

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA DELLA SICUREZZA CIVILE E INDUSTRIALE

**Tesi di Laurea Magistrale in
Ingegneria della sicurezza civile e industriale**

Analisi di effluenti tossici prodotti da incendio di stoccaggi di rifiuti

Relatore: Ing. Fabio Dattilo

Correlatore: Ing. Chiara Vianello

Laureanda: GIULIA DE CET

ANNO ACCADEMICO 2017-2018

Ai miei nonni

Sommario

Introduzione	7
CAPITOLO 1: Il corpo legislativo in materia di rifiuti	9
1.1 <i>Linee guida per la gestione operativa degli stoccaggi negli impianti gestione dei rifiuti e per la prevenzione dei rischi</i>	9
1.2 <i>Prescrizioni generali delle linee guida</i>	11
1.3 <i>Modalità di gestione</i>	14
CAPITOLO 2: Analisi incidentale	19
2.1 <i>Il fenomeno degli incendi negli impianti di trattamento e smaltimento di rifiuti</i>	19
2.2 <i>Il caso della terra dei fuochi</i>	21
CAPITOLO 3: L'incendio e la valutazione del rischio	25
3.1 <i>L'incendio</i>	25
3.2 <i>Effetto dei sistemi automatici di controllo dell'incendio</i>	35
3.3 <i>Il rischio</i>	37
3.4 <i>Analisi del rischio e prevenzione incendi</i>	41
CAPITOLO 4: La prevenzione incendi	43
4.1 <i>Evoluzione normativa in materia di prevenzione incendi</i>	43
4.2 <i>Il D.P.R. 151</i>	44
4.3 <i>Normativa vigente ed applicabile</i>	48
4.4 <i>Il codice di prevenzione incendi</i>	48
4.5 <i>Casi studi e scelte progettuali</i>	53
4.5.1 <i>Caso studio 1</i>	56
4.5.1.1 <i>Reazione al fuoco (S.1)</i>	57
4.5.1.2 <i>Resistenza al fuoco (S.2)</i>	58
4.5.1.3 <i>Compartimentazione (S.3)</i>	63
4.5.1.4 <i>Esodo (S.4)</i>	64
4.5.1.5 <i>Gestione della sicurezza antincendio (S.5)</i>	65
4.5.1.6 <i>Controllo dell'incendio (S.6)</i>	68
4.5.1.7 <i>Rivelazione ed allarme (S.7)</i>	72
4.5.1.8 <i>Controllo di fumi e calore (S.8)</i>	74
4.5.1.9 <i>Operatività antincendio (S.9)</i>	77
4.5.1.10 <i>Sicurezza degli impianti tecnologici e di servizio (S.10)</i>	79
4.5.1.11 <i>Riassunto livelli di prestazione</i>	80
4.5.2 <i>Caso studio 2</i>	80

4.5.2.1 Reazione al fuoco (S.1)	81
4.5.2.2 Resistenza al fuoco (S.2)	81
4.5.2.3 Compartimentazione (S.3)	84
4.5.2.4 Esodo (S.4)	84
4.5.2.5 Gestione della sicurezza antincendio (S.5)	84
4.5.2.6 Controllo dell'incendio (S.6)	84
4.5.2.7 Rivelazione ed allarme (S.7)	84
4.5.2.8 Controllo fumi e calore (S.8)	84
4.5.2.9 Operatività antincendio (S.9)	85
4.5.2.10 Sicurezza degli impianti tecnologici e di servizio (S.10)	85
4.5.2.11 Riassunto livelli di prestazione	85
4.5.3 <i>Verso una Regola tecnica Verticale</i>	86
4.5.3.1 Scopo e campo di applicazione	87
4.5.3.2 Termini e definizioni	87
4.5.3.3 Classificazioni	88
4.5.3.4 Strategia antincendio	89
4.6 Sistemi di rilevazione incendi nei siti di stoccaggio	92
4.6.1 Sistemi di rilevazione precoce: la termocamera	92
4.6.2 Trasmissione del calore attraverso radiazione elettromagnetica	93
4.6.3 Connettività	95
4.6.4 Requisiti per le aree	96
4.6.5 Progettazione e certificazione del sistema di rilevazione	96
CAPITOLO 5: Simulazioni di rilasci con Aloft	97
5.1 <i>La combustione delle materie plastiche</i>	97
5.1.1 Le materie plastiche	97
5.1.2 Combustione delle materie plastiche	99
5.1.3 Il flusso radiante	99
5.1.4 Prodotti della combustione	100
5.1.5 Il pennacchio	102
5.2 <i>Il Software ALOFT – PC</i>	104
5.2.1 Introduzione al Software	105
5.2.2 Modello matematico	105
5.2.3 Metodo numerico	107

