



Marco Pasquini

Tecnica della prevenzione incendi

Teoria dei fenomeni di combustione
e pratiche per la prevenzione



Dario Flaccovio Editore

Marco Pasquini

Tecnica della prevenzione incendi

TEORIA DEI FENOMENI DI COMBUSTIONE
E PRATICHE PER LA PREVENZIONE



Dario Flaccovio Editore

Indice

Introduzione	pag. 11
Una gara speciale	» 11
La perdita dell'innocenza.....	» 12
Un altro manuale di prevenzione incendi	» 12
1. L'incendio	» 15
1.1. Generalità	» 15
1.2. La combustione.....	» 15
1.3. Le fasi dell'incendio	» 16
1.4. I combustibili	» 17
1.4.1. Infiammabili.....	» 19
1.4.2. Potere calorifico dei combustibili	» 22
1.5. Bibliografia	» 28
2. La normativa	» 29
2.1. Generalità.....	» 29
2.2. Leggi e regolamenti di prevenzione incendi	» 41
2.2.1. Norme generali.....	» 41
2.2.2. Norme tecniche verticali per singole attività	» 42
2.3. Le regole tecniche prescrittive	» 46
2.4. I metodi prestazionali.....	» 47
2.5. Il D.M. 3/08/2015 cosiddetto "Codice di prevenzione incendi".....	» 55
2.5.1. Struttura.....	» 55
2.5.2. Procedura di progettazione	» 57
2.6. Bibliografia	» 69
3. La valutazione del rischio	» 71
3.1. Generalità.....	» 71
3.2. Metodi basati sulla normativa di sicurezza sul lavoro	» 72
3.3. Metodi basati sull'approccio prestazionale.....	» 75
3.4. Metodi internazionali	» 82

3.5. La valutazione del rischio di esplosione	» 86
3.5.1. Generalità	» 86
3.5.2. Direttiva ATEX 2014/34/UE: classificazione prodotti	» 89
3.5.3. Direttiva ATEX 99/92/CE: classificazione delle aree	» 90
3.5.3.1. Classificazione zone ATEX: gas	» 91
3.5.3.2. Classificazione zone ATEX: polveri	» 92
3.5.4. Documento sulla protezione contro le esplosioni	» 93
3.6. Bibliografia	» 94
4. Protezione antincendi passiva	» 97
4.1. Generalità	» 97
4.2. Ubicazione delle attività pericolose	» 97
4.3. Distanziamenti	» 98
4.4. Compartimentazione	» 100
4.4.1. Suddivisione delle attività in comparti antincendio	» 100
4.4.2. Disimpegni e filtri a prova di fumo	» 100
4.4.3. Scale	» 103
4.4.4. Luoghi sicuri statici e dinamici	» 106
4.5. La resistenza al fuoco delle strutture	» 107
4.5.1. Calcolo del carico di incendio	» 107
4.5.1.1. Il carico di incendio	» 107
4.5.1.2. Il carico di incendio specifico	» 107
4.5.1.3. Il carico di incendio specifico di progetto	» 108
4.5.2. Incendio nominale e di progetto	» 111
4.5.2.1. Generalità	» 111
4.5.2.2. Curva di incendio nominale	» 111
4.5.2.3. Curve naturali di incendio	» 113
4.5.3. L'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio	» 114
4.5.3.1. Generalità	» 114
4.5.3.2. Analisi preliminare (I fase)	» 114
4.5.3.3. Analisi quantitativa (II fase)	» 116
4.5.3.4. L'approccio ingegneristico sul Codice di prevenzione incendi	» 118
4.5.3.5. Software e codici di calcolo per l'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendi	» 120
4.5.4. Calcolo della resistenza al fuoco delle strutture	» 122
4.5.4.1. Definizione e generalità	» 122
4.5.4.2. Il metodo tabellare	» 125
4.5.4.2.1. La valutazione tabellare delle murature	» 125
4.5.4.2.2. La valutazione tabellare dei solai	» 128

4.5.4.2.3. La valutazione tabellare delle strutture portanti in cemento armato.....	» 129
4.5.4.3. Il metodo sperimentale.....	» 134
4.5.4.4. Il metodo analitico	» 137
4.5.4.5. Metodi analitici per le strutture in muratura	» 138
4.5.4.6. Metodi analitici per le strutture in cemento armato	» 138
4.5.4.7. Metodi analitici per le strutture in acciaio	» 140
4.5.4.8. Metodi analitici per le strutture in legno.....	» 140
4.5.5. La reazione al fuoco dei materiali.....	» 143
4.5.6. Il sistema delle vie di esodo	» 147
4.5.6.1. Generalità.....	» 147
4.5.6.2. Luogo sicuro	» 149
4.5.6.3. Vie di esodo	» 150
4.5.6.4. Scale d'esodo	» 151
4.5.6.5. Scale e marciapiedi mobili d'esodo	» 151
4.5.6.6. Porte lungo le vie d'esodo	» 152
4.5.6.7. Segnaletica d'esodo ed orientamento.....	» 154
4.5.6.8. Dimensionamento delle uscite	» 155
4.5.6.8.1. Generalità.....	» 155
4.5.6.8.2. Dimensionamento secondo la capacità di deflusso.....	» 156
4.5.6.8.3. Dimensionamento secondo il codice di prevenzione incendi	» 159
4.5.6.8.3.1. Corridoi ciechi	» 163
4.5.6.8.4. Lunghezza dei percorsi e tempi di percorrenza	» 169
4.5.7. L'archiviazione con i sistemi di protezione passiva	» 173
4.6. Bibliografia	» 182
5. Protezione antincendi attiva.....	» 185
5.1. Generalità.....	» 185
5.2. Impianti di rivelazione incendi	» 185
5.2.1. Generalità.....	» 185
5.2.2. Elementi costitutivi di un impianto.....	» 186
5.2.3. Tipologie di impianto.....	» 188
5.2.4. Tipologie di rivelatori	» 191
5.2.4.1. Rivelatori di fumo.....	» 192
5.2.4.2. Rivelatori di calore.....	» 194
5.2.4.3. Rivelatori di fiamma	» 195
5.2.5. Installazione dei rivelatori.....	» 196
5.3. Impianti di segnalazione e allarme	» 196
5.4. La rivelazione e l'allarme antincendi nel Codice	» 197
5.4.1. Soluzioni progettuali.....	» 198

