



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

**Appunti universitari**

**Tesi di laurea**

**Cartoleria e cancelleria**

**Stampa file e fotocopie**

**Print on demand**

**Rilegature**

NUMERO: 617

DATA: 0409/2013

# **A P P U N T I**

STUDENTE: Gemello

MATERIA: Sicurezza

Prof. Marmo

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

**ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.  
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

TENI  
VA FORTE

# NORMATIVA

## CONTROLLO SITI INDUSTRIALI DA AUTORITA'

→ VIGILI FUOCO → MISURE ANTIINCENDIO

→ ASL → SERVIZI PREVENZIONE SICUREZZA DEI POSTI DI LAVORO

## STRUTTURA GERARCHICA PIRAMIDALE

↓  
 COSTITUZIONE → ART. 41 → ATTIVITA' ECONOMICA LIBERA,  
 MA NON PUO' RECARE DANNO  
 ALLA SICUREZZA, ALLA LIBERTA',  
 ALLA DIGNITA' UMANA

+  
CODICI SPECIFICI

↓  
CODICE

↓  
CODICE

CIVILE

PENALE

DEFINISCONO I REATI

REATO PENALE → CARCERE

REATO CIVILE → RISARCIMENTO ECONOMICO

SE MORTO A CAUSA DI  
CARENZE DEL POSTO DI  
LAVORO

OMICIDIO COLPOSO

LESIONI COLPOSE

LESIONI MOLTO GRAVI

SE MIGLIORANO CONOSCENZE TECNICHE, IL DATORE DI LAVORO SI DEVE ADEGUARE

ES: ETERNIT, UNA VOLTA SCOPERTA CANCEROGENI, CITA', SERVIVANO MISURE ≠

NEL 2008 LEGGI SU SICUREZZA DEL LAVORO VENGONO ACCORPATE IN DECRETO LEGISLATIVO 81/08

LEGGI → PROPOSTE DA GOVERNO, APPROVATE DA CAMERE

↓  
SU ALCUNE MATERIE DELEGATO → DECRETO LEGISLATIVO

TESTO VIGENTE CON SUCCESSIVE MODIFICAZIONI

↓  
INDICAZIONI TECNICHE SPECIFICHE

DA PAESI NON COMUNITARI

↳ NFPA → VIGILI FUOCO USA

↳ ASTM → TEST MATERIALI USA

SE NON C'È NORMA TECNICA EUROPEA BISOGNA  
RISPETTARE NFPA/ASTM COME RIFERIMENTO DI  
BUONA TECNICA (SE MANCANZA EN)

↳ RESPONSABILITÀ DEL DATORE DI LAVORO  
CONOSCERLE

D. LGS 81/08 → NORMA DICE CHE DATORE DI LAVORO  
È RESPONSABILE DELLA VALUTAZIONE  
DEI RISCHI

PERICOLO → SITUAZIONE POTENZIALE DI INFORTUNIO

RISCHIO → VALUTAZIONE COMBINATA DANNO ATTESO  
CON PROBABILITÀ CHE SUCCEDA

DATORE DI LAVORO DELEGA A UN CONSULENTE LA VALUTAZ.  
DEI RISCHI (CHE FIRMA IL DOCUMENTO)

MA, A PARTE DI UN FALSO, RESPONSABILITÀ RIMANE  
DEL DATORE DI LAVORO

UNA VOLTA RISPETTATA NORMATIVA BISOGNA INDIVIDUARE  
I RISCHI RIMANENTI

- RISPETTO STANDARD
- VALUTAZ. RISCHI E PREDISPOSIZ. MISURE PREVENZIONE
- INFORMAZIONE / FORMAZIONE LAVORATORI

↳ SU RISCHI  
SPECIFICI

↳ SCUOLA SU COME SI USANO DISPOSITIVI  
SICUREZZA / SOSTANZE / GUANTI CON  
ESAME

• RENDERE RISCHIO ACCETTABILE → SOGLIE CONFORMI A  
NORMATIVE

# RISCHIO INDUSTRIALE

CALCOLO RISCHIO → DA QUANTIFICARE

A) MODELLI SORGENTE → ES: PORTATA EMISSIONE

B) MODELLI TRASFERIMENTO → PROPAGAZIONE

C) MODELLI CAUSA/CONSEGUENZE → EFFETTI SU PERSONA COLPITA

VARIABILE CAUSATIVA

↳ PERMETTE DI CALCOLARE I DANNI (IN PROBABILITÀ)

PERMETTE DI CALCOLARE RISCHIO X INDUSTRIA A RISCHIO INCIDENTI

RISCHIO =  $f$  (MAGNITUDO DANNO, FREQUENZA)

SI CALCOLA RISCHIO OGGETTIVO DI MORTE PRO CAPITE

MA SE ATTORNO ALLO STABILIMENTO + PERSONE LA PROBABILITÀ DI CONSEGUENZE + GRAVE

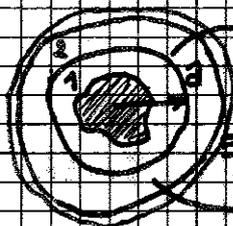
ES

\*ABBIAMO UN SITO A RISCHIO, VOGLIAMO VEDERE IMPATTO SUL TERRITORIO (POPOLAZ. CIRCONSTANTE)

2 POSSIBILI EVENTI

a 10000 } PROBABILITÀ REMOTA MA PUÒ SUCCEDERE  
b 100'000 } IN OGNI MOMENTO

PROBABILITÀ CHE EVENTO a AVVENGA IN UN ANNO =  $\frac{1}{10'000}$



SOGLIA ALL'INTERNO DELLA QUALE ABBIAMO MORTE CERTA (100%)  
 $R_2 = 10^{-4}$  OCCASIONI/ANNO

$R = F \cdot M$  → MAGNITUDO

$R_2 = 10^{-4} \cdot 0,5$  → PROBABILITÀ MORTE SE ACCADE

MAPPE SUL TERRITORIO DI RISCHIO INDIVIDUALE

X CAPIRE SE RISCHIO E' TOLLERABILE O MENO  
(RISCHIO ZERO IMPOSSIBILE)

PRENDIAMO A PARAGONE I RISCHI NATURALI

(FREQUENZA DI MORTE NATURALE =  $\frac{1}{100}$  ANNO)

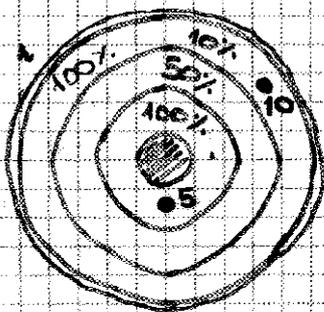
MISURA RISCHIO  
NATURALE

100 ANNI VITA MEDIA

DOBBIAMO STARE 2 ORDINI DI GRANDEZZA SOTTO  
SOMMA RISCHI NATURALI

RISCHIO ACCETTABILE =  $10^{-5} = 10^{-6}$  → MAX 0,1% RISCHIO  
(INDICAZIONI DI MASSIMA) MORTE NATURALE

DOBBIAMO PERO' PURE CONSIDERARE DENSITA' DI POPOLAZIONE DEL TERRITORIO

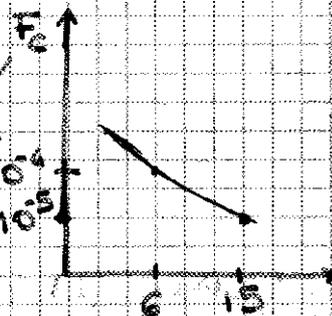


$$A = 5 + 1 = 6 \quad 10^{-4}$$

10 PERSONE · 0,1 (FREQ. MORTE)

$$B = 5 + 10 = 15 \quad 10^{-5}$$

FREQUENZA CUMULATA  
↓  
SOMMA FREQUENZE  
A MAGNITUDO >  
1 SE STESSA



## SCENARI INCIDENTALI

X POTERLI TRATTARE X CALCOLARE I RISCHI

### • RILASCI SOSTANZE TOSSICHE

↳ IN ATMOSFERA + GRAVI PERCHÉ COLPISCE DIRETTAM.  
POPOLAZ.

GRANDE MAGNITUDO / BASSA FREQUENZA

ES: INCIDENTE MOPAL → IL + GRAVE DI SEMPRE

### • ESPLOSIONI → CONSEGUENZA REAZ. CHIMICA SENZA

CONTROLLIO, CHE PRODUCE MOLTA ENERGIA  
IN POCCHISSIMO TEMPO

↓  
DI VARIO TIPO

### • INCENDI

#### \* JET FIRE → LANCIAFIAMME → IRRAGGIAM. TERMICO

↓  
SE SI ROMPE UN TUBO CON GAS IN PRESSIONE,  
LIQUIDO SURRISCALDATO NEI PRESSI DI COMBUSTIBILE

↓  
ES: THYSSEN È SCOPPIATO TUBO IN GOMMA DI SIST.  
IDRAULICO DI UN OGGETTO MOBILE (COME CIRCUITO  
IDRAULICO DI UNA DRAGA)

#### \* VCE → VAPORI INFIAMMABILI IN ARIA (ESPLOSIONE)

↓  
ONDA DI PRESSIONE

#### \* BLEVE → ONDA D'URTO X DEPRESSIONIZZAZ. A GAS

↓  
SERBATOIO GPL (PROPANO-BUTANO) IN FORMA LIQUIDA,  
SE SI ROMPONO DEPRESSIONIZZAZIONE, SI TRASFORMA  
IN GAS (ESPANSIONE X 1000)

RISCHIO CHIMICO → PROPRIETÀ DELLE SOSTANZE

AGENTE CHIMICO = SOSTANZA

PREPARATO = MISCELA

PERICOLOSE

PER L'UOMO

PER L'AMBIENTE → ES: DISPERSIONE OLIO

↓  
CLASSIFICAZIONE  
PERICOLOSITÀ  
DEGLI AGENTI O  
DEI PREPARATI

ALCUNE SOST. PERICOLOSE O MENO IN BASE A MODALITÀ D'USO

↳ ES: VAPOR D'H<sub>2</sub>O A P ALTA

PERICOLOSITÀ

• PROPRIETÀ CHIMICO-FISICHE

↓  
ES DIPENDE SOLUBILITÀ, Pb SOLIDO NON PERICOLOSA,  
SALI DI Pb SOLUBILI ENTRANO NELL'ORGANISMO  
E SONO TOSSICI

FACILITÀ AD ENTRARE NELL'ORGANISMO

CAPACITÀ DI BRUCIARE → CAMPO INFIAMMABILITÀ

PROPRIETÀ ESPLOSIVE

SI CONSULTANO SCHEDE DI SICUREZZA

↓  
DEVE ACCOMPAGNARE SOST. PERICOLOSE (BASTA UNA  
PROPRIETÀ PERICOLOSA) ↳ OBBLIGATORIO

↓  
DEVE CONTENERE TUTTE POSSIBILI PERICOLOSITÀ DI  
UN PRODOTTO

↓  
SEGUE DIRETTIVA EUROPEA

↳ FATTE DA REPP

↳ OGNI SOST. CON NUMERO CAS (OLTRE NOCHE COMMERC.)

