

SOMMARIO

<i>Introduzione</i>	p. IX
<i>Autore</i>	» X

CAPITOLO 1 IL FENOMENO DELL'ESPLOSIONE NELL'INDUSTRIA

1.1	Le esplosioni nel luogo di lavoro.....	» 2
1.2	Le esplosioni delle polveri combustibili.....	» 5
1.3	Le esplosioni di gas, vapori e nebbie infiammabili	» 9
1.4	Asfissia e prevenzione dell'ATEX.....	» 11
1.5	Case History	» 11
1.5.1	Esplosione di vapori infiammabili: Umbria Olii (Italia), Novembre 2006	» 11
1.5.2	Esplosione di vapori infiammabili: Barton Solvents Wichita (USA), Luglio 2007	» 13
1.5.3	Esplosione di gas infiammabili: Manutenzione su cisterna (Italia), 2007.....	» 14
1.5.4	Esplosione di vapori infiammabili: Feyzin (Francia), Gennaio 1966	» 14
1.5.5	Esplosione di vapori infiammabili: Paloma Condensate (USA), Luglio 1952... ..	» 15
1.5.6	Esplosione di vapori infiammabili: Impianto petrolchimico (Italia), 2004	» 16
1.5.7	Esplosione di vapori infiammabili: Azienda di produzione di carrelli elevatori (Italia), 2003	» 16
1.5.8	Esplosione di vapori infiammabili: Azienda del settore legno (Italia), 2008.....	» 17
1.5.9	Esplosione di nebbie e spray: ThyssenKrupp (Italia), Dicembre 2007	» 18
1.5.10	Esplosione di nebbie e spray: Ingersoll-Rand & Co (USA), 1959	» 23
1.5.11	Esplosione di polveri combustibili: SEMABLA (Francia), 1997	» 23
1.5.12	Esplosione di polveri combustibili: DeBruce Grain Co. (USA), 1998.....	» 25
1.5.13	Esplosione di polveri combustibili: Fabbricazione accessori per abbigliamento (Italia), 2003	» 26
1.5.14	Esplosione di polveri combustibili: Operazioni di caricamento delle polveri nell'industria farmaceutica	» 27
1.5.15	Esplosione di polveri combustibili: Molino Cordero di Fossano (Italia), 2007... ..	» 28
1.5.16	Asfissia dovuta a gas inerti: Valero Energy Corporation (USA), 2005	» 29
1.6	Conclusioni	» 30

CAPITOLO 2 L'ESPLOSIONE, LE SOSTANZE E I PARAMETRI

2.1	I parametri di esplosione	» 35
2.1.1	I limiti di esplosione.....	» 35
2.1.2	Concentrazione limite di ossigeno (LOC)	» 37
2.1.3	Temperatura di accensione	» 37
2.1.4	Minima energia di accensione	» 38
2.1.5	Punto di infiammabilità (Flash Point) e temperature limite di infiammabilità... ..	» 43
2.1.6	Velocità di combustione.....	» 49
2.1.7	Granulometria delle polveri	» 50
2.1.8	I parametri caratteristici di esplosione	» 51
2.1.9	Le caratteristiche di caricamento elettrostatico	» 56
2.1.10	Le incompatibilità tra le sostanze.....	» 57
2.1.11	Test di combustibilità delle polveri.....	» 61
2.1.12	Test di screening di esplodibilità (US Bureau of Mines Report of Investigations 5624, Laboratory Equipment and Test Procedure for Evaluating Explosibility of Dusts)	» 62
2.1.13	Polveri combustibili e scelta dei metodi di prova.....	» 63
2.2	Le miscele ibride	» 65
2.3	Le miscele infiammabili in atmosfere arricchite d'ossigeno	» 66

2.4	Esempi applicativi ed approfondimenti	p. 67
2.4.1	Ampliamento del campo di infiammabilità conseguente ad un aumento di pressione.....	» 67
2.4.2	Calcolo del LOC dell'esano	» 67
2.4.3	Le condizioni atmosferiche secondo la direttiva 94/9/CE	» 68
2.4.4	Calcolo della MIE dell'ATEX della polvere di latte disidratato a 100 °C	» 69
2.4.5	Calcolo delle temperature limite per uno stoccaggio di acetone.....	» 69
2.4.6	Calcolo della modifica del punto di infiammabilità in una miscela metanolo-acqua	» 70
2.4.7	Caratterizzazione statistica di un campionamento di polveri	» 70
2.4.8	Calcolo del valore di K_g dell'acetone	» 71
2.4.9	Approfondimento: Proprietà particolari di alcuni gas e vapori infiammabili ...	» 72
2.5.	Parametri caratteristici di alcune sostanze.....	» 73