5.4.2. Impianti di rivelazione e allarme incendio.....	» 201
5.4.3. Sistema di diffusione dei messaggi di emergenza ad altoparlante.....	» 202
5.5. Impianti idrici ad idranti e naspi	» 202
5.5.1. Impianti di estinzione nel Codice	» 203
5.5.2. Impianti di estinzione nel D.M. 20.12.2012	» 204
5.5.3. La norma UNI 10779	» 205
5.5.3.1. Reti di tubazioni.....	» 206
5.5.3.2. Valvole di intercettazione	» 207
5.5.3.3. Apparecchi di erogazione (naspi/idranti).....	» 207
5.5.3.4. Reti esterne.....	» 209
5.5.3.5. Reti di idranti all'aperto	» 209
5.5.3.6. Attacco di mandata per autopompa VVF.....	» 209
5.5.3.7. Alimentazione idrica.....	» 210
5.6. Impianti di estinzione sprinkler, a gas e water mist.....	» 210
5.6.1. Impianti sprinkler.....	» 210
5.6.2. Impianti di estinzione a gas.....	» 214
5.6.3. Sistemi di estinzione a water mist.....	» 216
5.6.4. Evacuazione dei prodotti della combustione	» 217
5.6.4.1. Sistemi per l'evacuazione naturale dei fumi.....	» 217
5.6.4.2. Sistemi per l'evacuazione forzata dei fumi.....	» 221
5.6.4.3. L'evacuazione dei prodotti della combustione sul Codice di prevenzione incendi	» 226
5.7. Mezzi di estinzione portatili.....	» 231
5.7.1. Gli estintori nel Codice di prevenzione incendi.....	» 231
5.7.1.1. Progettazione.....	» 232
5.7.1.2. Tipologie di estintori.....	» 233
5.7.2. Tipologie di estintori.....	» 236
5.7.3. Progettazione della difesa con estintori nella normativa prescrittiva ..	» 238
5.8. Bibliografia	» 238
6. Gestione della sicurezza antincendi.....	» 241
6.1. Generalità.....	» 241
6.2. La sicurezza antincendi nei luoghi di lavoro	» 241
6.3. La sicurezza antincendi nei condomini.....	» 246
6.4. La segnaletica antincendi.....	» 248
6.5. L'informazione e la formazione.....	» 252
6.6. La pianificazione dell'emergenza	» 255
6.7. I registri dei controlli antincendi.....	» 257
6.7.1. Estintori.....	» 258

6.7.2. Terminali degli impianti idrici antincendio (idranti, naspi, attacchi per mezzi VV.F., impianti di pressurizzazione) »	260
6.7.3. Porte tagliafuoco »	261
6.7.4. Uscite di sicurezza »	263
6.7.5. Illuminazione di emergenza »	264
6.7.6. Pulsanti di allarme »	264
6.7.7. Valvole di intercettazione gas infiammabili e/o esplosivi »	265
6.7.8. Rilevatori di incendio o gas »	265
6.7.9. Impianti di spegnimento automatico dell'incendio »	266
6.7.10. Evacuatori di fumo e calore »	267
6.7.11. Dispositivi di protezione individuale antincendio »	268
6.8. Bibliografia »	268
7. Le cause degli incendi e le indagini di polizia giudiziaria »	271
7.1. Generalità »	271
7.2. Le più comuni cause degli incendi »	271
7.3. Le indagini assicurative e di polizia giudiziaria »	272
7.4. Accertamenti scientifici e tecnici »	273
7.4.1. Metodo di indagine »	273
7.4.2. Analisi chimiche »	276
7.4.3. Considerazioni sui rilievi in situ »	278
7.5. Bibliografia »	284

Introduzione

Una gara speciale

Era il 23 aprile di un 1989 insolitamente caldo e soleggiato, e, come ogni due settimane, io e mio babbo eravamo davanti alla televisione a goderci lo spettacolo della Formula 1. Quella, poi, era la “nostra” gara: eravamo stati a Imola per il primo e unico Gran Premio d’Italia tenutosi lontano da Monza, nel 1980, eravamo ritornati nel 1981 e nel 1982, perché avere la gara più bella dell’anno a cinquanta chilometri da casa era una fortuna da non lasciarsi scappare. Poi, senza dirci più nulla, negli anni successivi, avevamo deciso di vedere la gara in televisione: la scomparsa di Gilles Villeneuve a Zolder, nell’appuntamento successivo a quello di Imola, nel 1982, era troppo anche per noi. La gara era appena partita, così così, per la Ferrari: Gerhard Berger era quinto e stava tallonando Riccardo Patrese, nell’intento di sorpassarlo alla Tosa. Appena incominciato il terzo giro, incomprensibilmente, la Ferrari si rifiuta di curvare, al Tamburello tira dritto e si schianta contro il muro di cemento che delimita, sulla destra, la pista. Immediatamente la vettura prende fuoco: sono i primi giri, il serbatoio è ancora pieno di benzina, ed ha ceduto per lo schianto. Il pilota è avvolto dalle fiamme, e per lunghi istanti non accenna ad uscire dall’abitacolo. “È fatta”, pensai, “ecco un’altra vittima in nome dello sport più crudele del mondo”. E invece, contro ogni previsione, ecco arrivare a tutta velocità l’Alfa Romeo rossa del servizio corse della CEA, importante azienda produttrice di estintori e deputata alla sicurezza antincendio dell’autodromo. Neanche il tempo di fermarsi ed escono tre addetti, muniti di estintore, che in pochi attimi domano completamente il rogo: Gerhard Berger è salvo. Se la caverà con ustioni non gravi alle braccia, e potrà rientrare alle corse un mese dopo l’incidente.

Nel 2019 mi è capitato, ad una gara del campionato DTM, di incontrare Gerhard, e abbiamo parlato brevemente, di quell’episodio. “Devo dire grazie alla preparazione di quei ragazzi”, mi ha detto. “Se guardi al rallentatore le immagini dell’intervento, capisci che non è coraggio, il loro. È preparazione. Si muovono in maniera automatica, sanno perfettamente cosa e come farlo”.