SOTTO 10 MICRON DIFFICILE BLOCCARE

SOTTO 2,5 MICRON POCHISSIME BLOCCATE

↓  
TAPPANO ALVEOLI

QUELLE BLOCCATE, SE TOSSICHE, PROVOCANO DANNI  
FINCHE' NON ESPULSE

↓  
SMOG → RESIDUI CARBONIOSI CON SOST. TOSSICHE  
ADSORBITE

DOBBIAMO RIMANERE SOTTO LIMITI DI LEGGE

SOGGIA OLFATIVA NON HA NULLA A VEDERE CON I LIMITI

CO INODORE

↓  
ODORE SOLFOROSO ( $H_2S$ ) SI  
SENTE SOLO A BASSE CONC.,  
AD ALTE CONC. NON +

SOST. TOSSICHE ≠ IRRITANTE

↓  
BENZENE NON IRRITANTE MA PERICOLOSO

③ INGESTIONE → CATIVE PRATICHE IGIENE DEL LAVORO

↓  
ES: MANGIARE IN REPARTO

③ CUTANEA → DIFFICILE DA CONTROLLARE  
(CONTATTO)

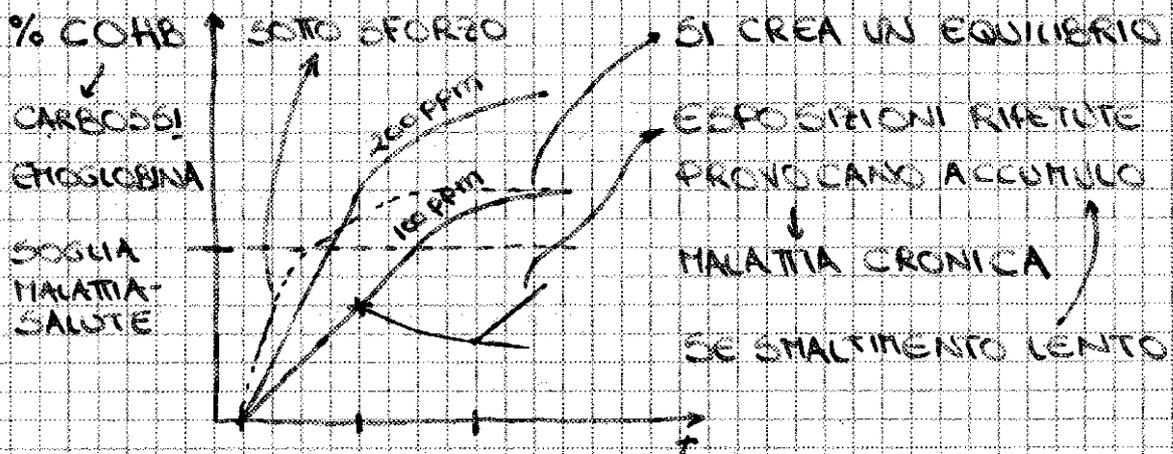
↓  
X VAPORI ≠ PERICOLOSA INALAZIONE

USARE GUANTI CON BARRIERA POLIMERICA

↳ CLASSIFICATI IN BASE A CAPACITA' DI  
BARRIERA

↓  
LIQUIDI IN GRADO DI PERMEARE

↳ DA SCEGLIERE IN  
BASE A MANIGLIONE



SE SI INTERROMPE INIZIA SOLTANTAMENTE A SCENDERE A VELOCITA' ≠ (COHb LENTAMENTE) (ALCOL VELOCEM.)

IL Pb PRATICAM. NON SCENDE (DIMENTRAMENTO IN 70 ANNI)

SE RESPIRAZ. + VELOCE CI VA MENO TEMPO X INALAZ. (LAVORO + PESANTE)

LIMITI DI ESPOSIZIONE

LI TROVO SU DECRETO

SCHUDE DI SICUREZZA

IGIENISTI

DEL LAVORO

ORGANISMI NAZIONALI USA/AUSTRIA/ EUROPA

WWW.CDC.GOV/NIOSH → BANCA DATI FREE SCHEDE DI

WWW.AGGH.GOV

SICUREZZA NON CANONICHE X

DA RICERCARE CAS

TUTTE LE SPECIE PERICOLOSE CONOSCIUTE

X ESPOSIZ. QUOTIDIANA AD AGENTE CHIMICO SU AMB. LAVORO: (3 DA RISPETTARE)

1) TCV-TWA → VALOR MEDIO SU 8 ORE QUOTIDIANE

(40 ORE A SETTIMANA)

SE + DI 8 ORE AL GIORNO MODIFICHE

EO SETTIMANE, 40 ANNI

IDLH → MAX CONC. A CUI SI PUÒ ESSERE ESPOSTI  
UNA VOLTA NELLA VITA PER 30 MINUTI SENZA  
DANNI

LD<sub>50</sub> → DOSE LETALE PER 50% SOGGETTI

USATO X INTOSSICAZ. ACUTA

USATO X CALCOLARE RISCHIO INDUSTRIALE

LC50  
LC10  
LC90

IN BASE A LC50 CLASSIFICATE TOSSICITÀ F.  
SPECIE CHIMICHE

DIFFICILE MISURARE LIVELLI TLW

SERVE STRUM. MISURA X LAVORATORE X TUTTO IL GIORNO

COSTO TROPPO ALTO

INQUIRE MISURE NON TROPPO  
ISTANTANEE

CAMPIONAMENTO INDIVIDUALE

X CAMPIONAMENTO LOCALE LASCIO STRUM. IN UN POSTO

CAMPIONAMENTI

COSTI ALTI

BI SOGNA OTTENERE MISURE UTILI LIMITANDO IL NUMERO  
DEI CAMPIONAMENTI

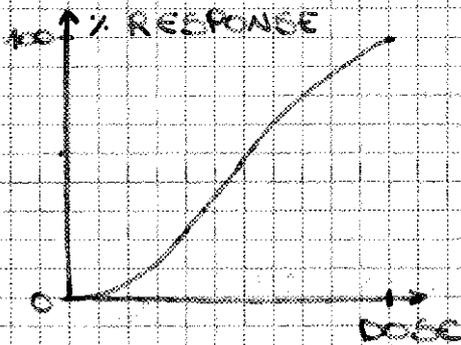
POSSO TRASPORTARE IN LAB SOLO SE INQUINANTE  
STABILE (NON DECAD.)

• FILE ADSORBENTI → CHE CATTURA INQUINANTI

↳ CAMBIA COLORE  
↳ LO PORTO IN LAB.

CAMPIONAMENTO INDIVIDUALE → Sonda su OPERATORE

### SCENARI DI TIPO C



USATO A FARE CERCHI  
 RIFERITO A UN CERTO TIPO  
 DI DANNO  
 VALE V TIPO DI VARIABILE  
 CAUSATIVA



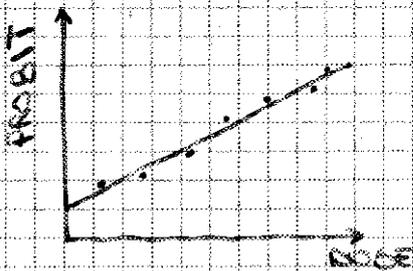
TOSSICOLOGIA  
 INCENDIO  
 ESPLOSIONE

CURVE A E VENGONO TRASFORMATE IN RETTE  
 (CALCOLI + SEMPLICI)

USIAMO NON %, MA PROBIT (PROBABILITA') IN ORDINATA  
 (CAMBIO VARIABILE)

PROBIT CORRISPONDENZA BIUNIVOCAMENTE CON PROBAB. %

VA DA 0 A 8 → 5 = 50% (UNICO PUNTO CON CORRISP.)



RELAZIONI EMPIRICHE  
 (TROVO RETTA X INTERPOLAZIONE  
 (VALE SOLO IN CAMPO VALIDITA')

DOVE HO TROVATO PUNTI X  
 FARE INTERPOLAZIONE  
 VALE SOLO CON PROBIT > 0  
 DOE PROBIT = 0, VUOLE DIRE  
 CHE IN % = 0%

RELAZIONE  
 ANALITICA TRA  
 PROBIT E %

$$P_c = a + b \ln(D) \quad \text{con } a, b \text{ costanti}$$

RELAZIONE PROBIT/DOSE  
 VARIABILE CAUSATIVA

## COMBUSTIBILE

· LIQUIDI → GASOLIO, ACETONE, ETERE, PENTANO

· GAS → ACETILENE, PROPANO, CO, H<sub>2</sub>

· SOLIDI → PLASTICHE, LEGNO, FIBRE, Me → **AC SI OSSIDA**  
↳ FACILE SE DIMENSIONI + PICCOLE PRODUCENDO  
AC<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

IN POLVERE BRUCIA  
IN SBARRE PATINA DI AC<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

## INNESCO

FIAMMA LIBERA, ACCENDINO, URTO (CON SCINTILLE),  
CALORE

↓  
LAVORI A CALDO → ES: MANUTENZIONI

IN CASI REALI SPESSO NON RISPETTATI RAPPORTI  
STECIOMETRICI

↓  
COMBURENTE O COMBUSTIBILE DILUITO

↓  
SI PRODUCE MENO CALORE → T MENO ALTE

↓  
SI VUOLE RIUSCIRE A DILUIRE

↓  
LIMITI DI INFIAMMABILITA' → QUANTITA' LIMITE DI  
COMBUSTIBILE PER SOSTE  
NERE UNA REAZIONE UNA  
VOLTA INNESCATO

↓  
SUPERIORE (UFL)      INFERIORE (LFL)  
X CH<sub>4</sub> SUPERIORE 15% IN  
VOLUME, 5% INFERIORE  
(STECH. = 10%)

LIMITI INFIAMMABILITA' = ESPLOSIVITA'      UFL = MEL  
LFL = ZEL

ZONA AUTOIGNIZIONE → NON SERVE INNESCO

FLASHPOINT MI DICE SE POSSO STOCKARE TRANQUIL-  
LAMENTE, OPPURE SE DEVO FARE ATTENZIONE

ALL'AUMENTARE DELLA T SI VEDE DA QUANDO C'È LA  
PRIMA FIAMMATA (ANCHE MINUSCOLA)

↑ X MISURA FLASHPOINT

FIRE-POINT MISURA DA QUANDO C'È FIAMMA, MA IN  
REALTÀ SI USA FLASH-POINT

FLASHPOINT MISURATO IN CONDIZ. EQUILIBRIO

↓  
DEVO IN REALTÀ RIMANERCI LONTANO X SICUREZZA

↓  
ES: GASOLIO HA FLASHPOINT A 60°C, LO TENGO X  
SICUREZZA A 40°C

CLASSIFICAZIONE - CLP → DAL 2015

LIQUIDI INFIAMMABILI: FLASHPOINT ≤ 93°C

↓  
4 CATEGORIE IN BASE A T FLASHPOINT / T EB.

LIQUIDI COMBUSTIBILI: FLASHPOINT > 93°C

ALCUNI OLI VEGETALI (ES: OLIO D'OLIVA) SONO DA  
CONSIDERARSI COMBUSTIBILI SOLO FINO A FLASHPOINT  
DI 125°C

↳ NORMATIVA VECCHIA → HA CREATO PROBLEMI

COMBURENTI → MOLTO PERICOLOSI

↓  
O<sub>2</sub> TRASPORTATO IN FORMA LIQUIDA, IN GRADO DI  
BRUCIARE L'ASFALTO

INNESCHI A BOMBOLA/AD ARCO ELETTRICO  
 FIAMME LIBERE, MATERIALI INCADESCENTI, SALDATURA,  
 TAGLIO, SUPERFICI CALDE (SUPERIORI T AUTOACCENSIONE),  
 IMPIANTI ELETTRICI, COMPRESSORI ADIABATICI, VEICOLI, ELETTRICITÀ STATICA

MENTRE SPENSO INTERRUITORE SI CREA ARCO ELETTRICO (SCINTILLA)  
 AUMENTA LA T DEL GAS COMPRESSO  
 ZONA DELLA MARMITTA CALDA, EMETTE SCINTILLE

IN CASO DI MOVIMENTO RELATIVO (FLUIDO CHE VIAGGIA IN UN TUBO) SI ACCUMULA CARICA, CHE SI SCARICA CON SCINTILLA

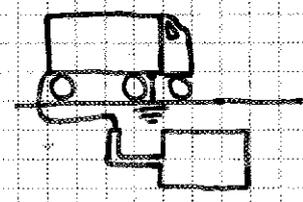
ENERGIA MINIMA D'INNESCO (MIE) DA ARCO ELETTRICO (SCINTILLA)  
 DIPENDE DALLA CONC. DELLA MISCELA, IL MINIMO AL RAPPORTO STECHIOMETRICO DI COMBUSTIONE

$6 \cdot 10^{-3} \text{ J}$  }  $\times \text{CH}_4 / \text{O}_2$  } EN. DI STROFINO DI UNA  
 $10^{-9} \text{ J}$  } ALTRI - } MAGLIA DI LANA

SERVE ABITI APPOSTI → NO LANA  
 NO SCARPE DI GOMMA

GAS →  $10^{-2} / 10^3 \text{ mJ}$   
 POLVERI →  $10^{-1} / 10^5 \text{ mJ}$

SI METTONO A TERRA TUBAZIONI BISOGNA METTERLA A TERRA



AUTOBOTE PUÒ ESSERE CARICA  
 IDROCARBURI SONO ISOLANTI (MANTIENE LA CARICA)

A <v> TRASPORTO + ALTE MAGGIORE ACCUMULO, ANCHE X  
CONDOTTI + GRANDI

### TEMPERATURA DI AUTOACCENSIONE (AIT)

SI ACCENDE SENZA BISOGNO DI INNESCO

↓  
DIPENDE DA: CONCENTRAE, MATERIALE IN CONTATTO,  
DIMENSIONI DEL CONTENITORE, VELOCITA' RISCALDAM,...

