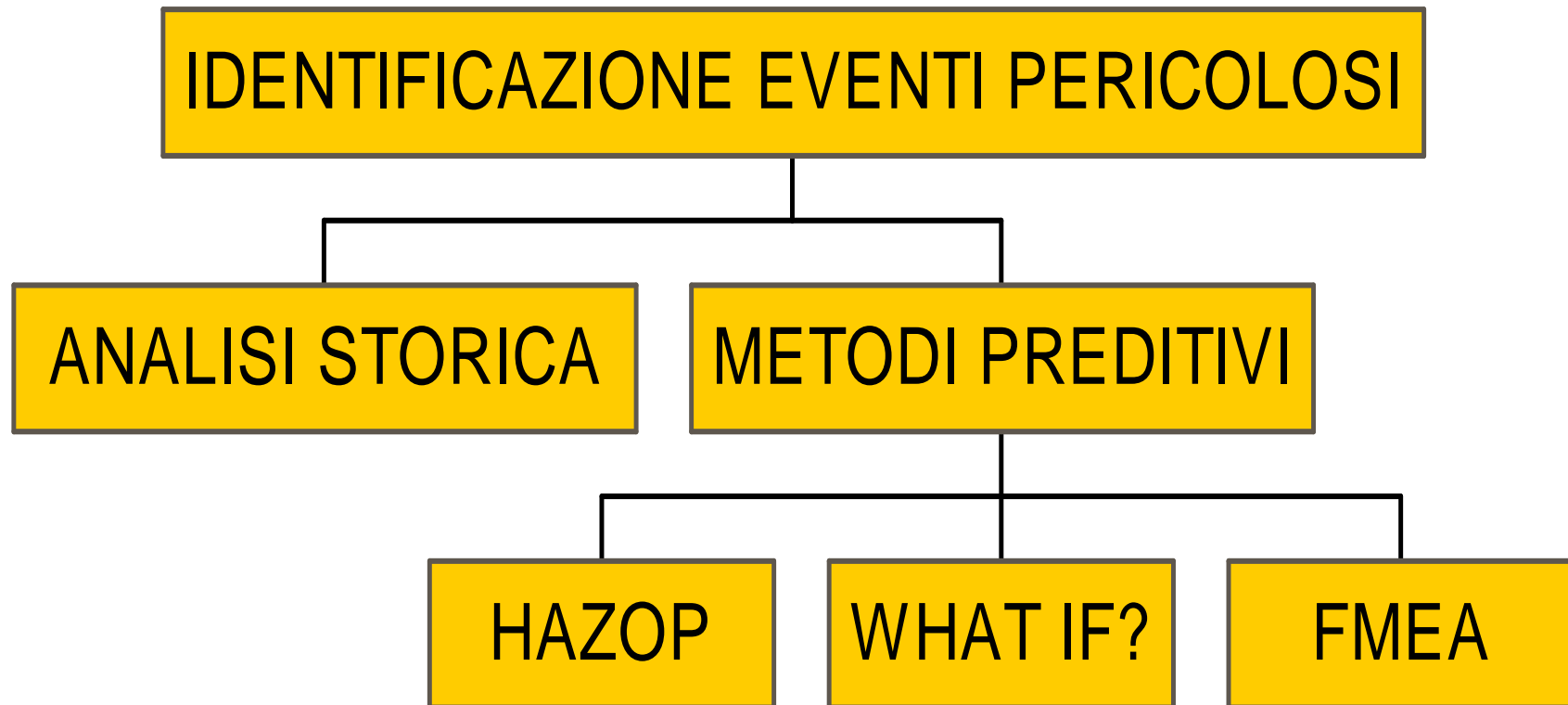
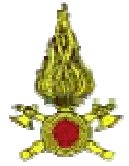
COSA SUCCEDE SE...?

ES. Cosa succede se il radiatore della macchina non effettua il raffreddamento?