La perdita dell'innocenza

Era la mattina di un maledetto 6 dicembre 1990, ed ero intento a studiare Scienza delle Costruzioni, come sempre. Trascorsi pochi minuti dopo le nove, alla radio, che tenevo sempre accesa, passa la notizia che un aereo militare si è schiantato su una scuola, a Casalecchio di Reno. Giusto il tempo di realizzare che non si trattava della sede dell'istituto Salvemini, ma della succursale di via del Fanciullo, che mi avvio per strada. A fare cosa, oggi, non lo so: volevo aiutare, speravo di poter dare un contributo. Ovviamente, non sono neppure riuscito ad avvicinarmi: a circa 800 metri di distanza, vidi salire una densa colonna di fumo. La scuola era in fiamme, e la maggior parte degli studenti era ancora dentro l'edificio. Quel giorno perirono 12 ragazzi di 15 anni, tra cui Sara Baroncini, che giocava a basket nella squadra che allenavo, e una ottantina di loro compagni rimasero feriti a causa del fuoco o infortunati per essersi gettati dalla finestra, nel tentativo di scampare all'incendio. "Mi sono vergognata, per anni, di ciò che ho fatto", mi ha detto una di loro, recentemente. "Per raggiungere l'uscita, ho calpestato i miei compagni, li ho tirati per il collo. Ho visto una mia amica a terra, ma ho pensato solamente ad uscire. Non l'ho aiutata ad alzarsi, non me lo perdonerò mai".

A posteriori, credo che questi due episodi abbiano deciso la mia carriera professionale. Da neolaureato mi sono subito occupato di sicurezza nelle scuole, nonché del piano di protezione civile per il Comune di Casalecchio di Reno. A quell'epoca ho maturato la convinzione che non c'è bisogno di salvare delle vite se queste non sono in pericolo, e che, tutto sommato, è più facile evitare che un incendio si verifichi che spegnerlo quando si è già innescato.

Un altro manuale di prevenzione incendi

C'era proprio bisogno di un altro manuale di prevenzione degli incendi? Forse no, ma è proprio per questo che ho accettato l'ingrato compito che la casa editrice mi ha proposto, ossia di rinnovare un testo che ho spesso apprezzato per l'approccio molto concreto e per lo spirito didattico, il più possibile svincolato dalle norme ma assai legato ai concetti base della sicurezza. Avevo bisogno di chiarire a me stesso i principi base di questa scienza, in un momento di grande fermento normativo, in cui il dettato si evolve con una rapidità impressionante, spesso in maniera convulsa e apparentemente confusa. Avevo bisogno di trovare dei punti fermi, che non fossero più di tanto frutto di un espediente legislativo, bensì i cardini di una disciplina relativamente giovane ma che ha fatto passi da gigante, negli ultimi anni. Nella mia infinita immodestia, spero proprio di esserci riuscito e che gli esempi pratici riportati nel volume siano in grado di chiarire

ulteriormente le idee ai lettori, siano essi studenti, professionisti affermati o semplici curiosi.

Infine, vorrei ringraziare tutti coloro che mi hanno aiutato in questo difficile percorso: il prof. Riccardo Gulli e la prof.ssa Giorgia Predari della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna, che mi hanno dato la possibilità di interagire con gli studenti in un rapporto di crescita reciproca ancora di più che di semplice didattica frontale; l'ing. Mario Prince del Comando dei vigili del fuoco di Bologna, per le infinite chiacchierate sulla materia e per le illuminanti lezioni che ha tenuto e alle quali ho partecipato; l'ing. Mauro Caciolai e l'ing. Antonio La Malfa del Corpo Nazionale dei vigili del fuoco, per avermi definitivamente chiarito (spero) alcuni concetti ingegneristici che mi parevano particolarmente ostici.

Per ultimi, ma loro sanno che per me saranno sempre i primi, vorrei ringraziare tutti i miei studenti, sia quelli dell'Istituto Tecnico per Geometri L. Fantini di Vergato, sia quelli del Corso in Ingegneria Edile ed Architettura dell'Università di Bologna, per il loro puntuale contributo alle discussioni sulla prevenzione degli incendi, per le loro domande argute e perché, nel tentativo di rendere sempre più semplici i concetti che avrei voluto esprimere loro, mi hanno costretto a renderli più chiari e compiuti a me stesso, e questo è davvero un contributo impagabile di cultura.

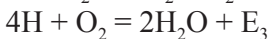
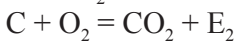
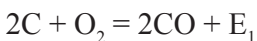
1. L'incendio

1.1. Generalità

Si intende per incendio un fenomeno non controllato di combustione, che prende origine da una reazione chimica di ossidoriduzione in grado di produrre calore. Per questo motivo, nel seguito, saranno rispolverate alcune nozioni di chimica e fisica che serviranno a meglio comprendere il fenomeno dell'incendio, la sua evoluzione e le cause in grado di provocarlo.

1.2. La combustione

La combustione è una reazione chimica esotermica (cioè accompagnata da produzione di energia, sotto forma di calore) che ha come particolarità l'intervento dell'ossigeno (comburente) presente nell'aria come reagente. Poiché la maggior parte dei materiali combustibili è di origine organica, ha tra i componenti il carbonio e l'idrogeno, per cui, genericamente, le reazioni accompagnate alla combustione sono le seguenti:



dove E_1 , E_2 ed E_3 sono le energie sviluppate nelle reazioni suddette e valgono, rispettivamente:

$$E_1 = 58.000 \text{ joule}$$

$$E_2 = 67.000 \text{ joule}$$

$$E_3 = 114.000 \text{ joule}$$

Come si vede, si tratta di notevoli quantità di energia liberata, evidenza che chiunque abbia avuto a che fare con un incendio non controllato ha potuto sperimentare direttamente.

Da quanto sopra discende che i prodotti comuni di tutte le combustioni sono il monossido di carbonio (CO) (ossido di carbonio, secondo la nomenclatura IU-

PAC), l'anidride carbonica (CO_2) (diossido di carbonio) e acqua sotto forma di vapore (H_2O) (diossido di idrogeno).

Tra questi, solamente il monossido di carbonio è dannoso per l'uomo, benché anche gli altri due, provocando una consistente diminuzione della quantità di ossigeno presente nell'aria, provochino asfissia.