5.2.4 Inserimento dei dati in ALOFT	108
5.2.5 Deviazioni del vento	108
5.2.6 Distanza sottovento	109
5.2.7 Curva di rilascio termico	110
5.2.8 Flusso delle particelle	110
5.3 Simulazioni	110
5.3.1 Definizione dei parametri per le simulazioni.....	110
5.3.2 Casi studio: Polietilene (PE)	114
5.3.4 Casi studio: Polistirene (PS)	130
5.3.5 Casi studio: Cloruro di Polivinile (PVC)	146
CAPITOLO 6: Conclusioni	163
Glossario	166
Sigle	169
Riferimenti normativi	170
Eventi di incendio in impianti di trattamento, smaltimento, recupero dei rifiuti verificatisi nel periodo 2014-2017	171
Riferimenti bibliografici	181
Ringraziamenti.....	182

Introduzione

Il territorio nazionale negli ultimi anni è stato frequentemente interessato da incendi in impianti di stoccaggio dei rifiuti sia di matrice incidentale che dolosa. Per prevenire tali fenomeni il Ministero dell’Ambiente, in data 15 marzo 2018, ha emanato la circolare recante le *“Linee guida per la gestione operativa degli stoccaggi negli impianti di gestione dei rifiuti e per la prevenzione dei rischi”*. La circolare individua i comuni criteri operativi per la gestione dei depositi di stoccaggio di rifiuti e fornisce gli strumenti utili per definire i rischi e quindi le modalità più opportune per prevenire tali eventi.

Le attività di stoccaggio di rifiuti devono rispondere ad una serie di normative che prevedono da parte del datore di lavoro un’attenta valutazione dei rischi connessi all’esercizio dell’impianto. È ovviamente necessario che siano adottate tutte le misure di prevenzione e protezione atte a ridurre i rischi connessi allo sviluppo di incendi.

Da tali linee guida emerge la continua necessità di elaborare adeguate procedure e metodologie nel campo della prevenzione e quindi di produrre circolari, linee guida e Regole tecniche verticali (RTV) al fine di orientare al meglio l’utenza.

L’obiettivo di questa tesi è supportare e avvalorare i testi sopra citati attraverso simulazioni di dispersione nell’ambiente degli effluenti tossici prodotti in caso di incendio in un sito di stoccaggio con l’ausilio di un software dedicato.

Inizialmente è stata eseguita una ricerca di tipo bibliografico al fine di verificare lo stato dell’arte in questa materia. Il tema, sicuramente d’attualità, è ricco di spunti, osservazioni e pareri ma non è possibile ignorare quanto l’attenzione sia rivolta prevalentemente verso gli aspetti legati a stoccaggio e smaltimento dei rifiuti piuttosto che verso le conseguenze di un possibile incendio delle sostanze che li compongono.

Dopo un’attenta analisi bibliografica è stata condotta un’analisi incidentale storica con particolare attenzione al fenomeno tristemente noto come *“Terra dei Fuochi”*.

Dopo la seconda parte, di carattere introduttivo, sono state individuate tutte le attività soggette ai controlli di prevenzione incendi rilevanti ai fini di questo studio e dei procedimenti di prevenzione incendi da attivare in ciascuno di questi casi. Questa terza parte si può ritenere conclusa con l’individuazione delle normative e dei criteri di sicurezza antincendio vigenti da applicare nei casi in esame.