↓  
PARAMETRO DA PRENDERE CON LE MOLLE

MISCELA IN APPARECCHIATURA CALDA / SERBATOI CALDI /  
ESSICCATOI

PROBLEMI NEI GAS COMPRESI → SE COMPRIMO UN  
GAS NORMALMENTE SI SCALDA (PROCESSI SPESSE  
ADIABATICI X BASSI TEMPI COMPRESIONE)

↓  
CONVIENE USARE COMPRESSORI IN SERIE CON IN MEZZO  
RAFFREDDAM. (COMPRESIONE INTERREFRIGERATI)

RISCHIO + ALTO E' LA PRESENZA DI SUPERFICI CALDE

↳ T SUP. CALDA DEVE ESSERE MAGGIORE ABBASTANZA  
DI AIT

↳ T SUP. CALDA E' GRANDE PRIMA SUCCEDE

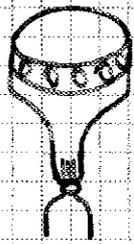
IN LINEA DI PRINCIPIO CHQ CON MISCELE INFIAMMABILI  
SI CERCA DI RIMANERE CONT SUPERFICI < AIT

IDROCARBURI + LUNGI → + BASSA AIT (~200 °C)

LIQUIDI POCO VOLATILI A T ALTA

- ↳ BENZINA: C<sub>8</sub>
- ↳ GASOLIO: C<sub>12</sub> ÷ C<sub>16</sub>
- ↳ OLI LUBRIFICANTI / CERE / ... > C<sub>16</sub>
- ↳ PARAFFINE

SI TENGONO RISCALDATE A OLTRE 100 °C (SOTTO 50 °C SOLIDI)



UGGELLO TIENE UN PO' SEPARATO, TRASPOR-  
TANDO ARIA, CREANDO MISCELA INFIAMMABILE  
(ANCHE X BRUCIATORE BUNSEN)



↳ EQUILIBRIO DINAMICO

↳ FRONTE DI FIAMMA SI MUOVE IN REALTÀ

CON UNA CERTA  $\langle v \rangle$ , IL MINIMO SI CHIAMA  
LAMINARE DI COMBUSTIONE (DI FIAMMA)

MOTI DIFFUSIVI + LENTI DELLE VELOCITÀ INTRINSICHE  
DI REAZIONE

↳ FIAMME DIFFUSIVE + LENTE DELLE PREMISCELATE

SIST. PREMISCELATI POSSONO DAR LUOGO A ESPLOSIONI  
A CAUSA DELLA VELOCITÀ

ESPLOSIONI

↳ FRONTE DI FIAMMA

NORMALMENTE COMBUSTIONE INCONTROLLATA (DA FIAMMA  
PREMISCELATA) (MINIMO  $\langle v \rangle$  LAMINARE DI MISCELA)

↓  
GAS COMBUSTI CALDI CERCANO DI ESPANDERSI CONTRO  
MISCELA FRESCA → FRONTE DI PRESSIONE

↳  
SI MUOVE ALLA VELOCITÀ DEL SUONO

ONDA DI PRESSIONE ( $\approx 330$  m/s) SPESSE + VELOCE  
DI FRONTE DI FIAMMA (QUALCHE m/s)

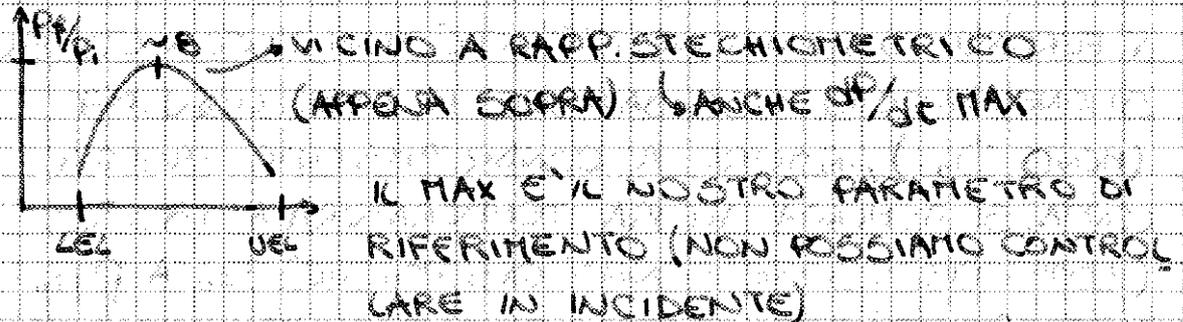
IL TUTTO DURA POCHE DECINE DI m/s, LA DIFFERENZA  
DI PRESSIONE SPACCA I MURI (BASTA  $\Delta p$  PICCOLA)  
(ESPLOSIONE  $CH_4$  PUÒ ARRIVARE A 8 atm)  
(PARETI/MURI RESISTONO A  $p$  MOLTO + BASSE)

SE FUORI DA UN EDIFICIO GENERA ONDA DI PRESSIONE  
CHE SI PROPAGANO, CHE DANNEGGIANO OSTACOLI

IN DETONAZIONI FRONTE DI P SPINTA DA FRONTE FIAMMA

ALL'INTERNO DELLE DEFLAGRAZIONI I DANNI SONO + GRANDI SE SUB REAZIONE + VICINA A FRONTE PRESSIONE

FRONTE DI FIAMMA RAPIDA IN AMBIENTE CIRCOSCRITTO CON UNA DIMENSIONE + SVILUPPATA DELLE ALTRE 2, (TUBAZIONI A DIAM. PICCOLO) → DIPENDE DA GEOMETRIA



$$\frac{dp}{dt} = K_G = K_{ST} \rightarrow \text{AL MAX} \rightarrow [\text{bar} / \text{ms}]$$

GAS      POLVERI      NORMALIZZATO A DIMENSIONI

SI FORMA NUBE (ANCHE A CONC. NON COST.) CHE POI SI INNECCA CON FRONTE DI FIAMMA (CON VELOC. CHE DIPENDE DA V GAS COMBUSTI), SE FRONTE DI FIAMMA SUFF. VELOCE POSSIAMO AVERE ANCHE DETONAZIONE (INFLUENZATO DA CONGESTIONE (OGGETTI E FITTI, ± GRANDI) (DA AGITATORE, RIFIANI, FRASIFLUTTI, SERPENTINI)

DIPENDONO DA:

- GRADO CONFINAMENTO → QUANTO E' CHIUSO L'AMBIENTE
- COMPOS. DELLA NUBE →  $H_2$  + VELOCE DEL  $CH_4$  AD ESEMPIO
- CONDIZ. ATMOSFERICHE
- CONGESTIONE → AUMENTO TURBOLENZA
- QUANTITA' DI GAS COINVOLTO

$$P_{\text{FUNZIONAM.}} \leq P_{\text{NOMINALE}} \leq P_{\text{SAFATI}}$$

IN INCIDENTE SI È CREATA UNA CRICCA, BISOGNA FERMARE IMPIANTI

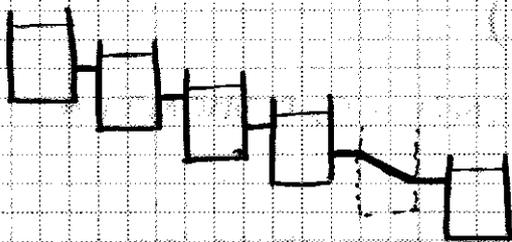
↳ DANNO ECONOMICO → TEMPI SVUOTAMENTO, RIPARAZIONI, RIRIEMPIMENTO ENORME

↓  
REATTORE ROTTO NON SI PUÒ RIPARARE SUL POSTO X Saldatura, IN + SMALTATI

↓  
SPESSE SI SOSTITUISCE (100.000-300.000 €)

VIENE TOLTO UN REATTORE (IL 5°), COLLEGO REATTORE 4 CON REATTORE 6, TRAMITE TUBO CHE DEVE RESISTERE A P, T E ESERCIZIO (CON SOFFIETTI METALLICI X DILATAZIONE TERMICA ACCIAIO)

(TUBO TRA L'ALTRO STORTO POICHÉ IN CASCATA)



↓  
SI FA PROVA IDRAULICA PRIMA A P E POI A T X VEDERE RESISTENZA

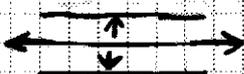
↓  
HANNO PROVATO PROB. SOLO A P FUNZIONAMENTO (NON NOMINALE)

POICHÉ FUNZIONA PARTO NO DI VENERDÌ, ANCHE SE C'È POCO N<sub>2</sub>

↓  
HANNO FORZATO UN PO' X LIMITARE SPURGO

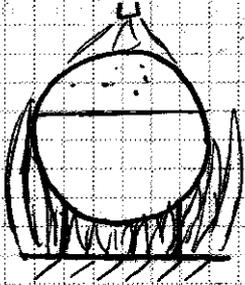
NEGLI ANNI '70 NON C'ERANO OBBLIGHI DI CONTROLLARE SALDATURE CON ULTRASUONI (OGGI SÌ)

TUBI PROGETTATI X RESISTERE A P<sub>n</sub> GENERATE SE TUBO DRITTO



## BLEVE

IN PAUSA CONTENENTE GPL, SURRISCALDATA DA INCENDIO SOTTO, RAFFREDDAM. CON DOCCIA H<sub>2</sub>O



## MISURE SU GAS/VAPORI

\* MINIMUM IGNITION ENERGY (MIE)

\* LIMITI INFIAMMABILITA'

\* CONC. LIMITE OSSIGENO (LOC)