Nonostante questa non sia la sede più appropriata, è comunque importante citare gli effetti del monossido di carbonio sull'uomo: sono, infatti, molti gli incidenti con esito letale che, purtroppo, ogni anno si registrano in Europa. L'intossicazione da monossido di carbonio è infatti una delle cause più frequenti di intossicazione per inalazione che può avere effetti letali. Il monossido di carbonio è un gas incolore e inodore che deriva dalla combustione incompleta degli idrocarburi, generalmente metano o propano, secondo la reazione chimica 1) descritta sopra. Comuni fonti di avvelenamento da questo gas comprendono incendi, sistemi di ventilazione delle autovetture non sicuri o guasti, fornaci, caldaie a gas metano, GPL, gasolio o cherosene, caminetti a legna o a carbone.

1.3. Le fasi dell'incendio

Assumendo come base l'andamento grafico della curva di figura 1.1, che rappresenta la curva temperatura-tempo in un incendio reale, possiamo individuare i seguenti tratti:

- tratto A-B: sviluppo;
- tratto B-C: incendio generalizzato;
- tratto C-D: estinzione.

All'interno del tratto di sviluppo dell'incendio, si è soliti distinguere un tratto ad andamento sostanzialmente rettilineo (A-A1), in cui la temperatura cresce proporzionalmente al tempo trascorso dal momento dell'innesco, e un secondo tratto (A1-B), ad andamento esponenziale, in cui la temperatura cresce molto più rapidamente. Questo comportamento è dovuto alla differenza di condizioni al contorno che caratterizzano i due tratti: nel tratto A-A1, infatti, a causa dell'evaporazione delle fasi umide dei combustibili, delle elevate dispersioni e della cessione del calore alle strutture, la temperatura cresce relativamente lentamente, mentre nel tratto A1-B aumenta notevolmente la produzione di gas di distillazione, ossia di gas prodotti dalle sostanze combustibili in presenza di elevate temperature (pirolisi), i quali, combinandosi con l'aria, danno luogo ad elevate quantità di miscele di gas, collocati entro l'intervallo di infiammabilità, che, a loro volta, trasportano la combustione verso materiali che ancora non ne erano stati interessati.

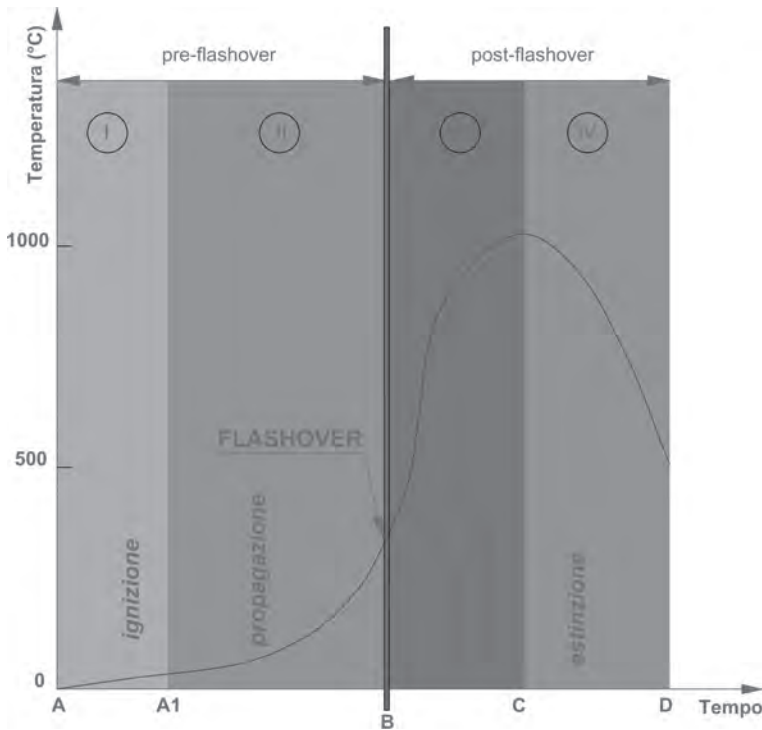


Figura 1.1. Andamento delle temperature in funzione del tempo in un incendio

La fase di sviluppo e accrescimento dell'incendio, convenzionalmente, termina al punto B, che definisce il punto di flashover, o incendio generalizzato, in cui tutto il materiale combustibile è interessato dal fenomeno, a causa dell'elevato calore di irraggiamento sviluppato nella combustione. Convenzionalmente, il fenomeno del flashover assume una certa importanza negli studi di prevenzione degli incendi: si tende, infatti, a tenersi alla maggior distanza possibile dalle condizioni di temperatura e pressione che lo possono determinare in presenza di un incendio non controllato.

1.4. I combustibili

Come conseguenza di quanto visto fino ad ora, si definisce combustibile una sostanza chimica che può essere ossidata nel processo di combustione, producendo, nella stessa, una determinata quantità di energia termica. Naturalmente la definizione di combustibile si estende alle miscele di sostanze, e, in generale, a tutti i materiali solidi, liquidi e gassosi che sono suscettibili di partecipare ad una reazione di combustione producendo energia termica. Particolarmente importan-

te, per i combustibili, è la cosiddetta temperatura di autoignizione, alla quale occorre portare il combustibile affinché si inneschi e autoalimenti una combustione completa del materiale.

Tabella 1.1. Temperatura di autoignizione di alcuni combustibili

Sostanza	Temperatura di autoignizione (°C)
Acetaldeide	175
Acetone	465
Benzene	560
n-Butano	405
Carta	230
Celluloide	137
Cloroformio	192
n-Esano	225
Etano	515
Etilene	490
Fosforo	260
Glicerina	400
Idrogeno	500
Legno	300
Metano	537
Propano	470
Propilene	458
Toluene	535
Zolfo	243

La tabella 1.1 è utile soprattutto per inquadrare il livello di rischio cui si è soggetti nello svolgimento di un'attività: anche la banale archiviazione delle pellicole in film (fotografiche, radiografiche o cinematografiche), ad esempio, assume livelli di rischio diversi a seconda che si tratti di film con supporto in policarbonato o in celluloide. Quest'ultima sostanza, oramai quasi sconosciuta, è infatti una materia plastica inventata nella seconda metà del XIX secolo, costituita da nitrocellulosa con una percentuale del 10% circa di azoto e plastificata su di un lato con canfora, che brucia con estrema facilità, molto rapidamente e con elevato sviluppo di energia. Inoltre, come si può vedere dalla tabella, la sua temperatura di autoignizione è molto bassa, dell'ordine dei 135°C. La conservazione di tale sostanza pone, quindi, diversi problemi tecnici dal punto di vista della prevenzione incendi, come si vedrà nel seguito della trattazione, e costituisce un rischio da non sottovalutare.