La prevenzione incendi ha la funzione preminente diretta a conseguire, secondo criteri uniformi sul territorio italiano, gli obiettivi di sicurezza della vita umana, di incolumità delle persone e di tutela dei beni e dell'ambiente attraverso la promozione, lo studio, la predisposizione e la sperimentazione di norme, misure antincendio, provvedimenti, accorgimenti e modi di azione intesi ad evitare l'insorgenza di un incendio e degli eventi ad esso comunque connessi o a limitarne le conseguenze. A livello normativo si trova il D.P.R. 1 agosto 2011, n. 151 che regola la disciplina dei procedimenti. In questo testo vengono identificate le attività soggette e le relative pratiche da attivare. Non è però stata ancora disciplinata una regola tecnica verticale secondo la struttura del Codice di prevenzione incendi applicabile in modo esplicito ed univoco ad attività come quelle che andremo a considerare. Saranno qui riportati due casi studio di attività soggette alle quali è stata applicata la RTO e da cui è stato possibile delineare i limiti che essa trova per questo tipo di attività. È sempre più indispensabile delineare dei criteri progettuali univoci, al fine di garantire la sicurezza strutturale, organizzativa e dell'individuo. Proprio per questo, dall'applicazione pratica a casi reali sono stati definiti i limiti ed evidenziati i punti che sarà necessario implementare per la redazione di una RTV per gli impianti di stoccaggio. Il nuovo Codice di prevenzione incendi delinea degli step sistematici progettuali di semplice applicazione così da facilitare ed ottimizzare la fase progettuale o di messa a norma delle strutture a cui esso si applica.

La modellazione dello scenario di incendio è stata eseguita con il programma ALOFT, nell'ultima parte di questo elaborato. Il software risolve equazioni fluidodinamiche fondamentali; l'interfaccia grafica contiene gli input e gli output e un database di parametri di emissione modificabile dall'utente.

CAPITOLO 1: Il corpo legislativo in materia di rifiuti

Il capitolo 1 descrive la normativa vigente in materia di gestione rifiuti e di prevenzione incendi per questa specifica categoria di lavorazione.

1.1 Linee guida per la gestione operativa degli stoccaggi negli impianti gestione dei rifiuti e per la prevenzione dei rischi

Visti i frequenti e diffusi incendi in impianti riguardanti i rifiuti, il Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha emanato il 15 marzo 2018 la Circolare ministeriale recante “Linee guida per la gestione operativa degli stoccaggi negli impianti di gestione dei rifiuti e per la prevenzione dei rischi”. È stato necessario un confronto tra Ministero dell’Ambiente, Dipartimento dei vigili del fuoco, agenzie ambientali e amministrazioni regionali al fine di stipulare un elenco condiviso di materie di prevenzione e protezione per quanto concerne gli impianti di stoccaggio e lavorazione dei rifiuti. In essa sono stati definiti alcuni criteri operativi al fine di garantire un’ottima gestione negli impianti. Per quanto riguarda lo smaltimento dei rifiuti e il recupero di essi è necessario il possesso dell’autorizzazione integrata ambientale, ottenuta mediante la procedura ordinaria ai sensi dell’art. 208 del d.lgs. 152/06, mentre per operazioni di solo recupero è sufficiente la procedura semplificata di cui all’art. 216 del d.lgs. 152/06. Fatto salvo il caso delle attività soggette di cui allegato I del D.P.R. 151 per le quali sarà necessario seguire le procedure previste, è stato individuato sia per il gestore sia per le autorità competenti il contesto autorizzativo ed operativo.

La garanzia finanziaria del richiedente deve essere proporzionale sia alla tipologia e quantità di rifiuti sia al rischio di incendio ad essi correlato, in conformità al principio di responsabilità. In molte regioni le garanzie finanziarie sono previste anche per le procedure semplificate. L’obiettivo è estendere tale obbligo su tutto il territorio nazionale.