SE LIMITE = 5% DEVO FERMARMI ~ 3%

\* FLASHPOINT → IN VASO CHIUSO → BASSO → IN SCHEDE  
" " APERTO SICUREZZA

\* TEMPERATURA AUTOIGNIZIONE

\* SEVERITA' D'ESPLOSIONE →  $K_g$

\* CALORE DI COMBUSTIONE → ENERGIA SVILUPPATA

## ESPLOSIONI DI POLVERI

MATERIALI SOLIDI IN GRADO DI BRUCIARE

POLVERI: PEZZATURA INFERIORE A MEZZO MM

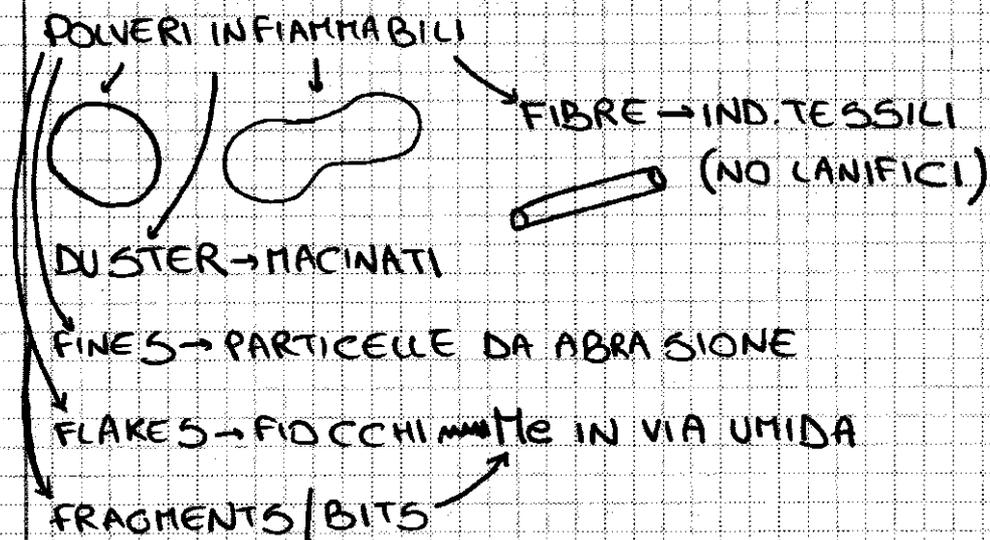


SI PARLA DI DIAMETRO DI SAUTER,  
OVERO STESSO RAPPORTO SUPERF.  
SU VOLUME DI UNA SFERA DI 200 μm

NON SI PUÒ MISURARE (NON HA SIGNIFICATO), POICHÉ  
POLVERI SEDIMENTANO, IL LIMITE SUPERIORE DI INFIAM-  
MABILITÀ

$K_{St}$ , MIE DIPENDONO DIMENSIONI PARTICELLE  
SE PARTICELLE ↓,  $K_{St}$  ↑ E MIE ↓

EN. INNESCO (MIE) + GRANDI DEI GAS (+ DIFFICILI DA  
INNESARE)



DECORSO UN PO' ≠ DAI GAS (SIMILE)

↓  
DA DEFLAGRAZIONE INIZIALE SI CREA UN FRONTE DI  
PRESSIONE

SE AMBIENTE NON COMPLETAM. PULITO LA 1. ESPLOSIONE  
SPUOVE ALTRE POLVERI SEDIMENTATE (ESPLOSIONI 2°)

↓  
+ ESPLOSIONI CONSECUTIVE

POLVERI AC. ELIMINATA DA CICLONE + FILTRO A MANICHE

↓  
POLVERI CENTRIFUGATE

↓  
MANICHE FILTRANTI FANNO  
PASSARE SOLO L'ARIA

## CONTROLLO FONTI D'INNESCO

- SUP. CALDE
- METODI CONTROLLO
- IMPIANTI ELETTRICI
- FULMINI

SI PUO' SOPPRIMERE ESPLOSIONE SUL NASCERE O  
CONFINARLA X EVITARE PROPAGAZIONE

### METODI DI CONTROLLO

FACCIAMO SFOGARE DOVE VOGLIAMO NOI  
SPORTELLI ANTIESPLOSIONE (ELEMENTI DEBOLI)

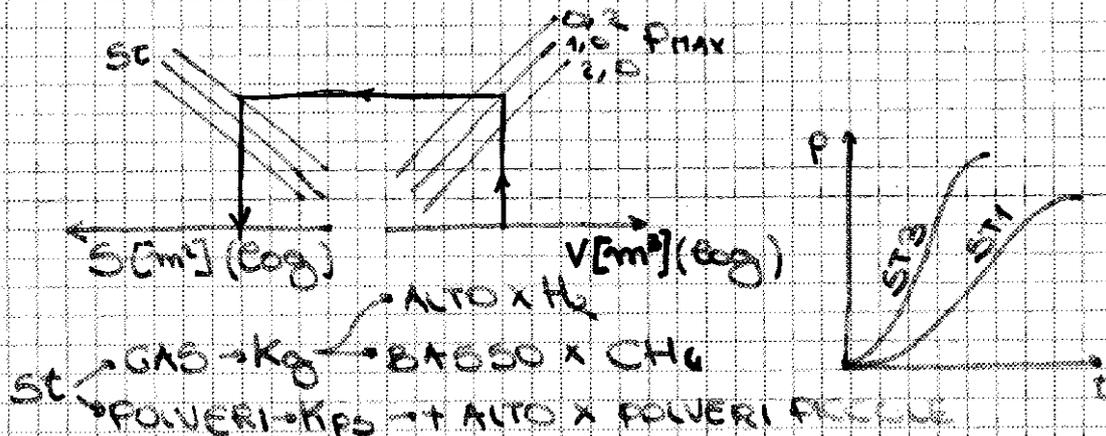
QUANTA SUP. SERVE DI SPORTELLI ANTIESPLOSIONE?  
X EVITARE SOVRAPPRESSIONE

SI PARTE DA VOLUME APPARECCHIO, 2° PARAMETRO:

PRESSIONE RESIDUA MAX ACCETTABILE DALL'APPARECCHIO  
(DIFFERENZA TRA INTERNO ED ESTERNO)

(0,2 bar =  $2000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  → MURI RESISTONO A  $100 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ )

POI VADO A INCROCIARE PARAMETRO DELLA VIOLENZA  
DELL'ESPLOSIONE (St), POI SI TROVA AREA



## TEST D'INFAMMABILITÀ X POLVERI

STRISCIA DI POLVERE SI INNESCA (CON ACCENDINO O SICUREZZA) E SI VEDE COMPORTAMENTO

↳ COSTO: 150 € CERTIFICATO

↓  
CLASSI DA 1 A 6

NON BRUCIA

POVERE DA SPARO

\* SI MISURANO 2 TIPI TEMP. AUTOACCENSIONE:

• IN STRATO → MIT IN STRATO CON PIASTRA RISCALDANTE

CON POLVERE SOPRA, OPPURE IN

• IN NUBE

UN FORNO

COME X GAS

↳ MISURO QUANDO T FORNO VIENE

IN FORNO E

SUPERATA DA T NELLO STRATO DI

VEDO SE SI INNESCA

POVERE, DEVUTO A REAZ. ESOTERMICHE

\* SENSIBILITÀ ALL'IMPATTO → COME REAGISCONO

ALL'URTO (CREAZ. SCIINTILLE)

\* MIE → ENERGIA MINIMO D'INNESCO MISURATO CON TUBO  
DI HARTMANN

↳ CON ARCO ELETTRICO CHE FA SCIINTILLA

\* UEL, P<sub>max</sub>, K<sub>st</sub>, LOC → IN SFERA DA 20 €

↓  
CONC. LIMITE D'OSSIGENO

↳ A CAPIRE QUANTO INERTE SERVE

X GAS = ITA NON CI SONO MIT, IN NUBE/STRATO E

LA SENSIBILITÀ ALL'IMPATTO

CONC. BASSA ESANO HA CHQ ABBASSATO MOLTO IL FLASHPOINT

BASTA CISTERNA MAL-LAVATA

NON SI SAPEVA FOSSE LIQUIDO INFIAMMABILE

SERBATOIO INADATTO X LIQUIDO INFIAMMABILE

CONTROCAMPIONI SERBATOIO 95 E' 29°C

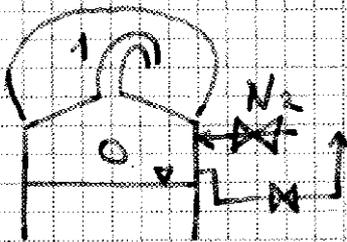
TEMPERATURA AMBIENTE N. 10°C A NOVEMBRE, MA SIST. REALE NON ISOTERMO, IN TESTA + CALDO; DEVO STARE QUINDI LONTANO DA FLASHPOINT

IN + GAS HA INERZIA TERMICA MINORE E VIENE SCALDATO DAL SOLE

RAGGIUNGERE EQUILIBRIO IN PARECCHI GIORNI

ERANO SERBATOI CON BECCO DI FLAUTO

X LASCIAR ENTRARE / USCIRE GAS IN CIMA X RIEMPIRI / SVUOTAMENTO



X LIQUIDO INFIAMMABILI SERVONO VALVOLE CON GAS INERTE IN INGRESSO

IL 1. SERBATOIO SALTA "SOLO" DI 10 M, E GLI ALTRI A 50 M E CON SUP. BOMBATA

NEL 94 SOVRAPPRESSIONE MOLTO MAGGIORE

$K_{94}$  NEL 94 > CHE NEL 95

≠ CONC. ESANO, ≠ INNESCO





$m_1$  3     $E_1 = m_1 \Delta H_c$      $\bar{R}_1 = \frac{R_1}{\sqrt[3]{E_1/P_0}} \xrightarrow{\text{TAB}} P_{s1}$   
 $m_2$  7  
 $m_3$  3  
 $m_4$  5.6  
 $m_5$  3

OTTENGONO 5  $P_s$

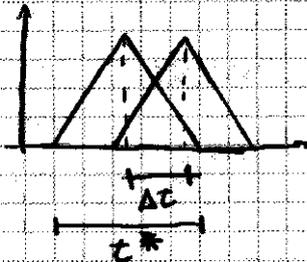
SE 2 PICCHI GIUNGONO CONTEMPORANEAMENTE LI SOMMO  
 ↓  
 + INFLUENTI ZONE AD ALTA CONGESTIONE

X CAPIRE SE CONTEMPORANEI O NO DEVO CONOSCERE  
 LA SUP DEL FRONTE DI FIAMMA

$\Delta t = \frac{R_1 - R_2}{v_{fl}} \rightarrow$  SE SUFF. DISTANTI PASSA ABBASTANZA  
 ↓  
 TEMPO CHE GLI IMPULSI NON SI  
 SONRAPPONGONO

SE SI INNESCA IN 3, 2 E 4 SI INNESCANO IN INSIEME, POI  
 SI MUOVONO ALLA VELOCITA' DEL SUONO

$\Delta t = \frac{R_2 - R_4}{v_{suono}} \rightarrow$  PROBAB. MOLTO BASSO  
 ↓  
 LO CONFRONTO CON LA DURATA  
 DELL'IMPULSO



DEVO CAPIRE SE LI DEVO SOMMARE O MENO SE SONO  
 DELLO STESSO ORDINE DI GRANDEZZA DEL PICCO

X DIST. VICINE USO FLAGS → CODICE CALCOLO (SOFTWARE)

I POTIZZIAMO CHE NON CI SIANO RICAMBI D'ARIA

↓  
COME SE IL LOCALE FOSSE STAGNO

X TENERE BOMBOLA IN UN LOCALE SERVE RICAMBIO DI 5 RICAMBI ALL'ORA

↓  
E' TANTISSIMO, LOCALE ≈ 0,5 RICAMBI / h

↓  
≈ LOCALE STAGNO

$$V_{\text{GAS}} = V_{\text{C2H}_6} + V_{\text{AC}} = 9,89 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{ARIA}} = V_{\text{TOT}} - V_{\text{GAS}} = 190,11 \text{ m}^3$$

$$LEL_m = \frac{1}{\frac{Y_1}{LEL_1} + \frac{Y_2}{LEL_2}}$$

$Y_i$  = FRAZ MOLARI DI SPECIE INFIAMMABILI (NO ARIA)

$$n_{\text{TOT}} = 230,8 + 172,4 = 403,2$$

$$LEL_m = \frac{1}{\frac{0,57}{1,9} + \frac{0,43}{3,1}} = 2,28\%$$

$$Y_1 = \frac{230,8}{403,2} = 0,57$$

$$\text{FRAZ VOL} = \frac{9,89}{200} = 4,95\%$$

$$Y_2 = \frac{172,4}{403,8} = 0,43$$

SOPRA A LEL → MOLTO PERICOLOSO

DOVREI ANCORA CONTROLLARE UEL, CON STESSO METODO USATO

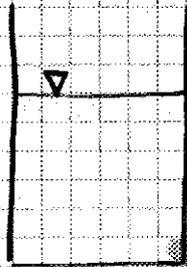
$$\begin{array}{l} \text{ACETICENE UEL} = 31 \\ \text{ACETONE UEL} = 9 \end{array} \rightarrow UEL_m = \frac{1}{\frac{0,57}{31} + \frac{0,43}{9}} = 15,1\%$$

LA CONC. REALE CADE NELL'INTERVALLO DI INFIAMMABILITA'

↓  
PERICOLOSO, BASTA ACCENDERE UNA LUCE E AVVIENE L'ESPLOSIONE

ESERCIZIO

METANOLO  $T_{FP} \approx 12^\circ C$   $P_{VAP} = 62 \text{ mmHg}$   
 LEL = ?