CAPITOLO 3

SCENARI INCIDENTALI DI RIFERIMENTO

3.1	Tipologie di esplosione	» 85
3.1.1	Deflagrazione e detonazione	» 85
3.2	Le principali tipologie di incidente.....	» 87
3.3	Esplosioni causate dal rilascio di gas e vapori infiammabili	» 90
3.3.1	Esplosione di vapori, VCE	» 91
3.3.2	Flash Fire	» 93
3.4	Alberi degli eventi per rilascio di liquidi e gas infiammabili	» 94
3.4.1	Scenari connessi all'emissione di gas infiammabili in fase singola	» 94
3.4.2	Scenari connessi all'emissione di liquidi che non evaporano all'emissione	» 95
3.4.3	Scenari connessi all'emissione di liquidi che evaporano all'emissione	» 95
3.5	Esplosioni confinate di gas e vapori infiammabili e polveri combustibili....	» 96
3.5.1	Esplosioni confinate di gas e vapori infiammabili	» 97
3.5.2	Esplosioni confinate di polveri combustibili	» 101
3.6	Alberi degli eventi per esplosioni confinate in impianti contenenti liquidi infiammabili o polveri combustibili.....	» 105
3.6.1	Scenari connessi ad impianti contenenti liquidi infiammabili con presenza o meno di venting ed isolamento	» 106
3.6.2	Scenari connessi ad impianti contenenti liquidi infiammabili con presenza o meno di soppressione chimica ed isolamento	» 107
3.6.3	Scenari connessi ad impianti contenenti polveri combustibili con presenza o meno di venting ed isolamento	» 108
3.6.4	Scenari connessi ad impianti contenenti polveri combustibili con presenza o meno di soppressione chimica ed isolamento	» 108
3.6.5	Le misure di prevenzione e protezione	» 109
3.7	Esempi applicativi ed approfondimenti	» 111
3.7.1	Scenario prevedibile per rilascio di liquidi infiammabili	» 111

CAPITOLO 4

LA PROBABILITÀ E LA DURATA DELL'ATEX

4.1	Analisi degli scenari di emissione catastrofica di ATEX	» 118
4.2	Introduzione alla classificazione delle zone a rischio di esplosione	» 119
4.3	Classificazione delle zone a rischio di esplosione per gas, vapori e nebbie infiammabili.....	» 131
4.3.1	Le sorgenti di emissione	» 133
4.3.2	I fori di guasto nelle tenute	» 135
4.3.3	La classificazione di campo lontano	» 139
4.3.4	La classificazione di campo vicino	» 146