L’attività deve ovviamente rispondere ad alcune normative. Il datore di lavoro deve valutare tutti i rischi presenti nel suo impianto ed adottare tutte le misure preventive e protettive necessarie al fine di garantire la tutela del lavoratore secondo quanto previsto sia dalla normativa sulla sicurezza nei luoghi di lavoro che dalle norme di prevenzione degli incendi. Prima di passare al il vasto argomento della gestione dell’emergenza è bene focalizzarsi

sull'importanza della prevenzione del rischio. Gli step da seguire per una corretta fase di prevenzione sono riportati in tabella 1.1.

Tabella 1.1 Fasi della prevenzione del rischio

Prevenzione	
1	ottimizzazione delle misure organizzative e tecniche nell'ambito di ciascun impianto in cui vengono effettuati stoccaggi di rifiuti
2	adeguata formazione del personale che opera negli impianti; - l'utilizzo di sistemi di monitoraggio e controllo
3	adeguata manutenzione delle aree, dei mezzi d'opera e degli impianti tecnologici, nonché degli eventuali impianti di protezione antincendi

Tutto è strettamente legato sia alla tipologia di rifiuto che alle attività svolte in quel determinato impianto. Le linee guida non analizzano le diverse casistiche ma definiscono delle pratiche di validità generale che possono essere applicate in tutte le tipologie di impianti.

La corretta e attenta progettazione degli spazi è una delle misure preventive più efficaci. Infatti, oltre a ridurre i rischi infortunistici può contribuire a ridurre i danni in caso di incendio. La corretta compartimentazione è infatti una delle misure di protezione passiva più importanti in quanto consente di rallentare l'evoluzione di un incendio, limitandone l'estensione per determinati intervalli di tempo.

Sempre restando nell'ambito della prevenzione anche la corretta e ordinata modalità di stoccaggio è di notevole importanza. I rifiuti solidi possono essere disposti di in cumuli mentre quelli liquidi sono posti in appositi contenitori in relazione alle proprietà chimico fisiche e alla pericolosità di essi. Oltre a questo dovranno essere opportunamente etichettati secondo quanto previsto dalla normativa e muniti di sistemi di sicurezza.

Il personale deve svolgere tutte le attività nel rispetto delle norme di sicurezza, deve essere opportunamente informato, formato ed addestrato a comportarsi in modo opportuno in caso di eventi pericolosi. Il personale deve essere dunque a conoscenza del rischio rappresentato dalla movimentazione dei rifiuti e della loro eventuale pericolosità soprattutto se specifica.

È necessario inoltre garantire l'adeguata ventilazione degli spazi chiusi, controllare il quantitativo di rifiuti stoccati e distribuirli in maniera adeguata.

L'impianto antincendio deve essere sempre in funzione ed in perfetta efficienza.

Tutte le misure di prevenzione fino ad ora evidenziate sono a tutti gli effetti delle prescrizioni generali, applicabili con piccole modifiche a depositi di combustibili di qualunque natura.

1.2 Prescrizioni generali delle linee guida

Per tutti gli impianti di gestione dei rifiuti sono stati individuati requisiti organizzativi e tecnici obbligatori. È comunque possibile, in fase di progettazione, discostarsi da questi requisiti purché vi sia l'approvazione dell'autorità competente.

I tre ambiti principali in materia di prescrizioni sono riportati in figura 1.1.

Figura 1.1 Ambiti in materia di prescrizione



Le aree di ubicazione degli impianti non devono essere:

- Sondabili;
- Instabili;
- Alluvionabili;

- comprese nelle fasce A e B individuate nei piani di assetto idrogeologico di cui alla legge 18 maggio 1989, n. 183 e s.m.i.

È consigliabile locare gli impianti in:

- zone per insediamenti industriali ed artigianali,
- zone industriali o di servizi dismesse.