La risposta riguarda
CONSEGUENZE, CAUSA E RIMEDI

ECCESSO TEMPERATURA/PRESSIONE
ROTTURA CINGHIA
STOP (ALLARMI) E RIPARAZIONE

RIASSUMENDO





Il successivo passaggio è quello di valutare la **credibilità** degli eventi incidentali e fissare delle soglie di **accettabilità** oltre al quale l'evento si può considerarsi trascurabile

Si deve quindi fissare dei **METODI PER LA VALUTAZIONE DELLE PROBABILITA' DI ACCADIMENTO;**

Essi richiedono i seguenti passaggi



METODI PER LA VALUTAZIONE DELLE PROBABILITA' DI ACCADIMENTO

- *CREAZIONE DI SCHEMI LOGICI DI
CONCATENAMENTO DI EVENTI ELEMENTARI*
- *ASSEGNAZIONE DI PROBABILITA' AGLI EVENTI
ELEMENTARI*
- *STIMA DELLA PROBABILITA' DELL'INCIDENTE
(ALGEBRA DI BOOLE)*

Stima della credibilità degli eventi incidentali



Gli eventi elementari si possono combinare fra loro secondo la seguente logica:

PORTA OR	O L'UNO O L'ALTRO	PR1 + PR2
PORTA AND	L'UNO E ANCHE L'ALTRO	PR1 x PR2

Con questa logica si costruiscono gli **ALBERI DEI GUASTI** che individuano i **TOP EVENT** con la stima delle probabilità di accadimento

Per ogni singolo componente deve essere fatto uno studio di **affidabilità** (probabilità di guasto)



Dato un certo componente

- Una valvola
- Una pompa
- Una flangia
- Un termometro
- Un pressostato
- Un misuratore di portata
- ecc.....

Quando e come si può guastare ?



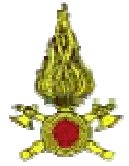
La domanda va posta un po' meglio

Si può parlare di

- **Affidabilità:** rappresenta la garanzia che il componente sicuramente funziona all'interno di un certo lasso di tempo t .
- **Probabilità:** rappresenta la possibilità che si manifesti un certo tipo di evento (ad esempio la probabilità che una nube si possa innescare)
- **Frequenza:** rappresenta il numero di eventi (guasti) nel tempo t
- **Rateo di guasto:** rappresenta il numero di eventi (guasti) nell'unità di tempo o all'interno di un numero finito di eventi

Chiaramente questi concetti sono legati tra loro da precise relazione matematiche

Ad esempio

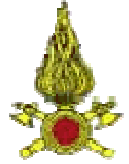


La probabilità P che lanciando N monete escano tutte con testa è data dalla relazione

$$P = (1/2)^N$$

n. Lanci	P	valore di potenza di 10
1	0,5	
2	0,25	
3	0,125	
6	0,0156	10^{-2}
10	0,00097	10^{-3}
13	0,00012	10^{-4}
16	0,000015	10^{-5}

Avere un evento con probabilità di 10^{-5} vuol dire che è così raro come l'evento di lanciare 16 volte una moneta e ottenere sempre testa (o croce)



Per la Legge dei grandi numeri quando il numero delle prove è molto alto, la frequenza con la quale si presenta un certo evento assume valori molto prossimi alla probabilità

La frequenza di un evento A è data dal rapporto tra il numero di volte K che l'evento si è manifestato, sul numero totale N di prove eseguite

$$fr = K/N$$

L'affidabilità è quindi la probabilità di un corretto funzionamento di un apparecchio in un certo tempo t e che si guasta con una frequenza λ ed data dalla relazione

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



In sostanza se ad esempio si osserva un componente per 10 anni, e si evidenzia che in questo tempo si è guastato 5 volte la frequenza di rottura è data da

$$fr = \frac{5}{10 * 8760} = 5,7 \cdot 10^{-5} \text{ occ/h}$$

Qualora il tempo di osservazione tende all'infinito allora la frequenza di guasto tende alla probabilità

Nel campo industriale la determinazione della probabilità di guasto è più complessa da determinare, perché entra in gioco il tempo di rilevamento e di riparazione del componente.