All'interno della categoria dei combustibili, particolare importanza riveste il concetto di sostanza infiammabile, o, più semplicemente, infiammabile.

1.4.1. Infiammabili

Si definiscono infiammabili le sostanze gassose che, a contatto con l'aria, si combinano in miscele che, entro determinate concentrazioni (campo di infiammabilità) e ad una certa temperatura (temperatura di infiammabilità), possono, in presenza di una fonte di innesco, dare luogo ad una combustione. La definizione di infiammabile si applica anche ai liquidi, in quanto, sulla superficie degli stessi, si crea uno strato di vapori che, ai fini della combustione, hanno il medesimo comportamento dei gas infiammabili.

Per *campo di infiammabilità* si intende invece l'intervallo di concentrazione del vapore o di un gas entro il gas comburente (generalmente la miscela che costituisce l'aria) nel quale, per effetto di un innesco, può avvenire la combustione.

Tabella 1.2. Limiti di infiammabilità di alcune sostanze

Sostanza	Limiti di infiammabilità (percentuale in volume di gas)	
	Inferiore	Superiore
Acetone	2,6	12,8
Ammoniaca	15	18
Benzene	0,7	25
Benzina	1,0	6,5
Gasolio	0,6	6,5
Idrogeno	4,2	74
Metano	5,3	15
Ossido di etilene	3,0	100
Propano	2,2	9,5
Propilene	2,0	10,5
Toluene	1,5	7

Il *limite di infiammabilità* è caratterizzato da un estremo inferiore (limite inferiore) che costituisce la concentrazione minima al di sotto della quale non può avvenire la combustione, e un estremo superiore (limite superiore) che costituisce, invece, la massima concentrazione, al di sopra della quale, per scarsità di comburente (ossigeno), la combustione non può avvenire. Questi limiti di concentrazione sono influenzati dalla temperatura e dalla pressione: all'incremento della temperatura, infatti, tende ad abbassarsi il limite inferiore e ad innalzarsi quello superiore, mentre lo stesso effetto si manifesta all'aumentare della pressione. Un altro parametro importante, per caratterizzare gli infiammabili, è il

cosiddetto *punto di infiammabilità*, cioè la temperatura alla quale una miscela di gas, che si trovi all'interno del campo di infiammabilità come sopra definito, può entrare in combustione qualora venga a contatto con una sorgente di innesco. In passato tale temperatura è stata considerata molto importante, al punto da essere stata inglobata addirittura nella normativa tecnica: il Decreto ministeriale del 31/07/1934 "Approvazione delle norme di sicurezza per la lavorazione, l'immagazzinamento, l'impiego o la vendita di oli minerali, e per il trasporto degli oli stessi" definisce infatti i liquidi infiammabili come di categoria A qualora il loro punto di infiammabilità sia inferiore a 21°C, di categoria B qualora il loro punto di infiammabilità sia compreso tra 21°C e 65°C e di categoria C qualora il loro punto di infiammabilità sia superiore a 65°C (e inferiore a 120°C oppure 150°C a seconda della loro natura).

Oggi, con l'evolversi della normativa ma, soprattutto, con l'evolversi delle tecniche di protezione e delle strategie di prevenzione, tale indicatore è considerato molto meno rilevante di quanto non fosse nel 1934: peraltro la definizione di infiammabilità di una sostanza è rimasta, nel tempo, sempre la medesima.

ESERCITAZIONE 1

Determinare la quantità massima di toluene che può essere conservata in un laboratorio di dimensioni 15 × 8 m con altezza utile netta di 3,00 m, per rimanere entro i limiti di infiammabilità della sostanza.

Il toluene (noto anche come toluolo, nome IUPAC metilbenzene) è un idrocarburo aromatico; viene usato come solvente in sostituzione del più tossico benzene, cui somiglia sotto diversi aspetti. È anche contenuto nella benzina. La sua formula bruta è C₇H₈, la sua massa molecolare è 92,14, la sua temperatura di autoignizione (tabella 1.1) è di 535°C, i limiti di infiammabilità inferiore e superiore sono rispettivamente 1,5 e 7% in aria (tabella 1.2).

Non volendo correre alcun rischio, a favore di sicurezza, stabiliamo la massima concentrazione di vapori di toluene al 1,3% del volume del laboratorio, senza considerare alcun ricambio d'aria all'interno dello stesso.

Avremo:

$$\text{Volume netto del laboratorio} = 15 \times 8 \times 3 = 360 \text{ m}^3$$

$$\text{Massima quantità di toluene in volume} = 360 \times 1,5/100 = 5,4 \text{ m}^3$$

Ricordando, dalla chimica, che 1 mole di sostanza occupa, a temperatura di 0°C e alla pressione di 101.325 Pa, 0,0022414 m³, per riportarci alla

2. La normativa

2.1. Generalità

La normativa italiana in materia di prevenzione degli incendi è particolarmente complessa, data la presenza di diversi soggetti che sono stati, in tempi e modi differenti, deputati all'emanazione delle stesse. Questo ha generato, nel tempo, un apparato bizantino di leggi, decreti, circolari e lettere circolari che rendono difficilmente districabile il contesto normativo all'interno del quale l'attività assoggettata ai controlli deve svilupparsi. Nel seguito proveremo ad orientare il lettore in questa giungla normativa alla ricerca dei riferimenti tecnici per la progettazione e per la gestione delle attività. Ciò che è innegabile è che, dal 2007, sono presenti nella nostra normativa due sistemi paralleli di norme tecniche: le più datate costituiscono il corpus di regole di tipo prescrittivo (cosiddette regole tecniche verticali), che indicano in tutto e per tutto il contesto tecnico di prevenzione incendi entro cui il progettista di un'attività deve muoversi per ottenere, al termine del processo di progettazione e realizzazione dell'opera, la conformità normativa. Le norme più recenti, per lo più basate sul cosiddetto approccio prestazionale, garantiscono maggiore libertà al progettista, fornendo soluzioni definite conformi, cui per scelta il progettista può uniformare l'attività, ma prevedono anche soluzioni equivalenti in quanto a sicurezza antincendi, e sono dette prestazionali, proprio perché privilegiano la prestazione ottenibile piuttosto che la strada (obbligata) attraverso la quale ottenerla.