In Tabella 1.2 sono riportate le aree da prevedere in un sito di stoccaggio.

Tabella 1.2 Organizzazione e requisiti fondamentali degli impianti in cui vengono effettuati stoccaggi di rifiuti

Organizzazione e requisiti fondamentali degli impianti in cui vengono effettuati stoccaggi di rifiuti	
1	area dotata di una struttura ad uso ufficio per gli addetti alla gestione, in cui sono situati i servizi igienici per il personale
2	area di ricezione dei rifiuti, destinata alle operazioni di identificazione del soggetto conferitore ed alle operazioni obbligatorie di pesatura/misura per verifica dei quantitativi di rifiuti effettivamente conferiti. Si ritiene indispensabile l'indicazione di una capacità massima di stoccaggio istantanea
3	area destinata allo stoccaggio dei rifiuti per categorie omogenee, adeguata per i quantitativi di rifiuti gestiti, e dotata di superficie impermeabile o pavimentata con una pendenza tale da convogliare gli eventuali liquidi in apposite canalette e in pozzetti di raccolta a tenuta
4	area per il deposito dei rifiuti fermentescibili adeguatamente attrezzata al controllo della temperatura degli stessi (ad esempio ambiente ombreggiato evitando l'uso dei teli, umidificazione e rivoltamenti della massa dei rifiuti)
5	adeguata separazione delle aree adibite allo stoccaggio delle diverse tipologie di rifiuti infiammabili
6	locale chiuso attrezzato, ovvero area coperta dotata di una pavimentazione di adeguata resistenza ed impermeabile, da destinarsi alla raccolta e stoccaggio dei rifiuti pericolosi, dei rifiuti non pericolosi allo stato liquido, e in generale di tutti quei rifiuti il

	cui processo di recupero può risultare inficiato dall'azione degli agenti atmosferici o che possono rilasciare sostanze dannose per la salute dell'uomo o dell'ambiente
7	locale chiuso attrezzato, ovvero area destinata al trattamento dei rifiuti (laddove l'impianti non effettui solo raccolta e stoccaggio) adeguata allo svolgimento delle operazioni da effettuarsi e dotata di adeguata copertura, di superfici impermeabili di adeguata pendenza, di apposita rete di drenaggio e di raccolta dei reflui, nonché di opportuni sistemi di aspirazione e trattamento dell'aria e di monitoraggio
8	area per il deposito delle sostanze da utilizzare per l'assorbimento dei liquidi in caso di sversamenti accidentali
9	adeguata viabilità interna per un'agevole movimentazione, anche in caso di incidenti
10	idonea recinzione lungo tutto il perimetro, provvista di barriera interna di protezione ambientale

È inoltre indispensabile che sia prevista un'area di emergenza per l'eventuale stoccaggio di rifiuti non conformi a quelli stoccati nell'impianto, sia in caso di consegna errata che in caso di rinvenimento durante la fase di scarico.

Le aree dedicate alla movimentazione devono essere impermeabilizzate e devono garantire la salvaguardia della falda dal percolato.

Le aree di stoccaggio devono essere contrassegnate in modo da permettere l'individuazione della natura e pericolosità dei rifiuti. È necessario apporre l'appropriata segnaletica.

Nelle linee guida sono descritti sia i recipienti fissi che quelli mobili. Vengono anche descritti i serbatoi per i rifiuti liquidi.

È molto importante in fase di progettazione munire l'attività di tutti gli impianti tecnologici e sistemi riportati in Tabella 1.3.