IPOTIZZIAMO MISCELA GASSOSA ARIA-METANOLO UN GAS PERFETTO

OK SE A CONC. NON TROPPO ALTA

$P_{PARZ, CH_3OH} = 62 \text{ mmHg}$   
 $P_{TOT} = 760 \text{ mmHg}$

$Y_{CH_3OH} = \frac{62}{760} = 8,16\%$   
 ↓  
 % VOL.

CORRISPONDE ANCHE A LEL XRE' SIAMO A  $T_{FR}$  (= T A CUI VAPORI CREATI FANNO ATM. INFIAMMABILE)

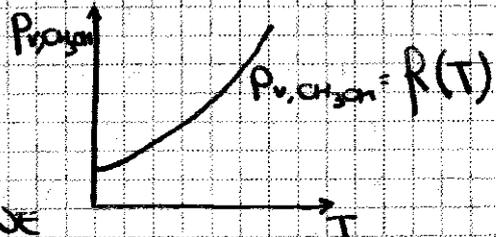
ESERCIZIO

MISCELA  $CH_3OH$  75% → % IN PESO  
 $H_2O$  25% ←

SE FOSSE METANOLO PURO → LEL = 8,16%  
 $T_{FR} \approx 12^\circ C$

IPOTIZZIAMO GAS IDEALE →  $\gamma = 1$

$P_{PARZ, CH_3OH} = \underset{1}{\gamma} \cdot X_{CH_3OH} \cdot P_{VAP, CH_3OH}$



ALL'ESAME  $X \cdot P_{VAP, CH_3OH} = P(T)$  VIENE DATA O FORMULA O GRAFICO

NORMALMENTE DATE CONC. IN PESO, A NOI SERVONO IN MOLI

$M_{CH_3OH} = 32 \rightarrow n_{CH_3OH} = 75/32 = 2,34 \rightarrow X_{CH_3OH} = 2,34/3,73 = 0,627$

$M_{H_2O} = 18 \rightarrow n_{H_2O} = 25/18 = 1,39 \rightarrow X_{H_2O} = 1 - 0,627$

CONDIZ. INFIAMMABILITA' QUANDO SOSTIENE UN  $P_{PARZ, CH_3OH}$  DI 62 mmHg

IPOTIZZIAMO RILASCIO 1000 kg CH<sub>4</sub>

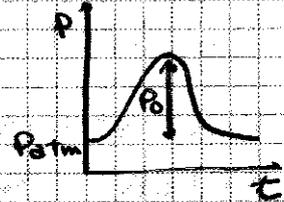
PM  $\frac{\text{kg}}{\text{mol}}$

$$m_{\text{TNT,eq}} = \frac{\eta \cdot m_{\text{CH}_4} \cdot \Delta H_c}{\Delta T_{\text{TNT,eq}}} = \frac{0,02 \cdot 1000 \cdot 818,75 \text{ kJ/mol}}{4650 \text{ kJ/kg}}$$

$\eta = 0,02$     $\Delta H_c = 818,75 \text{ kJ/mol}$     $m_{\text{TNT,eq}} = 218 \text{ kg}$

$$Z = \frac{X}{\sqrt[3]{m_{\text{TNT,eq}}}} = \frac{50}{\sqrt[3]{218}} = 8,30 \text{ m/kg}^{1/3} \xrightarrow{\text{TAB}} P_s = 0,22$$

$$P_0 = P_s \cdot P_{\text{ATM}} = 0,22 \cdot 101,3 \text{ kPa} = 22,6 \text{ kPa}$$



USIAMO PROBIT X DANNI A PERSONE

$$Y = k_1 + k_2 \cdot P_m \text{ (VARIABLE)}$$

$$P^0 \rightarrow \text{IN } \text{N/m}^2$$

$$Y = -77,1 + 6,91 \cdot P_m(22300) = -7,9 \rightarrow 0 \rightarrow \text{PROBABILITA' DI MORTE DI}$$

MA DANNI ALLE STRUTTURE DA TABELLA     RETTA = 0

SE INVECE LA SOVRAPRESS. FOSSE STATA DI 150'000

$$Y = -77,1 + 6,91 \cdot P_m(150'000) = 5,25$$

POTREI CALCOLARE ← TABELLA     PROBABILITA' MORTE = 60%

UN RISCHIO LOCALE

SE  $10^{-3}$  EVENTI/ANNO (OGNI MILLE ANNI)     CHE IN QUEL PUNTO AVVENGA MORTE DA SCENARIO INCIDENTALE

$$R = 10^{-3} \cdot 0,6 = 6 \cdot 10^{-2}$$

X CALCOLARE RISCHIO IN UN CERTO LUOGO DEVO

$$N_{\text{DECESSI}} = 50 \cdot 0,6 = 30 \quad \text{CONOSCERE LUOGO INDIVIDUI} \rightarrow N_{\text{IND}} = 50$$

INERTIZZAZIONE ~~NON~~

- 1) REALIZZARE VUOTO IN UN SERBATOIO
  - 2) RILASCIO <sup>CON</sup> INERTE
  - 3) RIPETO OPERAZ.
- } INERTIZZAZ.  
A VUOTO  
POMPA A VUOTO

$$\Delta n_{in} = i (P_H - P_L) \frac{V}{RT} \rightarrow \text{NUM. DI MOLE INERTE CHE SERVONO IN TOTALE}$$
 MOLE CHE DEVO AUMENTARE AD OGNI CICLO

SE AL POSTO DI CICLO A VUOTO USO CICLO A PRESS. A PARITÀ DI CICLI CONSUMO + GAS INERTE

APPARECCHIATURE VERSO IL VUOTO HANNO RESIST. BASSA, MINORE DELLA RESISTENZA A PRESSIONE

ALLO STESSO MODO POSSO FARE CALCOLO CON VAPORI INFIAMMABILI, ANDANDO SOTTO AL LEL (X SICUREZZA ANCHE 50% SOTTO AL LEL)

SPESSO USATO COME INERTE AZOTO TECNICO (CON IMPUREZZE) (SE PURO AL 99%, L'1% È O<sub>2</sub>) <sup>P<sub>ox</sub></sup>

$$Y_i = Y_{i-1} \left( \frac{P}{P_H} \right) + Y_{ox} \left( 1 - \frac{P_L}{P_H} \right) \rightarrow \text{SE CONC. O}_2 \text{ NON TRASCURABILE E SE STO CONTROLLANDO LA CONC. DELL'O}_2$$
 SE PROVO X VAPORI INFIAMMABILI ≠ O<sub>2</sub> NON CONTA

$$(Y_i - Y_{ox}) = \left( \frac{P_L}{P_H} \right)^i (Y_0 - Y_{ox})$$

SI POTREBBE USARE CO<sub>2</sub>, AL POSTO DI N<sub>2</sub>, MA COSTI >

X BASE A SPECIE IN SERBATOIO VEDO DA TABELLA VEDO SOTTO QUALE <sup>CONC.</sup> O<sub>2</sub> DEVE ESSERE PORTATA

DA SERBATOIO NUOVO PARTO DA Y<sub>0, O<sub>2</sub></sub> = 0,21

SE SERBATOIO DA SVUOTARE FACCO BILANCIO VAPORE INFIAMMABILE, X ANDARE ABBASTANZA SOTTO AL LEL

SE HO DIAGRAMMA TERNARIO DEVO NON PASSARE MAI IN PENISOLA INFIAMMABILITÀ, NEANCHE SE DOPO BONIFICA APRO SERBATOIO

$E_v = 3,5 \text{ MJ/m}^3 \rightarrow$  IN CONDIZ. STECHIOM.

$\hookrightarrow \approx$  X TUTTI GLI IDROCARBURI

$E_1 = 5000 \text{ m}^3 \cdot 3,5 \text{ MJ/m}^3 = 17500 \text{ MJ}$   
 $E_2 = 2100 \text{ m}^3 \cdot 3,5 \text{ MJ/m}^3 = 7350 \text{ MJ}$   $\hookrightarrow$  MA - CONGEST.

DISTANZE = DIST. TRA I BARICENTRI

ATTRIBUIAMO ALLE 2 ZONE 1# GRADI  $\left\{ \begin{array}{l} (1) \rightarrow 3 \text{ (APERTO)} \\ (2) \rightarrow 7 \text{ (ABBAST.} \end{array} \right.$

$$\bar{R}_1 = \frac{X_1}{(E/P_0)^{1/3}} = \frac{110}{(17500 \cdot 10^6 / 101325)^{1/3}} = 1,97$$

$$\bar{R}_2 = \frac{X_2}{(E/P_0)^{1/3}} = \frac{100}{(7350 \cdot 10^6 / 101325)^{1/3}} = 2,40$$

CONGESTIONATO  
 $\downarrow$   
 MOLTO CONGESTIONATO E' UN CAVIDOTTO  
 $\hookrightarrow$  10 (O TUNNEL)

DA TABELLA

$$\Delta P_{S1} = 0,015$$

$$\Delta P_{S2} = 0,14 \rightarrow 10 \text{ VOLTE + GRANDE}$$

$\rightarrow$  DANNI DA ATTRIBUIRSI A ZONA 2

POTREMMO NEMICHE  
 SOTTARE LE ZONE



$$\Delta P_1 = \Delta P_{S1} \cdot P_0 = 0,0015 \cdot 101,325 = 1,6$$

$$\Delta P_2 = \Delta P_{S2} \cdot P_0 = 0,14 \cdot 101,325 = 14$$

POTREMMO NON PORCI IL PROBL. SE LE ZONE ARRIVANO  
 CONTEMPORANEE O MENO

SE SOMMI EFFETTI STIMA CONSERVATIVA

SE VALORI SIMILI DI  $\Delta P_S$  DEVO VEDERE SE SI SOVRAP  
 PONGONO O MENO

ESPIOSIONI MECCANICHE

SCOPPIO, NO REAZIONI, MA DOVUTE A ROTTURA

EFFETTI MINORI, MA NON TRASCURABILI

$\downarrow$   
 X ESEMPIO ESPIOSIONE SERBATOIO X SOVRAPPRESSIONE

SI USA TNT<sub>eq</sub> MODIFICATO  $\gamma \approx 0,5$

## SCENARI INCIDENTALI

**FIREBALL** → NUBE DI VAPORI NON MISCELATA CON L'ARIA

NO DECORSO ESPLOSIVO, DANNI NO DA ONDA DI P, MA DA IRRAGGIAMENTO TERMICO

ROTTURA CISTERNA GPL → EVAPORA, SPOSTANDO (GRANDE ROTTURA) ARIA, NON E' PREMISCELATO

SE COINVOLTO IN UN ALTRO SCENARIO INCIDENTE

NUBE CON ALL'INTERNO GAS COMBUSTIBILE PURO (ANCHE MOLTO GRANDE)