4.3.5	La procedura di classificazione delle zone a rischio di esplosione.....	p. 152
4.3.6	Modelli di emissione e dispersione	» 160
4.3.7	Ulteriori relazioni utili alla determinazione della distanza pericolosa.....	» 177
4.3.8	La classificazione delle zone a rischio di esplosione dovute a gas, vapori e nebbie ed il D.Lgs. n. 81/2008	» 186
4.3.9	La classificazione delle zone a rischio di esplosione dovute a gas, vapori e nebbie ed il D.P.R. n. 126/1998	» 189
4.4	Classificazione delle zone a rischio di esplosione per polveri combustibili....	» 190
4.4.1	Le sorgenti di emissione.....	» 190
4.4.2	La procedura di classificazione delle zone a rischio di esplosione.....	» 192
4.5	Esempi applicativi ed approfondimenti	» 205
4.5.1	Approfondimento: Il sisma ed il rischio di esplosione	» 205
4.5.2	Scenari di emissione catastrofica	» 206
4.5.3	Domande su polveri e gas.....	» 208
4.5.4	Definizione delle condizioni atmosferiche nel caso di ATEX derivante da metano	» 212
4.5.5	Procedura di esclusione delle sorgenti di emissione da un reparto di finitura per intermedi farmaceutici	» 213
4.5.6	Esempi di sorgenti di emissione di gas, liquidi infiammabili e polveri combustibili	» 214
4.5.7	Studio del campo lontano per un'emissione di gas di secondo grado	» 215
4.5.8	Esclusione di una sorgente di emissione potenziale con l'ausilio del triangolo di infiammabilità.....	» 216
4.5.9	Determinazione della classificazione ATEX dovuta ad una flangia convogliante gas metano	» 217
4.5.10	Determinazione della classificazione ATEX dovuta ad una flangia convogliante gas metano ed azoto	» 220
4.5.11	Confronto tra i limiti minimi di classificazione proposti dalla CEI 31-35, CEI EN 60079-10-1 ed IP15	» 223
4.5.12	Classificazione di un impianto di estrazione olio operante ad esano collocato in capannone chiuso	» 225
4.5.13	Determinazione della zona pericolosa di campo vicino, a seguito di rilascio di un gas liquefatto	» 233
4.5.14	Esempi di tipici errori di classificazione delle zone a rischio di esplosione	» 234
4.5.15	Semplificazione della classificazione e valutazione delle zone a rischio di esplosione	» 235
4.5.16	Utilizzo del software ALOHA per determinare gli effetti di uno sversamento in pozza	» 236
4.5.17	Calcolo della distanza di classificazione con simulazione software agli elementi finiti. Rilascio di gas compresso.....	» 236
4.5.18	Calcolo della distanza di classificazione con simulazione software agli elementi finiti. Rilascio di gas liquefatto	» 240
4.5.19	Simulazione CFD nel caso di rilasci di gas naturale, propano e metano: la posizione dell'HSL britannico	» 245
4.5.20	Calcolo della frazione di evaporata durante la fase di flashing in occasione del rilascio di propano da un recipiente in pressione.....	» 247
4.5.21	Classificazione interna di un silos di stoccaggio polveri.....	» 248
4.5.22	Classificazione interna in tubazioni dedicate al trasporto pneumatico di zucchero	» 248
4.5.23	Esempi di classificazione delle zone per presenza di polveri.....	» 249
4.5.24	Determinazione dell'effetto dell'aspirazione localizzata in una lavorazione del settore legno	» 254

CAPITOLO 5

LA PREVENZIONE DELLA FORMAZIONE DI ATEX

5.1	Inertizzazione	» 260
5.1.1	Possibili configurazioni impiantistiche.....	» 263
5.1.2	Purgaggio in pressione	» 265

5.1.3	Purgaggio sottovuoto	p. 266
5.1.4	Flussaggio	» 267
5.1.5	Interruzione del servizio di inertizzazione	» 268
5.1.6	Affidabilità del sistema di monitoraggio e controllo	» 268
5.1.7	Classificazione delle zone a rischio di esplosione	» 270
5.1.8	Il rischio per la sicurezza dei lavoratori	» 271
5.1.9	L'inertizzazione e il D.Lgs. n. 81/2008	» 273
5.1.10	L'inertizzazione e il D.P.R. n. 126/1998	» 275
5.2	Concentrazione delle miscele infiammabili esterne al campo di esplosione LEL-UEL	» 277
5.3	Sostituzione o riduzione della quantità di sostanze in grado di formare ATEX	» 277
5.3.1	Diluizione di liquidi infiammabili con acqua	» 277
5.3.2	Inumidimento delle polveri	» 278
5.4	Esempi applicativi ed approfondimenti	» 278
5.4.1	Calcolo dei cicli di purgaggio a pressione e sottovuoto	» 278
5.4.2	Esempio di calcolo di un impianto a inertizzazione	» 279
5.4.3	Infiammabilità dei vapori contenuti in recipienti atmosferici	» 282
5.4.4	Infiammabilità di una miscela etanolo-acqua	» 283