La norma base dell'attuale corpus normativo è il D.P.R. 1 agosto 2011, n. 151 "Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi, ...", che, all'allegato I, riporta un elenco delle attività soggette alle visite e ai controlli di prevenzione incendi. Queste attività sono classificate, in base alla loro complessità, estensione, quantità di merci previste, in tre categorie, denominate A, B e C. Per le attività di categoria A, il percorso che porta all'ottenimento della conformità antincendi passa semplicemente attraverso una segnalazione certificata di inizio attività (SCIA), redatta da un tecnico qualificato, che ne attesta la conformità ai sensi della normativa tecnica applicabile e ne allega il progetto di prevenzione degli incendi. Per le attività di

categoria B, invece, deve essere acquisito preliminarmente il parere sul progetto del Comando provinciale dei vigili del fuoco di riferimento, dopodiché sarà possibile, come per le attività di categoria A, depositare una SCIA, sempre redatta da un tecnico qualificato iscritto agli elenchi del Ministero degli Interni degli specialisti in materia, che ne attesti la conformità al progetto di prevenzione degli incendi testé approvato. Infine, analogo percorso è previsto per le attività di categoria C, con l'unica differenza che, successivamente al deposito della SCIA, il Comando dispone un sopralluogo obbligatorio da parte di un funzionario che verifica la conformità di quanto realizzato al progetto di prevenzione degli incendi approvato, e si accerta della veridicità delle attestazioni rese dal professionista. Al termine di questo percorso, il Comando rilascia il certificato di prevenzione incendi per l'attività, con validità temporale pari a 5 anni (in casi specifici previsti dal D.P.R. 151/2011, 10 anni).

Tabella 2.1. Allegato A al D.P.R. 1 agosto 2011, n. 151. Elenco delle attività soggette alle visite e ai controlli di prevenzione incendi – modificata con ulteriori riferimenti: nella colonna * è riportata l'equivalenza con le attività previste nel vecchio D.M. 16/02/1982 ora abrogato; nella colonna "D.M. 3/8/2015" è rappresentata l'applicabilità o meno del cosiddetto "Codice di Prevenzione Incendi", appunto D.M. 3 agosto 2015, alla specifica attività, mentre nella colonna "Norma" sono riportate le norme tecniche prescrittive o prestazionali specifiche emanate per l'attività

Attività		*	D.M. 3/8/2015	Norma	
1	1.1.C	Stabilimenti ed impianti ove si producono e/o impiegano gas infiammabili e/o comburenti con quantità globali in ciclo superiori a 25 Nm ³ /h	1 9 10 11	No	
2	2.1.B	Impianti di compressione o di decompressione dei gas infiammabili e/o comburenti con potenzialità > 50 Nmc/h e fino a 2,4 MPa	2	No	
	2.2.C	Impianti di compressione o di decompressione dei gas infiammabili e/o comburenti con potenzialità > 50 Nmc/h			
3	3.1.B	Rivendite di gas infiammabili compressi in recipienti mobili con capacità geometrica complessiva > 0,75 mc	3	No	Circolare n. 74 del 20/9/1956 depositi di bombole GPL D.M. 14/5/2004 depositi GPL fino a 13 m ³ D.M. 13/10/1994 depositi GPL fissi superiori a 5 m ³ e mobili superiori 5.000 kg
	3.2.B	Depositi di gas infiammabili compressi in recipienti mobili con capacità geometrica complessiva da 0,75 a 10 mc			
	3.3.C	Depositi di gas infiammabili compressi in recipienti mobili con capacità geometrica complessiva > 10 mc			
	3.4.C	Impianti di riempimento di gas infiammabili compressi in recipienti mobili con capacità geometrica complessiva > 0,75 mc			
	3.5.A	Depositi di gas infiammabili disciolti o liquefatti (GPL) in recipienti mobili, con massa complessiva da 75 a 300 kg			
	3.6.B	Rivendite di gas infiammabili disciolti o liquefatti (GPL) in recipienti mobili, con massa complessiva > 75 kg			
	3.7.B	Depositi di gas infiammabili disciolti o liquefatti (GPL) in recipienti mobili, con massa complessiva da 300 kg a 1000 kg			
	3.8.B	Depositi di gas infiammabili disciolti o liquefatti (non GPL), in recipienti di massa complessiva < 1000 kg			
	3.9.C	Depositi di gas infiammabili disciolti o liquefatti (GPL) in recipienti mobili, con massa complessiva > 1000 kg			
	3.10.C	Impianti riempimento di gas infiammabili disciolti o liquefatti in recipienti mobili di massa complessiva > 75 kg			
4	4.1.B	Depositi di gas infiammabili compressi, in serbatoi fissi di capacità geometrica complessiva da 0,75 a 2 mc	4	No	Circolare n. 74 del 20/9/1956 depositi di bombole GPL D.M. 14/5/2004 depositi GPL fino a 13 m ³ D.M. 13/10/1994 depositi GPL fissi superiori a 5 m ³ e mobili superiori 5.000 kg
	4.2.C	Depositi di gas infiammabili compressi, in serbatoi fissi di capacità geometrica complessiva > 2 mc			
	4.3.A	Depositi di gas infiammabili disciolti o liquefatti (GPL) in serbatoi fissi di capacità geometrica complessiva da 0,3 a 5 mc			
	4.4.B	Depositi gas infiammabili disciolti o liquefatti (non GPL) in serbatoi fissi di capacità geometrica complessiva da 0,3 a 5 mc			
	4.5.B	Depositi di gas infiammabili disciolti o liquefatti (GPL) in serbatoi fissi di capacità geometrica complessiva da 5 a 13 mc			
	4.6.C	Depositi gas infiammabili disciolti o liquefatti (non GPL) in serbatoi fissi di capacità geometrica complessiva > 5 mc			
	4.7.C	Depositi di gas infiammabili disciolti o liquefatti (GPL) in serbatoi fissi di capacità geometrica complessiva > 13 mc			