Se il componente è in grado di autoevidenziare il guasto

(allora il componente resta fuori servizio solo per il tempo necessario a riportarlo in stato di funzionamento)

a) *Componente riparabile*

$$P = r * MTTR$$

b) *Componente non riparabile*

$$P = r * v$$

Se il componente non si autoevidenzia

(il componente resta fuori servizio finchè un test non rileva il suo guasto)

$$P = r * \theta/2 \quad \text{dove}$$

P = probabilità di guasto (occ./dem – adimensionale)

r = rateo di guasto (occ/h)

θ = tempo intercorrente tra due test consecutivi (ore)

v = tempo necessario per sostituire il componente (ore)

MTTR = tempo necessario per riparare il componente (ore)



Determinata la frequenza con cui si manifesta il top-event, lo studio deve proseguire andando a valutare quali sono le **conseguenze**

In particolare come si può evolvere l'incidente, con quali probabilità e quali possono essere gli effetti sulle persone e sulle cose circostanti.

Si deve costruire

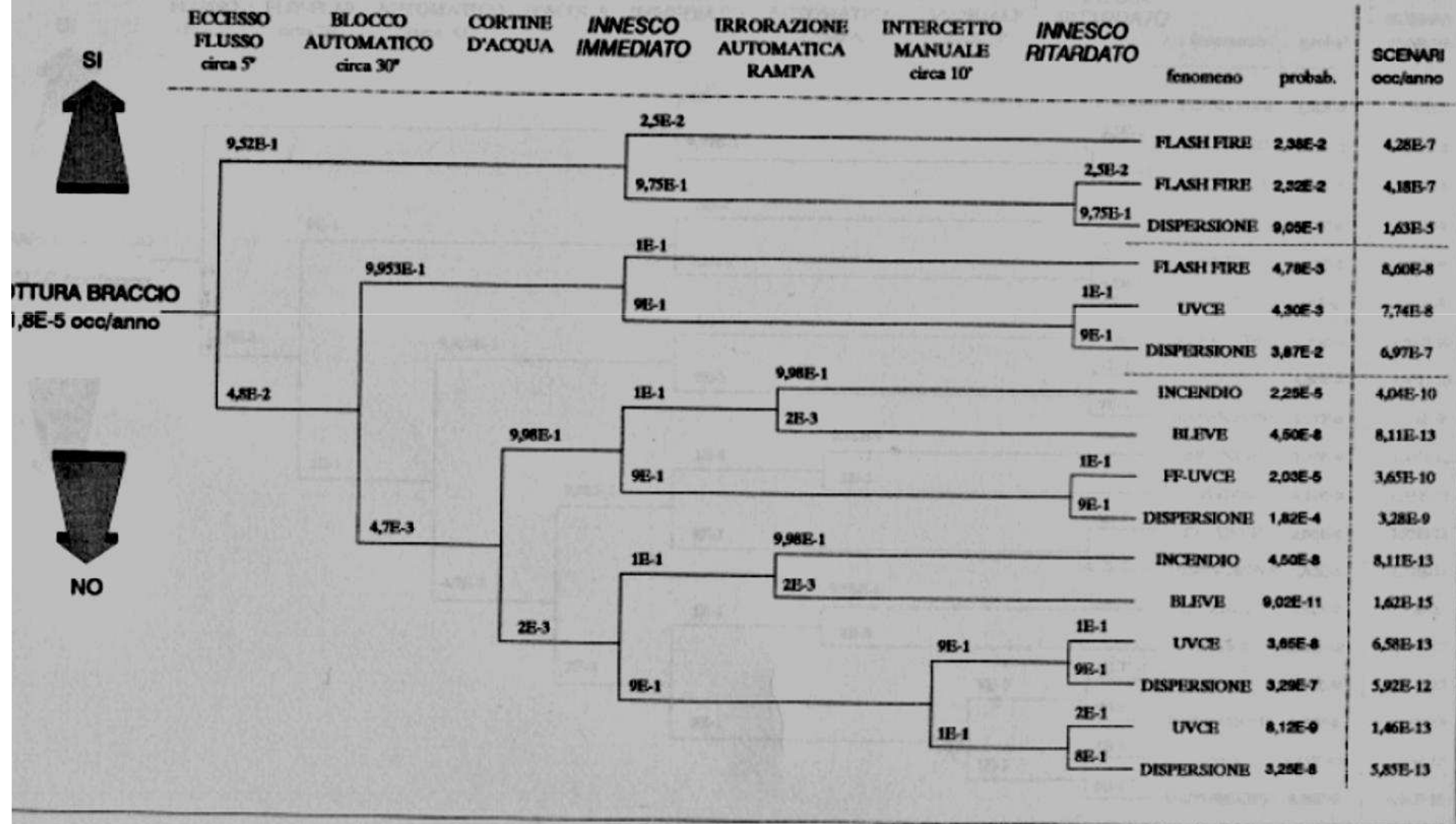
L'albero delle conseguenze

ALBERO DEGLI EVENTI

DEPOSITO GPL

fig. 1

FUORIUSCITA GPL DA BRACCIO DI TRAVASO



Gli effetti sulle persone e sulle cose



INCENDIO

<i>elevata letalità</i>	<i>12,5 kw/mq</i>
<i>inizio letalità</i>	<i>7,0 kw/mq</i>
<i>lesioni irreversibili</i>	<i>5,0 kw/mq</i>
<i>lesioni reversibili</i>	<i>3,0 kw/mq</i>

ESPLOSIONI

<i>elevata letalità</i>	<i>60 KpA</i>
<i>inizio letalità</i>	<i>14 KpA</i>
<i>lesioni irreversibili</i>	<i>7 KpA</i>
<i>lesioni reversibili</i>	<i>3 KpA</i>

TOSSICITA'

*i valori sono variabili e dipendono dalla
sostanza – vedere scheda di sicurezza*

TLV-TVA

TLV-Stell

p.p.m.

IDLH

LOC



STIMA DELLE CONSEGUENZE DI EVENTI PERICOLOSI - MODELLI

INCENDIO

*POOL FIRE
FLASH FIRE
TANK FIRE
JET FIRE*

ESPLOSIONI

*UVCE
CVCE
BLEVE - RPT
FIREBALL*

TOSSICITA'