Tabella 1.3 Elenco degli impianti tecnologici, i sistemi di protezione e sicurezza ambientale da definire in fase di progettazione

.Impianti tecnologici e sistemi di protezione e sicurezza ambientale	
1	impianto o dispositivi antincendio conformi alle norme vigenti in materi
2	impianto di videosorveglianza, possibilmente con presidio h24
3	sistemi di rilevazione e allarme
4	impianto di aspirazione e trattamento dell'aria afferente ai locali in cui si effettuano specifiche operazioni di trattamento sui rifiuti
5	impianto per l'approvvigionamento e la distribuzione interna di acqua per servizi igienici, lavaggio piazzali, mezzi e contenitori, prevenzione e lotta antincendio
6	impianto elettrico antideflagrante (laddove necessario) per l'alimentazione delle varie attrezzature presenti realizzato in conformità alle norme vigenti
7	sistemi di convogliamento delle acque meteoriche dotati di pozzetti per il drenaggio, vasche di raccolta e di decantazione, muniti di separatori per oli, e di separazione delle acque di prima pioggia adeguatamente dimensionati
8	adeguato sistema di raccolta e di trattamento dei reflui, conformemente a quanto previsto dalla normativa vigente in materia ambientale e sanitaria
9	impianto di illuminazione, anche di sicurezza, interna ed esterna, realizzato in conformità alle norme vigenti
10	riscaldamento del locale ad uso ufficio realizzato in conformità alle normative vigenti
11	allacciamento alla rete telefonica o altra modalità di comunicazione del personale in servizio presso l'impianto con l'esterno (es. sistemi di telefonia mobile...);
12	impianto di produzione di acqua calda per i servizi igienici

1.3 Modalità di gestione

L'art. 13, comma 1, del decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 3 giugno 2014, n. 120 presenta le idoneità che il direttore tecnico dell'impianto deve avere al fine gestirlo. Tale figura deve sempre essere presente nell'impianto al fine che tutte

le disposizioni di sicurezza vengano rispettate. In tabella 1.4 sono riportati gli accorgimenti operativi e gestionali del direttore tecnico.

Tabella 1.4 Elenco accorgimenti operativi e gestionali per il direttore tecnico

Modalità ed accorgimenti operativi e gestionali del direttore tecnico	
1	prima della ricezione dei rifiuti all'impianto sia verificata l'accettabilità degli stessi mediante le procedure previste dalle linee guida
2	in ingresso all'impianto siano accettati solo i carichi compatibili con la capacità autorizzata in termini di trattamento e stoccaggio
3	sia comunicato alla Provincia l'eventuale respingimento del carico di rifiuti entro e non oltre 24 ore, trasmettendo fotocopia del formulario di identificazione o della scheda SISTRI
4	i registri di carico e scarico siano tenuti in conformità a quanto stabilito dall'art. 190 del D.Lgs 152/06 e nel rispetto delle prescrizioni emanate dal competente Ente gestore del catasto
5	le operazioni di scarico e di stoccaggio dei rifiuti siano condotte in modo da evitare emissioni diffuse. I rifiuti liquidi devono essere stoccati nei serbatoi ad essi dedicati, movimentati in circuito chiuso; non sono ammessi travasi da tubazioni "mobili"
6	la movimentazione e lo stoccaggio dei rifiuti, siano effettuate in condizioni di sicurezza
7	siano adottate tutte le cautele per impedire il rilascio di fluidi pericolosi e non pericolosi, la formazione degli odori e la dispersione di aerosol e di polveri; al riguardo i contenitori in deposito (rifiuti) in attesa di trattamento, devono essere mantenuti chiusi
8	le superfici scolanti siano mantenute in idonee condizioni di pulizia, tali da limitare l'inquinamento delle acque meteoriche e delle acque di lavaggio delle aree esterne
9	in caso di sversamenti accidentali la pulizia delle superfici interessate sia eseguita immediatamente, per quanto possibile a secco o con idonei materiali inerti assorbenti, qualora si tratti rispettivamente di materiali solidi o polverulenti o liquidi. I materiali derivanti dalle operazioni di pulizia devono essere smaltiti congiuntamente ai rifiuti in stoccaggio
10	sia effettuata, almeno semestralmente, la periodica pulizia/manutenzione dei manufatti