Attività		*	D.M. 3/8/2015	Norma	
5	5.1.B	Depositi di gas comburenti compressi e/o liquefatti in serbatoi fissi e/o recipienti mobili per capacità geometrica complessiva da 3 a 10 mc	5	No	
	5.2.C	Depositi di gas comburenti compressi e/o liquefatti in serbatoi fissi e/o recipienti mobili per capacità geometrica complessiva da > 10 mc			
6	6.1.A	Reti di trasporto e di distribuzione di gas infiammabili, compresi quelli di origine petrolifera o chimica, di densità relativa < 0,8 e pressione da 0,5 a 2,4 MPa	6	No	
	6.2.B	Reti di trasporto e di distribuzione di gas infiammabili, compresi quelli di origine petrolifera o chimica, con pressione > 2,4 MPa			
7	7.1.C	Centrali di produzione di idrocarburi liquidi e gassosi e di stoccaggio sotterraneo di gas naturale, piattaforme fisse e strutture fisse assimilabili, di perforazione e/o produzione di idrocarburi di cui al decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1979, n. 886 e al decreto legislativo 25 novembre 1996, n. 624	96	No	
8	8.1.B	Oleodotti con diametro superiore a 100 mm	97	No	
9	9.1.B	Officine e laboratori con saldatura e taglio dei metalli utilizzando gas infiammabili e/o comburenti (da 5 a 10 addetti)	8	Sì	
	9.2.C	Officine e laboratori con saldatura e taglio dei metalli utilizzando gas infiammabili e/o comburenti (oltre 10 addetti)			
10	10.1.B	Stabilimenti e impianti ove si producono e/o impiegano, liquidi infiammabili e/o combustibili con punto di infiammabilità fino a 125°C, con quantitativi globali in ciclo e/o in deposito da 1 a 50 mc	12 13 19	sì	
	10.2.C	Stabilimenti e impianti ove si producono e/o impiegano, liquidi infiammabili e/o combustibili con punto di infiammabilità fino a 125°C, con quantitativi globali in ciclo e/o in deposito > 50 mc			
11	11.1.B	Stabilimenti e impianti per la preparazione di oli lubrificanti, oli diatermici e simili, con punto di infiammabilità superiore a 125°C, con quantitativi globali in ciclo e/o in deposito da 5 a 100 mc	14	Sì	D.M. 31/7/1934 oli minerali
	11.2.C	Stabilimenti e impianti per la preparazione di oli lubrificanti, oli diatermici e simili, con punto di infiammabilità superiore a 125°C, con quantitativi globali in ciclo e/o in deposito > 100 mc			
12	12.1.A	Depositi e/o rivendite di liquidi con punto di infiammabilità sopra i 65°C, con capacità da 1 a 9 mc (esclusi liquidi infiammabili)	15 16 17 20	Sì	D.M. 31/7/1934 oli minerali
	12.2.B	Depositi e/o rivendite di liquidi con punto di infiammabilità sopra i 65°C, con capacità superiore a 9 e fino 50 mc; depositi e/o rivendite di liquidi infiammabili con capacità da 1 a 50 mc			
	12.3.C	Depositi e/o rivendite di liquidi infiammabili e/o combustibili e/o oli lubrificanti, diatermici, di qualsiasi derivazione, di capacità geometrica complessiva superiore a 50 mc			

3. La valutazione del rischio

3.1. Generalità

La valutazione del rischio di incendio è un procedimento attraverso il quale si giunge a definire il livello di rischio e si programmano le azioni e le misure da adottare per minimizzarlo. Il rischio incendio è definito, in modo semplice ed accessibile, come il prodotto fra la probabilità di accadimento dell'evento e il danno inteso come conseguenze, che questo può provocare, secondo la formula:

$$L = F \cdot M$$

in cui L è il livello di rischio, F è la frequenza di accadimento ed M è la magnitudo del danno potenziale.

La frequenza è determinata con metodi statistici che tengono conto della tipologia di fenomeno in rapporto alle condizioni in cui l'evento ha avuto luogo: la riduzione della frequenza, pertanto, si ottiene con misure tecniche di prevenzione. La magnitudo del danno, per contro, può essere efficacemente ridotta ricorrendo a misure di protezione, tese a minimizzare gli effetti di un eventuale incendio. La valutazione del rischio, applicata agli incendi, permette di individuare il livello di esposizione al rischio specifico in ogni ambiente, sia esso sede di lavoro o meno.

In particolare, il livello che emerge dalla valutazione esprime la probabilità che l'evento incendio accada e descrive le possibili conseguenze dannose per le persone e i beni presenti all'interno dell'ambiente, ma anche nei dintorni di esso. Stabilire il livello di esposizione al rischio di incendio consente, fra le altre cose, di individuare azioni e misure tecniche volte a minimizzare le cause di innesco e ridurre la velocità di propagazione.

Il procedimento di valutazione dei rischi è stato applicato ai luoghi di lavoro già dall'apparire, in Italia, del D.Lgs. 626, nel 1994: il rischio di incendio è infatti uno tra quelli che devono essere valutati per norma (ora il D.Lgs. 81/2008, co-

siddetto “Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro”). Ebbene, tale metodologia di lavoro può essere riprodotta per qualsiasi ambiente, anche domestico o istituzionale aperto al pubblico. Per questo motivo, anche se nel seguito della trattazione si parlerà prevalentemente di luoghi di lavoro, lo si farà solamente per evitare inutili appesantimenti e noiose ripetizioni, mentre dovrà essere mantenuto costantemente a mente che detti ragionamenti possono essere estesi a qualsiasi ambiente, finanche, come si vedrà, a luoghi aperti fisicamente confinati, mediante le metodologie introdotte dalla recente svolta normativa (D.M. 3 agosto 2015 modificato con il D.M. 18 ottobre 2019).

3.2. Metodi basati sulla normativa di sicurezza sul lavoro

Il più comune e diffuso metodo di valutazione del rischio di incendio è quello descritto dal D.M. 10 marzo 1998 “Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell’emergenza nei luoghi di lavoro”, il quale costituisce, a sua volta, un decreto attuativo del D.Lgs 626 del 19 settembre 1994. Benché il decreto legislativo di riferimento sia oggi il D.Lgs. 81 del 9 aprile 2008, ugualmente il testo, immutato, costituisce un riferimento tecnico fondamentale per la valutazione del rischio di incendio nei luoghi di lavoro, in attesa di un’evoluzione normativa già prevista.

Nella pratica professionale, evolutasi negli anni per giungere ad una sempre più puntuale applicazione di questo decreto, la valutazione dei rischi si sviluppa attraverso diverse fasi, mediante le quali è identificata la migliore strategia antincendio, tra le possibili, da adottare nel luogo di lavoro, e più in generale nell’ambiente esaminato.