MODELLI DI DISPERSIONE

- LIQUIDO - LIQUIDO*
- MISCIBILE - NON MISCIBILE*
- GAS - ARIA (PESANTI, LEGGERI)*
- VALUTAZIONI IMMEDIATE E
DIFFERITE*

SCOPPI

Rotture per infragilimento
Rotture per cricche
Rotture per sovrappressioni



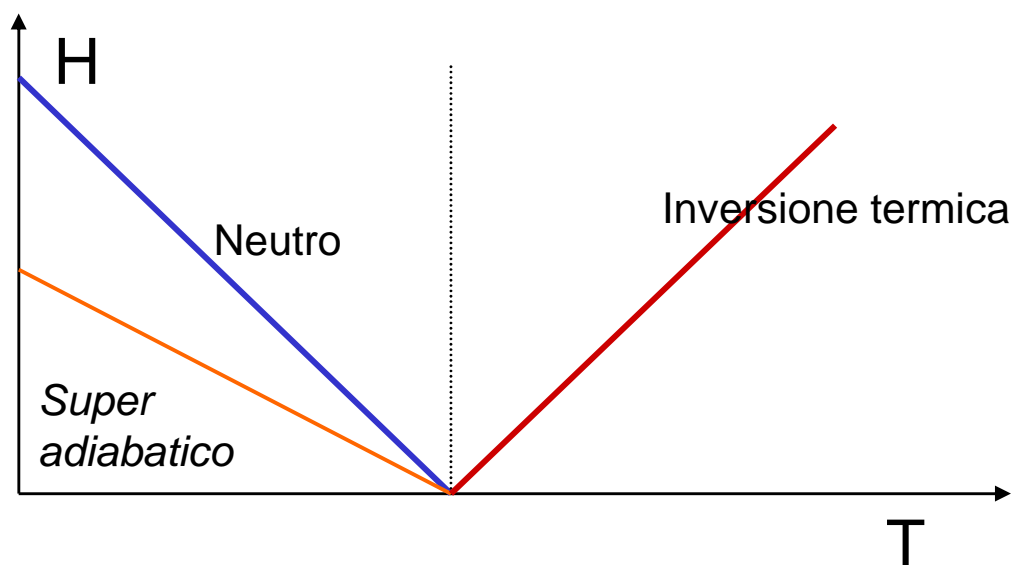
LA DISPERSIONE- condizione meteo

- *CONOSCENZA DEL MEZZO (ATMOSFERA)*
- *TURBOLENZA = f(velocità del vento, rugosità del terreno, moti verticali,)*
- *GRADIENTE TERMICO (funzione della quota)*
 - delta termico > 0 positivo*
 - delta termico < 0 negativo*
 - delta termico = -1 adiabatico ogni 100 m. di quota*



La DISPERSIONE C

- *super adiabatico* $\Delta T < -1$
 - *sub adiabatico* $-1 < \Delta T < 0$
 - *neutrale* $\Delta T = -1$
 - *Inversione termica* $\Delta T > 0$
- Riferito ($^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$)





PASQUILL

A molto instabile	grad < -1,9
B instabile	-1,9 < grad < -1,7
C debolmente instabile	-1,7 < grad < -1,5
D neutra	-1,5 < grad < -0,5
E debolmente stabile	-0,5 < grad < 1,5
F stabile	grad > 1,5

Velocità del vento (m/sec a 10 m.)

<2
2-3
3-5
5-6
>6

Forte

A
A-B
B
C
C

soleggiamento

moderato

A-B
B
B-C
C-D
D

debole

B
C
C
D
D

molto coperto(notte e giorno)