CAPITOLO 6

LA PREVENZIONE DELLE SORGENTI DI ACCENSIONE

6.1	Apparecchi elettrici e non elettrici secondo il D.P.R. n. 126/1998 e la norma EN 60079-0	» 286
6.1.1	Apparecchi non elettrici	» 287
6.1.2	Apparecchi elettrici	» 288
6.2	Gli assiemi, i componenti, i dispositivi di sicurezza, i luoghi di impiego previsti e le installazioni secondo il D.P.R. n. 126/1998	» 291
6.2.1	Assiemi	» 291
6.2.2	Componenti	» 291
6.2.3	Dispositivi di sicurezza, di controllo e di regolazione	» 292
6.2.4	Luogo di impiego previsto	» 293
6.2.5	Installazioni	» 294
6.3	La valutazione del rischio dovuto alla presenza di sorgenti di accensione ai sensi del Titolo XI, D.Lgs. n. 81/2008	» 295
6.4	Sorgenti di accensione e misure di prevenzione e protezione	» 298
6.4.1	Superfici calde	» 298
6.4.2	Fiamme e gas caldi	» 302
6.4.3	Scintille di origine meccanica	» 314
6.4.4	Materiale elettrico	» 318
6.4.5	Elettricità statica	» 318
6.4.6	Fulmini	» 334
6.4.7	Onde elettromagnetiche	» 334
6.4.8	Reazioni esotermiche, inclusa l'autoaccensione delle polveri	» 337
6.5	Gli apparecchi installati precedentemente al 30 giugno 2003	» 338
6.5.1	Le sorgenti di accensione e il D.Lgs. n. 81/2008	» 340
6.6	Esempi applicativi ed approfondimenti	» 346
6.6.1	Il contenuto della marcatura CE-ATEX	» 346
6.6.2	Il contenuto delle istruzioni per l'uso	» 346
6.6.3	Il contenuto della dichiarazione di conformità	» 347
6.6.4	Esempio di marcatura CE	» 348
6.6.5	Marcatura supplementare specifica	» 348
6.6.6	La procedura CE-ATEX degli apparecchi non elettrici	» 350
6.6.7	Analisi funzionale di un ciclo di verniciatura a spruzzo in cabina	» 351
6.6.8	Esempio di compilazione del modulo di registrazione del rischio di accensione	» 352

6.6.9	Valutazione dell'efficacia di accensione di un ventilatore in caso di guasto	» p. 358
6.6.10	Il rischio di accensione in caso di surriscaldamento di una pompa centrifuga	» 359
6.6.11	I DPI ed il rischio di innesco elettrostatico	» 359
6.6.12	Calcolo del caricamento elettrostatico per strofinio	» 360
6.6.13	L'applicazione della direttiva 94/9/CE a silos e filtri	» 360

CAPITOLO 7

LA PROTEZIONE E L'ISOLAMENTO CONTRO LE ESPLOSIONI

7.1	La sicurezza intrinseca ed i sistemi di protezione	» 364
7.1.1	La sicurezza intrinseca nell'industria	» 364
7.1.2	I sistemi di protezione	» 367
7.2	L'adozione delle misure di protezione ed isolamento	» 368
7.3	La progettazione resistente all'esplosione	» 370
7.3.1	La progettazione delle strutture EPR/EPSR	» 378
7.3.2	I materiali utilizzabili e le loro resistenze di progetto	» 378
7.3.3	Analisi e progetto delle strutture	» 379
7.4	Lo sfogo dell'esplosione	» 386
7.4.1	Sistemi per lo sfogo delle esplosioni	» 389
7.4.2	Calcolo delle superfici di minima resistenza in contenimenti isolati	» 394
7.4.3	Marcatura e manutenzione	» 401
7.5	La soppressione dell'esplosione	» 402
7.5.1	Rilevatori di pressione	» 404
7.5.2	Soppressori pressurizzati HRD	» 405
7.5.3	Agenti estinguenti	» 406
7.5.4	Centraline di monitoraggio e controllo	» 408
7.5.5	Calcolo dei sistemi di soppressione HRD	» 408
7.5.6	I limiti di applicazione dei sistemi di soppressione HRD	» 410
7.5.7	Marcatura e manutenzione	» 411
7.6	I sistemi di isolamento contro le esplosioni	» 411
7.6.1	Sensori di rilevazione	» 412
7.6.2	Dispositivi di isolamento	» 412
7.6.3	Centraline di monitoraggio e controllo	» 414
7.6.4	Sistemi di rilevazione di braci e scintille	» 414
7.7	I sistemi di protezione installati precedentemente al 30 giugno 2003	» 417
7.8	L'emergenza e l'evacuazione in caso di esplosione	» 419
7.8.1	Le misure di protezione ed il D.Lgs. n. 81/2008	» 421
7.9	Esempi applicativi ed approfondimenti	» 425
7.9.1	Tipologia di sollecitazione in un contenimento protetto con venting	» 425
7.9.2	Calcolo della pressione ridotta in un ciclone depolveratore	» 426
7.9.3	Test di validazione dell'eq. 7.18 relativa alla deformazione plastica di una membrana di forma rettangolare (IChemE, 2000)	» 428
7.9.4	Fattori che influenzano il dimensionamento dei sistemi di venting	» 429
7.9.5	Calcolo delle superfici di venting in un silos di stoccaggio	» 431
7.9.6	Valutazione economica nell'adozione di un sistema di sfogo dell'esplosione in un silos d'acciaio	» 437
7.9.7	Esempi di calcolo del rapporto L/D	» 438
7.9.8	Esempi di calcolo di un sistema di protezione HRD	» 442
7.9.9	Esempio di protezione ed isolamento contro l'esplosione	» 442
7.9.10	Esempi di misure di prevenzione e protezione da adottare in impianti industriali	» 443