BRUCIA CON FIAMMA DIFFUSIVA, POICHE' COMBUSTIBILE/COMBURENTE

SEPARATI → SI PRODUCE E

NUBE SI SCALDA, SI ESPANDE,  $p <$  → SI ALZA

CALORE SVILUPPATO  $\approx$  CALORE COMBUSTIONE

DIAMETRO DIPENDE DA QUANTITA' UN PO' DEL Q

LIQUIDO RESIDUO SI RAFFREDDA CEDUTO IN EVAPORAZIONE

QUANTITA' DI LIQUIDO CHE EVAPORA E' PARI A QUELLO CORRISP. AL Q DELLA PARTE CHE SI RAFFREDDA FLASH

GPL → EVAPORA  $\approx$   $\frac{1}{3}$  + BOLLE/SCHIUMA

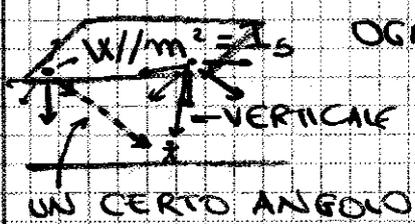
M = PARTE EVAPORATA CIRCA IL DOPIO DI QUELLO CHE EVAPORA  
+ " SPRUZZATA

$f_r \rightarrow$  FRAZ. RADIANTE ( $< 1$ )  $\rightarrow$  DIPENDE DALLE CARATT. FIAMMA MOLTO CALDA EMETTE DI +  $\leftarrow$  DELLA FIAMMA  $\times$  BOLTZMANN  $\propto T^4$

CI SONO ANCHE PRODOTTI, PARZIALM. INCOMBUSTI CHE ASSORBONO MOLTA E INFRAROSSA (UNA PARTE QUINDI RIASSORBITA)

SE FIAMMA PRODUCE NERO FUMO GROSSO ASSORB  
 $\times$  FIREBALL  $f_r \approx 0,3$   $\hookrightarrow$  IN POOL FIRE  
 $\times$  ALCUNI IDROCARBURI  $f_r = 0,27$   $P^{0,32}$

$\dot{Q}_I = \dot{Q} \cdot f_r \approx 30\%$  DI  $\dot{Q}$  (EMESSO)



OGNI PUNTO EMETTE IN OGNI DIREZ.  
 $\hookrightarrow$  LA MAGGIOR PARTE DELL'ENERGIA EMESSA  $\perp$  ALLA SUP.



MODELLO + SEMPLICE SI DIMENTICA DI TUTTO QUESTO

POINT SOURCE MODEL  $\rightarrow$  VA BENE SE DISTANTE

TUTTA L'ENERGIA DA UN PUNTO = IN TUTTE LE DIREZ.  
 $\hookrightarrow$  BARICENTRO FIREBALL

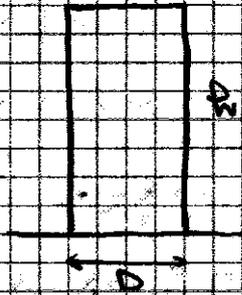
$I = \frac{\tau \alpha \dot{Q}_I}{4\pi r^2} = \frac{W}{m^2}$



$\tau$  = ASSORB. ARIA  $\rightarrow \sim 0,99/0,98 \rightarrow$  TRASCURAB.  
 $\alpha$  = ASSORB. SUPERFACCIALE  $\rightarrow \alpha = 1$  CORPO NERO  
 $\alpha = 0$  RIFLETTE TUTTO  
 TRASCURO  $\times$  ESSERE CONSERVATIVO  
 $\hookrightarrow$  ABITI  $0,90 > \alpha > 0,6$   
 $\times$  SERBATOIO  $\rightarrow$   $\approx$  RIFLETENTE  $\alpha \approx 0,6$

$$\dot{m} = v \cdot S \cdot \rho$$

SI ASSUME FIAMMA CILINDRICA  $R \approx 2D$



DA SERBATOIO FACILE DETERMINARE LA BASE  $\rightarrow D$  PARI AL POOL

SE BACINO NON CIRC. SI PRENDE COME  $D$ , IL DIAM. CHE AVREBBE UN CERCHIO CON STESSA SUPERFICIE (X ESEMPIO DEL RETTANGOLO)

$$\frac{H}{D} = -1,02 + 15,6 N^{1/5} \approx 2 \quad \text{LEGGE EMPIRICA}$$

VALORI LEGGERAMENTE VALORI DI 2  $\rightarrow$  PARATETRO EMPIRICO

FATTO SOLO SE CHIESTO DA AUTORITÀ  $\rightarrow$  EMISSIONE A TERRA

ERRORI  $\pm 2\%$

CON DIAM. GRANDI

$$v = v_{\infty} [1 - e^{-kD}] \quad v_{\infty} = \text{cm} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$k = \text{cm}^{-1} \rightarrow \text{USARE } D \text{ IN CM}$$

COME I NOSTRI  $v \approx v_{\infty}$   $\rightarrow$  FENO DI UN  $\text{cm} \cdot \text{min}^{-1}$

SE NON SI SPEGNE CI  $\rightarrow$  MOLTO LENTO

METTE # GIORNI AD ESAURIRSI

POOL FIRE PERMETTE A PERSONE DI SCAPPARE

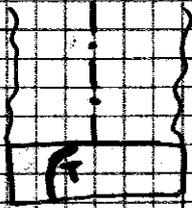
NO GRAVE PERICOLO X PERSONE PERCHÉ POSSONO ANDARE VIA

APPARECCHIATURE INVECE POSSONO SUBIRE EFFETTO DOMINIO

SE  $v_{\infty}$  NON DATO X COMBUSTIBILE CHE ABBIAMO

$$v_{\infty} = k_1 \left( \frac{-\Delta H_c}{\Delta H_{ev}} \right) \quad k_1 \approx 0,0076 \text{ cm}^{-1}$$

# BOIL OVER



IL LIQUIDO DEVE CONTINUARE EVAPORARE, AVVIENE POICHÉ SCALDATO DALLA FIAMMA

SI CREA GRADIENTE TEMPERATURA NEL LIQUIDO

T DEL LIQUIDO MAX  $T_{eb}$  → IN EQUILIBRIO PSICHE X GIORNI

SE C'È DELL'ACQUA AL FONDO DELLA PÖZZA SI ABBASSA SEMPRE DI T DEL LIQUIDO LIBERO SEMPRE ALLA STESSA  $T = T_{eb}$  (SE H<sub>2</sub>O NON MISCIBILE)

SE IL COMBUSTIBILE A  $T_{eb} > 100^{\circ}\text{C}$ , DOPO UN PO' CHE SI ABBASSA, L'ACQUA INIZIA A BOLLIRE E PRODUCE SCHIZZI, AUMENTANDO LA PARTE CHE BRUCIA

NO X BENZINA -  $T_{eb} < 100^{\circ}\text{C}$   
SI X GASOLIO / OLI COMBUSTIBILI

NON SI PUÖ PREVENIRE

LA POTENZA RADIANTE AUMENTA DI 10 VOLTE DI COLPO

↳ RISCHIO AD ESEMPIO X POMPIERI

## OSSERVAZ.

I GRAFICI DEL SOLID FLAME MODEL VALGONO SE BERSAGLIO A STESSA H DEL PELO DELLA PÖZZA, NON VA BENE AD ESEMPIO X BERSAGLIO ALTO O PER SERBATOIO ALTO

ES: SFERA SPL ANQUA

IL CALORE FA ALZARE T E GIÄ A  $400^{\circ}\text{C}$  PROP. MECC. CROLLANO DEL 50%

ESERCIZIO



$V = 50 \text{ m}^3$  (DEL SERBATOIO)  
 $R = 0,8 \rightarrow$  GRADO DI RIEMPIMENTO MASSIMO  
 GPL  $\rightarrow$  LONTANDE DA ALARMI SERBATOIO  
 $\Delta H_c = 2500 \text{ kJ/m}^3$

LIVELLO DI DANNO DA FIREBALL A 100 m DI DISTANZA?

QUANTITA' CHE PARTECIPA AL FIREBALL. DIPENDE DAL COMBUSTIBILE, DALLA T STOCCAGGIO

FRAZIONE EVAPORATA FLASH = 0,25  $\leftarrow T_{amb}$

$M_{ev,FLASH} = 0,25 \cdot M_{eq}$   $\rightarrow \rho$  DEL GPL LIQUIDO

$M_{eq} = V \cdot R \cdot \rho = 50 \cdot 0,8 \cdot 550 = 22000 \text{ kg}$

$M_{ev,FLASH} = 22000 \cdot 0,25 = 5500 \text{ kg}$

$M = M_{ev,FLASH} \cdot 3 = 16500 \text{ kg}$

$\rightarrow M_{tot}$  CHE PARTECIPA = VAPORE + SPRUZZI

$D = k_1 M^{0,32}$

$\rightarrow$  DIAM. FIREBALL

$C = k_2 M^{0,26}$   $\leftarrow$  TEMPO

$C = 0,852 \cdot M^{0,26}$

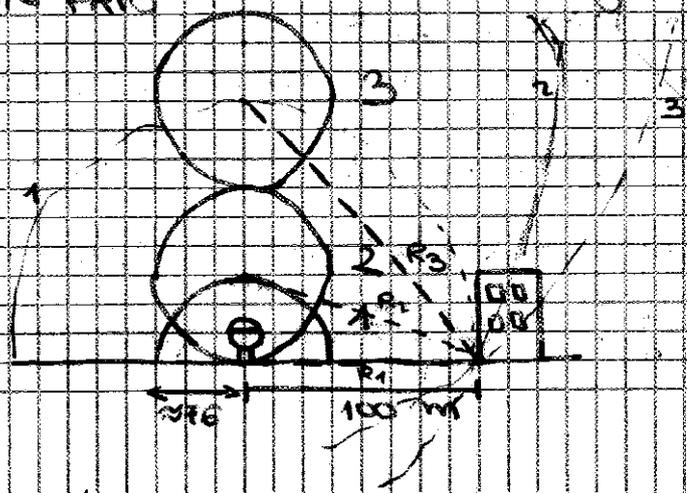
$D = 152 \text{ m}$

$C = 10,6 \text{ s}$

IL BARICENTRO DELLA SFERA VA A UN PUNTO DI DIAMETRI

3 FASI

$\rightarrow$  VARIABILE CON COMPO  
 SIE. BUTANO  
 -PROPANO  
 INVERNO 50:50  
 ESTATE 70:30  
 ANAGITA LO DEVE CAPIRE  
 $\rightarrow$  RELAZ. EMPIRICHE  
 $\rightarrow M$  IN KG  
 SU TABELLA SU DIPENDE (DEI F COMBUSTIBILI)



$$V_2 = \frac{3,53 \cdot 12000^{4/3}}{10^4} = 2230$$

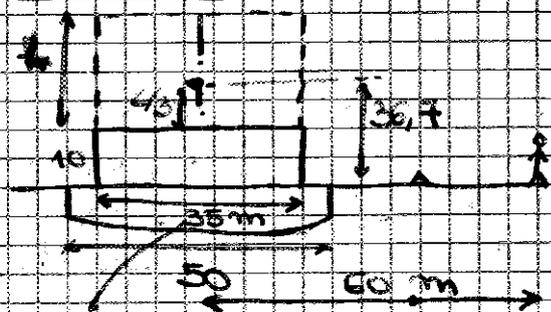
$$V_3 = \frac{3,53 \cdot 60000}{10^4} = 829$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = 7160$$

$$\text{PROBIT} - Y = k_1 + k_2 \ln(V) = -14,3 + 2,56 \ln(7160) = 7,82$$

DA TABELLA VEDIAMO LA % MORTE  $\Rightarrow$  99%

### ESERCIZIO



### 2 SCENARI

- POOLFIRE NEL SERBATOIO
- POOLFIRE NEL BACINO DI CONTENIMENTO

DIAMETRO

DIAM. EQUIVALENTE SE NON CIRCOLARE

$$V = V_{\infty} [1 - e^{-kD}] \rightarrow \text{SU DISPENSA TABELLA } V_{\infty}, k_1$$

$$V_{\infty} = \frac{k_2 (-\Delta H_c)}{\Delta H_{ev}} \quad k_2 = 3610 \rightarrow \text{X OGNI LIQUIDO}$$

$$V_{\infty} = 7,6 \cdot 10^{-3} \frac{41860 \text{ KJ/Kg}}{\text{cm/min}} \cdot \frac{350 \text{ KJ/Kg}}{2500} = 0,91 \text{ cm/min}$$

$$V = 0,91 [1 - e^{-(0,02 \cdot 35)}] = 0,91 \text{ cm/min}$$

DIAM. POOL FIRE IN CM

$\rightarrow$  SPESSE  $V = V_{\infty} \rightarrow$  X POLZE DA 10m DI D IN 50

$$\dot{m} = V \cdot S \cdot \rho_{liq} = 0,91 \text{ cm/min} / 100 \frac{\text{m}}{\text{cm}} \cdot \frac{\pi \cdot 35^2}{4} \frac{\text{m}^2}{\text{m}^2} \cdot \frac{1}{60} \frac{\text{min}}{\text{s}} \cdot 820 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\dot{m} = 119,6 \text{ kg/s}$$

$$Q = \dot{m} \Delta H_c = 119,6 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 41860 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}} = 5,01 \cdot 10^6 \text{ KW}$$