Per identificare i pericoli di incendio, dunque, devono essere innanzitutto individuati tutti i materiali combustibili e infiammabili presenti nel luogo di lavoro e nelle diverse parti di esso. In questo senso, i combustibili possono essere classificati in solidi, liquidi e gassosi in base allo stato fisico in cui si trovano a temperatura e pressione ambiente.

Vediamo di scendere nel dettaglio:

COMBUSTIBILI SOLIDI

Sono materiali molto usati, non necessariamente per la produzione di calore, quindi largamente presenti nei più comuni luoghi di lavoro. Tra i combustibili solidi naturali, il più importante, per il diffuso utilizzo e per la numerosità dei suoi derivati, è il legno. La temperatura di ignizione del legno è piuttosto contenuta, intorno ai 300 °C; ciò lo rende un materiale che, quando innescato, brucia facilmente, favorendo anche la propagazione dell’incendio. Altri combustibili

solidi che sono di utilizzo comune nei luoghi di lavoro, ma che sono presenti in grandi quantità anche nei locali commerciali, in cui vi è una elevata concentrazione di pubblico, sono i materiali plastici, che, come abbiamo visto nel capitolo 1, producono, durante la combustione, quantità di calore notevolmente superiori a quelle prodotte dalla medesima quantità di legno, ma anche un derivato del legno, la carta, che è quasi universalmente presente, e che, in fogli, costituisce un formidabile mezzo per la propagazione rapida dell'incendio. Un altro fattore, infatti, che influisce sullo sviluppo dell'incendio è la frammentazione del combustibile, sia esso solido o liquido, il quale, ridotto in piccole particelle migliora la miscelazione con l'aria (comburente), aumentando a sua volta la velocità di combustione. È infatti noto a tutti, ad esempio, che un grosso ceppo di legno brucia più lentamente dello stesso volume di legno ridotto in legnetti, così come è altrettanto noto che per fare bruciare più rapidamente una rivista è necessario strappare le singole pagine. Nella valutazione dei rischi correlati alla presenza di combustibili solidi, si dovrà quindi tenere conto anche della pezzatura dei materiali, che influirà sulla determinazione del livello di rischio.

COMBUSTIBILI LIQUIDI

Si distinguono in artificiali e naturali. Tra questi ultimi sono classificati i derivati del petrolio (benzine, alcol, oli ecc.), di gran lunga più utilizzati rispetto ai combustibili liquidi artificiali. La combustione, anche per questi materiali, si sviluppa solo se c'è presenza contemporanea del combustibile, di un comburente (aria) e di un'energia di attivazione (temperatura di infiammabilità), come già visto in precedenza. Ricordiamo infatti che con i liquidi, per provocare l'incendio, il combustibile, formato dai vapori, deve miscelarsi con l'ossigeno dell'aria in concentrazioni comprese nel campo di infiammabilità. I parametri per valutare la pericolosità dei liquidi infiammabili sono dunque legati al campo e alla temperatura di infiammabilità. Valori bassi della temperatura di infiammabilità implicano, dunque, una maggiore pericolosità del combustibile. Della presenza di liquidi infiammabili si dovrà tenere particolarmente conto nel procedimento di valutazione del rischio, costituendo gli stessi una delle principali cause di rapido sviluppo di incendi non controllati.

COMBUSTIBILI GASSOSI

Fra i combustibili gassosi naturali, i più diffusi sono gli idrocarburi: metano, etano, propano e butano. Il comune gas, stoccato in bombole da cucina o in serbatoi da esterni, ad esempio, è composto da propano e butano che, opportunamente miscelati, formano il cosiddetto GPL, acronimo che indica il gas di petrolio liquefatto. I gas combustibili sono, generalmente, molto puri e miscelati con l'aria

(e quindi con l'ossigeno) bruciano senza dare origine a sostanze incombuste e a fumi. Anche per i gas, ricordiamo che vale il discorso già fatto per i liquidi, sul campo di infiammabilità. Anche della presenza di impianti ed apparecchiature che utilizzino gas per il loro funzionamento si dovrà tenere adeguatamente conto nella valutazione dei rischi di incendio e di esplosione, essendo quest'ultima una conseguenza spesso letale di fughe incontrollate di gas da impianti o apparecchiature.

Ai fini della valutazione del rischio di incendio dovranno essere individuati i materiali che possono facilitare il rapido sviluppo di un incendio come, ad esempio, grandi quantitativi di carta, materiali da imballaggio, materiali plastici, legnami, vernici e i solventi infiammabili, i gas infiammabili ecc.

Parallelamente, in dettaglio, dovranno essere analizzate le condizioni ambientali che caratterizzano il luogo di lavoro in esame in relazione ai pericoli di incendio presenti. In questo senso, nei luoghi di lavoro, possono essere presenti sorgenti di innesco e fonti di calore che costituiscono cause potenziali di incendio e possono favorirne la propagazione: in alcuni casi, questi possono essere di immediata identificazione, in altri possono essere conseguenza di difetti meccanici o elettrici. Dunque, in questi ultimi casi, è necessario spingere la valutazione fino a prevedere rotture accidentali (e la probabilità che queste avvengano) o le conseguenze della mancata o ritardata manutenzione.

Procedendo con la valutazione dei rischi, dovranno essere identificate le sorgenti di calore che potrebbero causare l'innesco dei materiali combustibili, ad esempio l'utilizzo di fiamme libere, la presenza di attriti, macchine e apparecchiature non installate o utilizzate secondo le norme di buona tecnica, o da processi lavorativi che comportano presenza di fiamme o scintille, ad esempio il taglio, l'affilatura degli utensili o la saldatura.

Infine dovranno essere coerentemente identificati i gruppi omogenei di lavoratori nonché le altre persone estranee al processo produttivo ma eventualmente presenti e questi gruppi dovranno essere messi in relazione con il rischio di incendio riscontrato, in modo da attribuire a ciascuno un livello di rischio. Anche nelle situazioni in cui nessun lavoratore risulti particolarmente esposto, non devono essere dimenticate situazioni e casi specifici: ad esempio la presenza di persone incapaci di reagire prontamente in caso di incendio perché non conoscono l'ambiente, che magari frequentano occasionalmente (come il pubblico presente durante uno spettacolo), oppure perché impegnati in attività che riducono la percezione dell'evento (ad esempio orario di riposo nelle strutture ricettive) o, infine, per ridotte capacità percettive (bambini e disabili).



Acquistalo