CAPITOLO 8

GLI EFFETTI PREVEDIBILI DELLE ESPLOSIONI

8.1	L'esposizione agli effetti dell'esplosione	» 450
-----	--	-------

8.1.1	Gli effetti del Flash Fire sulle persone	p. 450
8.1.2	Gli effetti di una VCE sulle persone	» 452
8.1.3	I limiti di esposizione agli effetti dell'esplosione	» 452
8.2	La valutazione quantitativa degli effetti dell'esplosione	» 455
8.2.1	Il metodo del Tritolo Equivalente (TNT _{eq})	» 458
8.2.2	Il metodo TNO-Multienergy modificato.....	» 460
8.2.3	Il metodo CEI 31-35 modificato	» 462
8.2.4	Il metodo NFPA 68	» 463
8.2.5	Il metodo INERIS modificato.....	» 464
8.3	Esempi applicativi ed approfondimenti	» 465
8.3.1	Applicazione del metodo TNT _{eq}	» 465
8.3.2	Applicazione del metodo TNO-Multienergy modificato.....	» 466
8.3.3	Applicazione della funzione di PROBIT	» 466

CAPITOLO 9

LA VALUTAZIONE DEI RISCHI E IL DOCUMENTO SULLA PROTEZIONE CONTRO L'ESPLOSIONE

9.1	La valutazione del rischio di esplosione	» 470
9.1.1	Parte 1: Sicurezza dell'impianto, del processo, delle sostanze e delle possibili interazioni	» 470
9.1.2	Parte 2: Valutazione della mansione esposta al rischio di esplosione	» 472
9.2	Il documento sulla protezione contro le esplosioni	» 478
9.3	Informazione e formazione dei lavoratori	» 479
9.3.1	L'art. 294-bis, D.Lgs. n. 81/2008	» 479
9.4	L'installazione, i controlli, le verifiche e la manutenzione degli apparecchi e dei sistemi di protezione	» 481
9.4.1	Il controllo iniziale degli impianti	» 482
9.4.2	Controlli degli impianti	» 484
9.4.3	La manutenzione	» 488
9.4.4	Le verifiche	» 490
9.4.5	Il coordinamento e la gestione delle modifiche	» 490

CAPITOLO 10

LA LEGISLAZIONE ATEX

10.1	Testo e sanzioni del Titolo XI, D.Lgs. n. 81/2008	» 496
10.2	Allegati del Titolo XI, D.Lgs. n. 81/2008	» 502

ALLEGATI

Allegato A	– Analisi statistiche	» 507
Allegato B	– Calcolo della tensione di vapore	» 515
Allegato C	– Punti della distribuzione t-Student	» 516
Allegato D	– Principali eventi incidentali che possono essere causa o effetto di un'esplosione	» 517
Allegato E	– Punti di infiammabilità di alcune miscele acquose	» 518
Allegato F	– Sostanze con tendenza al riscaldamento spontaneo.....	» 522
Allegato G	– Classificazione sostanze secondo lo standard IP 15	» 523
<i>Bibliografia</i>		» 525
<i>Contenuti del Cd-Rom</i>		» 531