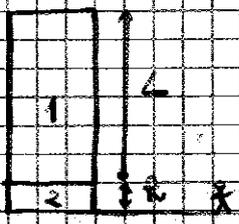
DA TABELLA PER FUEL (ECCESSE), SON  $D > 10 \rightarrow F_R = 0,1$

$\Delta/3 = 60/3 = 20, 15/3 = 5, 7 \text{ m} \rightarrow R_0 \text{ DAL CUGOLO} = 36,7 \text{ m}$

$S = \sqrt{60^2 + 36,7^2} = 70,3 \text{ m}$  (SERBATOIO ALTO 10 m)

$I_B = \frac{Q_2}{\pi R^2} = \frac{5,01 \cdot 10^5}{\pi \cdot 36,7^2} = 8,07 \text{ kW/m}^2$

SE INVECE USIAMO SOLID FLAME TIGDEC

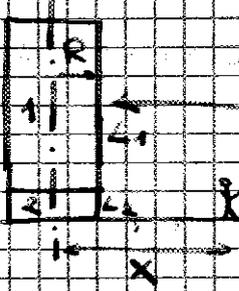


PROBL: BERSAGLIO NON ALCUNA LEA DELLA BASE

USO SCOMPOSIZIONE

$I_B = I_e \cdot F$

$I_e = \frac{Q_2}{S} = \frac{5,01 \cdot 10^5 \text{ KW}}{\pi R^2 (\Delta) + \pi R^2 \frac{H}{R}}$



$I_{e(1+2)} = 51,25 \text{ kW/m}^2$

ALTEZZA REALE DELLA FIATTA

$A(1+2) = \frac{A}{R} = \frac{60 \cdot 2}{36,7} = 3,23$

$\frac{H}{R} = \frac{20,15 + 10}{36,7/2} = 5,15$

$I_{B(1+2)} = I_e \cdot F_{(1+2)} = 51,25 \cdot 0,11510,76 \text{ kW/m}^2$

GRAFICO  $\rightarrow F = 0,11$

$\frac{H}{R} = \frac{10}{36,7/2} = 0,6 \xrightarrow{\text{GRAFICO}} F = 0,18 \rightarrow I_{B(2)} = I_e \cdot F_2 = 51,25 \cdot 0,18 = 9,23 \text{ kW/m}^2$

$I_B = I_{e(1+2)} - I_{e(2)} = 10,76 - 9,23 = 1,53$

$\frac{X}{R} = \frac{\Delta}{D/R} \quad \frac{\Delta}{R} = \frac{H}{D/R} \rightarrow X \text{ TABELLA AL POCO DEI GRAFICI}$

+ MACCHINOSO, MA ABBIAMO PURE POSSIBILITA' DI CALCOLO X BERSAGLIO ORIZZONTALE

$I_{e(1+2)} = 51,25 \cdot 0,185 = 9,48 \rightarrow$  POSSIAMO VEDERNE

$I_{e(2)} = 51,25 \cdot 0,085 = 4,35 \rightarrow$  COME 2 COMP. DI

INTENSITA' MAX POSSIBILE  $\leftarrow$  CASO INCIDENTE

DOPO TRASPORTO DOVUTO A CONDIZ. ATMOSFERICHE  
 ↳ VELOCITÀ, DIREZIONE → COME IL VENTO  
 TURBOLENZA → DISPERSIONE NON ALL'EMISSORE

IN POCHI QUANTITÀ DI MOTO E' O ANCHE ALL'INFINITO  
 (TRASPORTO DOVUTO SOLO ALL'ATMOSFERA)

$$A = \frac{UR_d}{X}$$

$U$ : VELOCITÀ VENTO  
 $R_d$ : DURATA RILASCIO  
 $X$ : DISTANZA DEL RECELTORIO

RAFFORTO DI DISTANZE

$A > 2,5$  → RILASCIO CONTINUO ( $R_d$  LUNGO)

$A < 0,6$  → RILASCIO DISCONTINUO → CONDIZ. TRANSITORIA

CASI INTERMEDI → COME CON ENTRAMBI I MODELLI E TENGO IL RISULTATO A GRAYOSO

DISPERSIONE DIPENDE DA DENSITÀ DEL GAS

GAS NEUTRI

GAS DENSII

GAS LEGGERI

↓  
 AUTO P.M.  
 MOLTO FREDDO

↓  
 COME  $H_2$ , NON  
 DANNO PROBLE  
 MI NORMALMENTE  
 POICHE' FUSCONO  
 VE' CAUTO

GALLEGGIABILITÀ:

$$g_0 = g \frac{\rho_0 - \rho_a}{\rho_a}$$

DIMENSIONE CARATTERISTICA

EMISSIONE CONT.

EMISSIONE DISCONTINUA

$$D_c = \left( \frac{g_0}{U} \right)^{1/2} = [m]$$

$$D_c = V_0^{1/3}$$

↓  
 PORTATA

↳ IN  $m^2$  A PARTI  
 OCCUPATO DAL GAS

$$\left( \frac{g_0}{U} \right)^{1/2} \geq 0,15$$

$$\frac{\sqrt{g_0 V_0}}{U D_c} \geq 0,20$$

SE VERIFICATE DISUGUANZE

↳ DISP. GAS DENSO

DURANTE IL GIORNO SCALDATE GLI STRATI BASSI E QUINDI MAGGIORE GRADT E SI GENERANO ANCHE TEMPORALI ESTIVI & QUESTO MOTIVO, MOTIVO DELLE BREZZE TERMICHE AL MARE (DI GIORNO SI SCALDA IL TERRENO, CHE GENERA MOTI CONVETTIVI CHE RICHIAMANO ARIA SULLA COSTA DI FIARE; LA SERA, POTCHE' A CURA HA INERZIA TERMICA E QUINDI RIMANE + CALDA, ABBASTO BREZZA CAPOTA), CAUSA ANCHE DELLA BREZZE DI MONTE, IN CUI DI GIORNO BREZZA VS CAUTO

↳ STABILITÀ ATMOSFERICA F:

L'IRRAGGIAM. SOLARE AL SUOLO DIPENDE DALLA PRESENZA O MENO DI CIELO SERENO

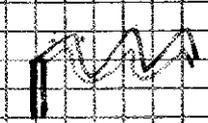
↳ FAVORISCE DISPERSIONE

IN PIANURA BREZZE QUINDI ASSENTI, QUINDI PROBL + GRAVI DI GIORNO

DI NOTTE MECCANISMO RADIANTE TRA SUOLO E ARIA (NUBI, CO<sub>2</sub>, GAS TERRA, VAPOR D'ACQUA FANNO RAFFREDDARE MENO IL SUOLO)

NOTTE SITUAZIONE F CRITICA

CIELO SERENO DI NOTTE CREA MAGGIORE GRADT



FORTE TURBOLENZA



SIMILE A  
GRADT = T / DISTANZA



INVERSIONE TERMICA

↓  
V FREDDA D'INVERNO

↓  
RISTAGNA

↓  
NEBBIA / SMOG

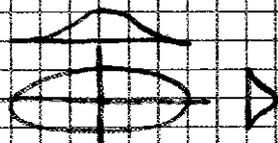
VANNI BENE IN PIANURA / PENDENZE LIEVI (MAX 5%)  
 ZONE COSTIERE

NON VALE IN MONTAGNA → SERVONO ALTRI STRUMENTI

LA TURBOLENZA DEVE ESSERE LA STESSA IN TUTTO  
 IL CAMPO

CLASSE DI STABILITÀ DELL'ARIA SIA LA STESSA  
 U COSTANTE

A PORTATA SCEGLIAMO QUELLO CHE CI FA + COMODO,  
 IN BASE A LIMITI DI SICUREZZA FORNITI



CASO 1: AL SUOLO  
 CASO 2: DA  $H_e$  CONTINUA

U (VELOCITÀ VENTO) MISURATO A 10 M SUOLO  
 (A CONVENZIONE) → DA STAB. METEO

$\sigma_y, \sigma_z$  DIPENDONO DA TIPO TERRENO, ... E CONTIEN  
 GONO ANCHE LA COORDINATA X

$H_e$  È L'ALTEZZA DI EMISSIONE

A CAMINO EMISSIONE VERTICALE CON UNA CERTA  
 VELOCITÀ

GINNACCHIO DEL PENNACCHIO

$H_e = D$  CAMINO FINALE AL PENNACCHIO



$C_{max}$  ALLA CONDIZ.  $C_z = \frac{H_e}{Q}$  ← AL SUOLO  
 $C(x, 0, 0)$

SE VOGLIO CALCOLARE RISCHIO LOCALE MI SERVE  
BASE STATISTICA

UNA CERTA DISTRIBUZIONE DI PROBABILITÀ LUNGO LA  
GIORNATA

ENTI GOVERNATIVI SPESSE FORNISCONO CODICI DI  
CALCOLO

↳ WWW.EPA.GOV

FORNENDO NOI DATI  
METEOROLOGICI

DISTANZA SORVEGLIAMENTO = X

USO TABELLA (O GRAFICI)

X PLUME DISPERSIONE

X RILASCIO ISTANTANEO

(RILASCIO CONTINUO)

DEUNACEHIO

**[DISPERSIONE GAS DENSI]**

VALGONO IPOTESI PRECEDENTI

BERSAGLIO SULL'ASSE X → Y=Z=0

CASO PEGGIORE  
QUINDI OK

EMISSIONE AL SUOLO

USIAMO GRAFICI → TROVO RAPPORTO CONC.