	di sedimentazione e di disoleazione e della rete di raccolta delle acque meteoriche
11	rifiuti da sottoporre a eventuale trattamento all'interno dell'impianto, ovvero da avviare a impianti terzi, siano contraddistinti da un codice C.E.R., in base alla provenienza ed alle caratteristiche del rifiuto stesso e siano stoccati per categorie omogenee nelle rispettive aree dedicate dell'impianto, nel rispetto delle prescrizioni di legge e alle modalità indicate negli atti autorizzativi, per evitare incidenti dovuti alla possibile reazione di sostanze tra loro incompatibili e come misura per prevenire l'aggravarsi di eventuali eventi accidentali
12	nella fase di abbancamento dei rifiuti nelle aree dedicate dell'impianto, non vengano effettuate miscele se non quelle espressamente previste dalla legge ed autorizzate. E' vietato miscelare categorie diverse di rifiuti pericolosi di cui all'allegato G dell'allegato alla Parte Quarta del d.lgs. 152/06, ovvero di rifiuti pericolosi con rifiuti non pericolosi. Trattandosi di impianto di solo stoccaggio è comunque vietata la miscelazione di rifiuti aventi natura, stato fisico e/o CER diversi
13	qualora lo stoccaggio dei rifiuti avvenga in cumuli, le altezze di abbancamento siano commisurate alla tipologia di rifiuto per garantirne la stabilità; ai fini della sicurezza, le altezze di abbancamento non potranno superare i 3 metri, o comunque i limiti previsti dalle specifiche norme di riferimento
14	i fusti e le cisternette contenenti i rifiuti non devono essere sovrapposti per più di 3 piani ed il loro stoccaggio deve essere ordinato, prevedendo appositi corridoi d'ispezione per consentire il passaggio di personale e mezzi anche al fine di evitare la propagazione di eventuali incendi e facilitare le operazioni di spegnimento
15	i rifiuti infiammabili siano stoccati in conformità con quanto previsto dalla normativa vigente in materia
16	la viabilità e la relativa segnaletica all'interno dell'impianto sia adeguatamente mantenuta, e la circolazione opportunamente regolamentata
17	gli accessi a tutte le aree di stoccaggio siano sempre mantenuti sgomberi, in modo tale da agevolare le movimentazioni
18	la recinzione e la barriera interna di protezione ambientale siano adeguatamente mantenute, avendo cura di tagliare le erbe infestanti e di rimuovere eventuali rifiuti

	accumulati per effetto eolico o anche altre cause
19	la movimentazione dei rifiuti all'interno dell'impianto avvenga nel rispetto degli opportuni accorgimenti atti a evitare dispersione di rifiuti e materiali vari, nonché lo sviluppo di polveri
20	i macchinari e mezzi d'opera siano in possesso delle certificazioni di legge e oggetto di periodica manutenzione secondo le cadenze prescritte
21	il personale operativo nell'impianto sia formato e dotato delle attrezzature e dei sistemi di protezione specifici in base alle lavorazioni svolte
22	tutti gli impianti siano oggetto di verifica e controllo periodico, per assicurarne la piena efficienza.

Nel caso in cui un incendio si verifichi sarà necessario attivare tutte le misure previste nel piano di emergenza appositamente redatto.

CAPITOLO 2: Analisi incidentale

Il capitolo 2 descrive l'analisi incidentale di fenomeni di incendi condotta in impianti di trattamento e smaltimento rifiuti che negli ultimi anni hanno avuto un incremento esponenziale ed un focus sul caso della Terra dei Fuochi.

2.1 Il fenomeno degli incendi negli impianti di trattamento e smaltimento di rifiuti

Il fenomeno degli incendi, con oltre 250 eventi in un triennio, indicano un evidente incremento caratterizzato da una specifica connotazione geografica così distribuita del 2017:

- 52,6% al nord;
- 13,8% al centro;
- 21,6% al sud.

I motivi per cui questi incendi sono avvenuti sono, ad esempio:

- fonti di innesco esterne;
- fermentazione delle componenti organiche dei rifiuti.