periodo notturno

cop>4/8

cop.<3/8

<2
2-3
3-5
5-6
>6

D
D
D
D
D

E
D
D
D

F
E
D
D

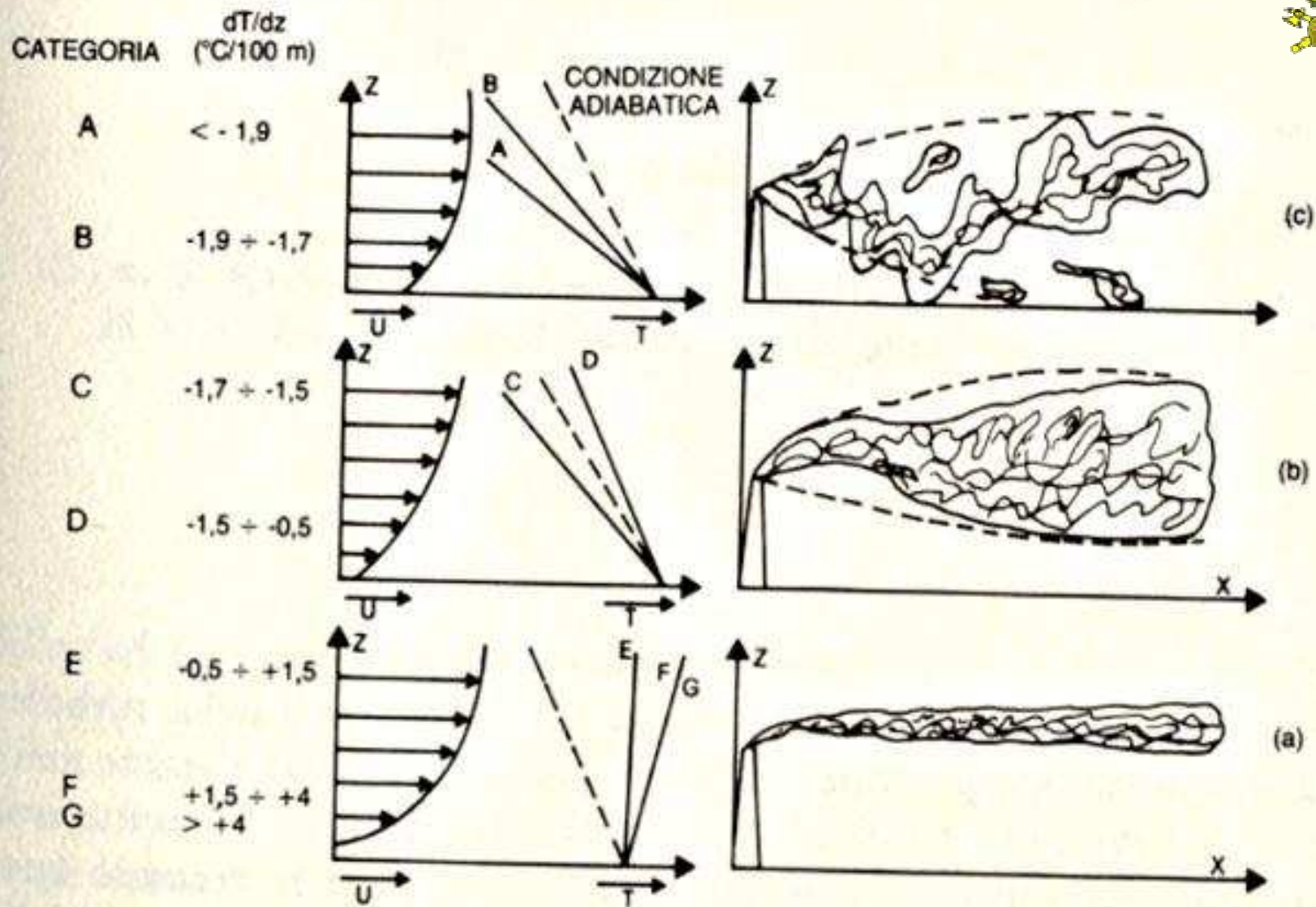


Fig. 2 - Corrispondenza tra Categorie metereologiche e gradiente di temperatura



SANZIONI



FATTISPECIE	SANZIONE
Omessa presentazione di notifica	arresto fino a 1 anno
Omessa presentazione di rapporto di sicurezza	arresto fino a 1 anno
Omessa politica di prevenzione	arresto fino a 1 anno
Omessa presentazione di scheda informativa (in caso di notifica)	arresto fino a 3 mesi
Omessa adozione, in caso di incidente rilevante, delle misure del piano di sicurezza o omessa informazione	arresto da 6 mesi a 3 anni

SANZIONI

FATTISPECIE	SANZIONE
Mancata attuazione del sistema di gestione	arresto da 3 mesi a 1 anno
Mancato aggiornamento del rapporto di sicurezza	arresto fino a 3 mesi
Mancato aggiornamento della politica di prevenzione	arresto fino a 3 mesi

FATTISPECIE	SANZIONE
Omessa presentazione di relazione o scheda informativa	sanzione amministrativa da 30 a 180 milioni
Omessa predisposizione o revisione del piano di emergenza interno	sanzione amministrativa da 30 a 180 milioni
Omessa trasmissione nei termini delle informazioni per effetto domino	sanzione amministrativa da 30 a 180 milioni
Mancata ottemperanza agli obblighi per stabilimenti vicini a zone urbanizzate	sanzione amministrativa da 30 a 180 milioni