$$\frac{C_m}{C_0}$$

Q<sub>0</sub> GALLEGGIABILITÀ

Q<sub>0</sub> PORTATA EMISSIONE

LA VELOCITÀ VENTO

X COORD. BERSAGLIO

V<sub>0</sub> V GAS IMMESSO

TRA C BERSAGLIO E C PUNTO  
DI EMISSIONE

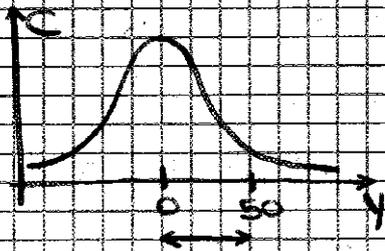
SE GAS PURO C<sub>0</sub> = 1

DA QUELLO, CONOSCENDO C<sub>0</sub>, TROVO C<sub>m</sub>

NON VALE X GAS FREDDI

→ BISOGNA FARE CORREZIONE

NOX FLASH → NO X GPL



VICINO AL PENNACCHIO LA CONC. AL SUOLO È ZERO

VOGLIAMO TROVARE QUANDO CONC. MASSIMA AL SUOLO

$$D_{2,m} = \frac{H_2}{Q} = \frac{60}{Q} = 42,4 \text{ m}$$

$$42,4 \text{ m} = 0,06 \times (1 + 0,0015x)^{-1/2}$$

DIFFICILE DA RISOLVERE → CONVIENE USARE GRAFICI

OTTENIAMO  $x \approx 1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$

$$D_y = 0,08 (1000) (1 + 0,0001 \cdot 1000)^{-1/2} = 76,3$$

$$C_{max} = C(1000, 0, 0) = \frac{80 \text{ g/d}}{\pi \cdot 76,3 \cdot 42,4 \cdot 6} \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{60}{42,4} \right)^2 \right]$$

$$\approx 48 \cdot 10^{-4} \text{ g/m}^3$$

OPPURE USO FORMULA X C<sub>max</sub>

LI CONFRONTO POI CON LIMITI IDCH, INVECE TCW SERVE A CONDIZ. LAVORO, LD50 INDICANO 50% DI MORTI

IDCH → X 15 MINUTI → TEMPO DI METTERSI IN SALVO

3) RILASCIO ISTANTANEO



$$H_2 = 0$$

$m = 1 \text{ kg}$  DI CLORO

$$U = 2 \text{ m/s}$$

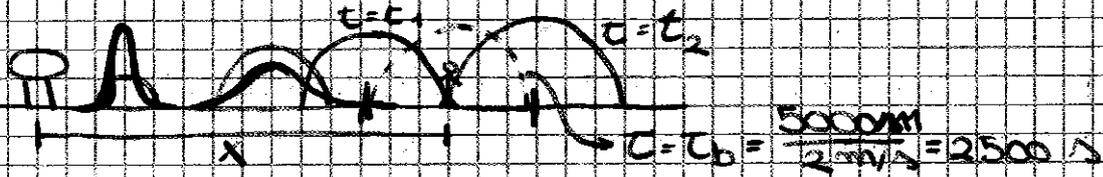
SISTEMI EMERGENZA BLOCCA, MA SE SI ROTTE TUBO, QUELLO DENTRO IL TUBO SI PERDE

$x = 500 \rightarrow$  C'È AMBIENTE URBANO

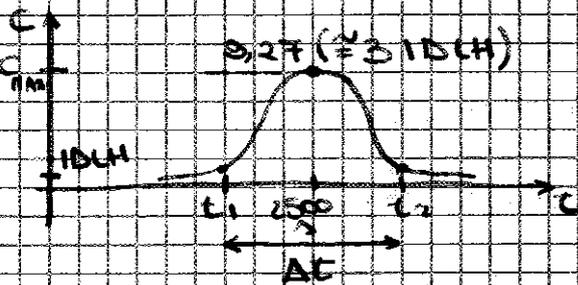
$$C = ?$$

$$C_{max} = ?$$

X VEDERE X QUANTO INSISTE LA NUBE



SEMISFERA CHE ALLONTANDOSI SI DILUISCE E SI INGRANDISCE



FACCIAMO FINTA CHE LA NUBE NON SI MODIFICHI E RIFAGA DELLE DIM. QUANDO È IN C<sub>b</sub>

SE NUBE SIMMETRICA IL CENTRO DEI CERCHI C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> QUANDO SEMICERCHIO C<sub>b</sub> = 0

↳ DISTANZA TRA C<sub>1</sub> E C<sub>2</sub> È UVALE AL DIAMETRO DEL CERCHIO  $3 \text{ mg/m}^3 \text{ (IDLH)} \times t = C_b$

$$3 \text{ mg/m}^3 = \frac{10^6 \text{ mg}}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_x \cdot \sigma_y \cdot z} \cdot \exp\left\{-\frac{1}{2} \left(\frac{x - uC_b}{\sigma_x}\right)^2\right\}$$

$$\sigma_x = \sigma_y = 0,02 \cdot 5000^{0,83} = 39$$

$$\sigma_z = 0,05 \cdot 5000^{0,61} = 9$$

$$3 = \frac{10^6}{\sqrt{2\pi} \cdot 39 \cdot 39 \cdot 9} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x - 5000}{39}\right)^2\right]$$

$$x_2 = 5058 \text{ m}$$

$$x_1 = 5000 - 58 = 4942 \text{ m}$$

$$C = \frac{x_2 - x_1}{u} = \frac{58 \cdot 2 \text{ m}}{2 \text{ m/s}} = 58 \text{ s}$$

$$C_{\text{max}}(5000, 0,0, 2500) = \frac{10^6}{\sqrt{2\pi} \cdot 39 \cdot 39 \cdot 9} = 9,27 \text{ mg/m}^3$$

X UN MINUTO CON MAX 3 VOLTE IDLH

CONDIZ. ACCETTABILE, PERO' AUTORITA' DI CONTROLLO DECIDE SE ACCETTABILE O FENO, NEGOZIANDO

DEVONO METTERE IN ATTO, CON PROVA, PIANO DI EMERGENZA INTERNO + ESTERNO + AUTORITA' CONTROLLO

IN 1 MIN ENTRA POCCHISSIMO

↓  
RIMEDIO EFFICACE SPESSO IN QUESTI CASI

## ESERCIZI

1) TRAVASO LNG → METANO

RILASCIO

INTERESSA ESTENSIONE NUOVE A LEL

$$Q_e = 0,23 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$R_d = 174 \text{ s}$$

$$U = 10,9 \text{ m/s}$$

$$\rho_p = 425,6 \text{ Kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{gas}} = 1,76 \text{ Kg/m}^3$$

$$T_{\text{amb}} = 15^\circ\text{C}$$

EVAPORA A FLASH, QUINDI A P<sub>atm</sub> E

$$T_{\text{eb}} = -162,2^\circ\text{C}$$

DOBBIAMO CAPIRE SE È UN RILASCIO CONTINUO O ISTANTANEO

DOBBIAMO FARE UNA DELLE 2 IPOTESI, POI CALCOLI, POI VERIFICA

SALEGGIABILITÀ  $q_0 = q \cdot \frac{\rho_p - \rho_a}{\rho_a} = 0,81 \cdot \frac{1,76 - 1,22}{1,22} = 0,34 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

DENSITÀ DELL'ARIA A T DI 15°C

$$\frac{U \cdot R_d}{X} \geq 2,5 \rightarrow \text{CONTINUO}$$

$$\leq 0,6 \rightarrow \text{DISCONTINUO}$$

A META ENTRAMBE

LE PROVE

$$X \geq \frac{U \cdot R_d}{2,5} = \frac{10,9 \cdot 174}{2,5} = 758 \rightarrow \text{CONTINUO SE SOTTO}$$

A QUESTA DISTANZA

IL RISULTATO CHE OTTERRO'

$$D_c = \left( \frac{Q_e}{U} \right)^{1/2}$$

CONDIZIONE CARATE

$$\left(\frac{90^2 \cdot 9}{65}\right)^{1/5} = 0,87 \xrightarrow{\text{GRAFICO}} \frac{x}{(q_0/U)^{1/5}} \Rightarrow x = 285 \text{ m}$$

$C_0$  (CONC. EMISSIONE) = 1 PERCHÉ EMETTO GAS METANO PURO

↳ SAREBBE STATO ≠ 1 SE MISCELA → ES: 50%  $\text{CH}_4$  + 50%  $\text{N}_2$

SE FOSSE MISCELA DI RINFAMMABILI E SIMILI TROVO CON LE CHARTELIER NEL MISCELA E  $C_0$  ANCORA = 1

$x = 285 \text{ m} < 758 \text{ m} \rightarrow$  OK CONTINUA

SE SIMILE A 758 m DOBBIAMO PROVARE ENTRAMBI I MODELLI

### INCIDENTE SEVESO 1976

NELL'INTERLAND MILANESE

STABILIMENTO ICMESA

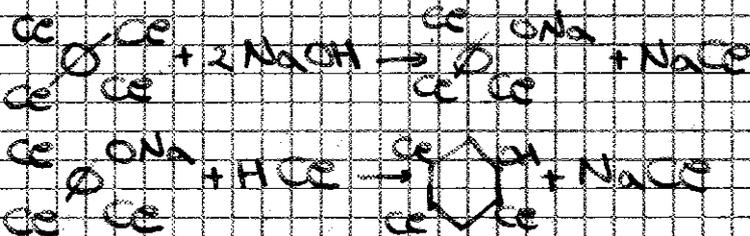
PROCESSO BATCH IN FASE LIQUIDA → 3 GIORNI

RUNAWAY REACTIONS

SERIE DI ISTRUZIONI IN SERIE → RICETTA

X REAZ. ESOTERMICHE BISOGNA RUSCIRE A RAFFREDDARE

BATCH DA 14 m<sup>3</sup> CON CARICA 7-8-10 m<sup>3</sup>



A FINE TURNO - UTILIZZO ENERGIA, QUINDI VAPORE  
SPALATO A T. ALTA ( $\approx 210^{\circ}\text{C}$ )

OPERATORI ALLE 6 DEL SABATO MATTINA SPENCONO

FERTANO AGITATORE  $\rightarrow$  NO SCAMBIO TERMICO

BULK ANCORA A  $170^{\circ}\text{C}$ , MA PELO LIBERO A  $3200^{\circ}\text{C}$

INSTABILITÀ TERMICA

REAZ. FUGGITIVA

AUMENTA T.P., SI ROTTE DISCO  
DI ROTTURA

SI SVILUPPANO VAPORE

CIRCA 60 EVAPORANO IN ATM (CON 1 Kg DI OSSINA)

IL SABATO MATTINA GUARDIANO SENTE FISCHIO  
DISCO ROTTURA ALLE 12.37

SI CREA NUBE CON DISSINE SOLIDE, 3-CE-FENOLO  
LIQUIDO ALTROPOLLUENTE

NEBBIA CHE TENDE A RICADERE

4 KM<sup>2</sup> INABITABILI

DISSINE: DOSI LETALI BASSISSIME, CANCEROGENE,  
MUTAGENE

DIRETTORE TECNICO NON CONOSCE RISCHI DISSINA,  
DETTAGLI CONOSCIUTI DAGGI SVIZZERI

DT DICE DI NON MANGIARE ORTAGGI, CHIEDE AI CARA  
BINIERI DI DIRLO CHE RIFIUTANO SENZA UFFICIALE  
SANTARIO

AUTORITÀ LOCALI DEVONO SAPERE COSA FARE

SCENARI PROBABILI DEVONO ESSERE GIÀ DESCRITTI

SOST. PERICOLOSE CHE SI POTREBBERO GENERARE IN CASO DI INCIDENTE

② OPERAZIONI CRITICHE

↓  
REAL. ESTERNA

LUOGHI RILASCIO SOST. PERICOLOSE  
TRAVASO/STOCCAGGIO

③ ROTTURE/GUASTI CHE POSSONO ESSERE CAUSE INIZIATICI

↓  
GUASTI TUBAZIONI/ORGANI MOBILI/SIST. CONTROLLO

↓  
PASSA + TEMPO PRIMA DI ACCORGERSENE

④ POSSIBILITA' DI INNESCHI

↓  
PUNTI CALDI

SIST. ELETTRICI INADEGUATI

↓  
EVENTI INIZIATORI → CAUSA PRIMA SCENARI INCIDENTALI

↓  
DOTTI A GUASTI/ERRORI UMANI/MALFUNZIONAMENTI

• STIMA CONSEGUENZE

↓  
ESPOSIZIONE/IRRAGGIAMENTO/SOVRAPRESSIONE

• AREA INTERESSATA

↓  
USATO MODELLI SEMPLIFICATI

↓  
INCENDI, ESPLOSIONI, RILASCIO SOST. TOSSICHE

↓  
DEFINIZ. SOGLIA / CALCOLO CONSEGUENZE

↓  
ZONE DI DANNO