Questo incremento del fenomeno ha deviato l'attenzione dal classico tema del fatto illecito a quello dell'interdipendenza tra l'evento e la mancata chiusura idonea del ciclo dei rifiuti. Per questo il 28 febbraio 2018 la commissione parlamentare d'inchiesta sulle attività illecite connesse al ciclo dei rifiuti e agli illeciti ambientali collegati, creatasi nel 2014, ha approvato una relazione nella quale sono presi in considerazione eventi accaduti in diverse tipologie di impianti. La crescita del fenomeno, come si può notare in tabella 2.1 è pressoché costante.

Tabella 2.1 Eventi di incendio in impianti e discariche

Anno	Impianti	Discariche	Totale
2014	35	7	42
2015	59	12	71
2016	58	7	65
2017 (genn-ago)	66	6	72

Il lavoro svolto da tale commissione può essere suddiviso in tre step:

1. Quantificazione complessiva del fenomeno;
2. Verifica in termini di qualità della risposta investigativa e giudiziaria;

3. Attenzione particolari agli incendi particolarmente significativi per le circostanze o per l'impatto ambientale.

Prima della parte bibliografica di questa tesi è stata riportata una tabella di sintesi degli eventi di incendio in impianti di trattamento, smaltimento, recupero di rifiuti, verificatisi nel periodo 2014-2017. Sono in essa riportati i dati essenziali: regione, provincia e comune, azienda, data.

Nel 2017 è stato registrato il massimo numero tendenziale di incendi. La crescita è comunque ben visibile già nel biennio precedente.

Figura 2.1 Concentrazione di impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti in Italia



Per quanto riguarda la distribuzione geografica di questi eventi si ha una maggior concentrazione al nord dovuta dal fatto che la maggior parte degli impianti si trova in questa parte d'Italia. La loro dislocazione è dovuta all'industrializzazione e all'urbanizzazione maggiore del territorio settentrionale.

Più del 33% degli incendi non sono segnalati alla procura della Repubblica; ciò fa supporre che essi siano di natura accidentale e che non abbiano violato le norme ambientali e di prevenzione incendi. A questi sono da aggiungere tutti gli eventi che non hanno previsto l'intervento dei Vigili del Fuoco e che sono stati gestiti internamente dalle aziende.

L'aumento di tali eventi può essere attribuito a:

- sistemi di controllo e sorveglianza non presenti negli impianti;

- calo dei controlli sulla gestione;
- sovraccarico della materia.

Gli interventi in caso di incendio richiedono un elevato dispendio di risorse. È quindi opportuno un congruo investimento per quanto riguarda la prevenzione.

Gli impianti di trattamento riguardano:

- rifiuti solidi urbani non pericolosi;
- rifiuti speciali non pericolosi.

Al loro arrivo nell'impianto i rifiuti vengono divisi in base alla loro natura ed alle loro modalità di trattamento.

I siti di stoccaggio dei rifiuti possono essere in fossa, in mucchio in struttura coperta e in mucchio in piazzale.

2.2 Il caso della terra dei fuochi

“Terra dei Fuochi” è la denominazione che negli anni 2000 è stata attribuita a quelle zone dell'Italia meridionale in cui i rifiuti tossici e speciali venivano interrati ed incendiati. Quest'area comprende un'area molto vasta si estende tra la provincia di Napoli e quella di Caserta. Riguarda, in particolare, i comuni di Scampia, Ponticelli, Giugliano, Qualiano, Villaricca, Mugnano, Melito, Arzano, Casandrino, Casoria, Caivano, Grumo Nevano, Acerra, Nola, Marigliano, Pomigliano; dal lato di Caserta ci sono i comuni di Parete, Casapesenna, Villa Literno, Santa Maria Capua Vetere, Casal di Principe, Aversa, Lusciano, Marcianise, Teverola, Trentola, Frignano, Casaluce.

Figura 2.2: La terra dei Fuochi



Questo fenomeno con il trascorrere del tempo si è poi diffuso in tutta la regione, fino alla provincia di Salerno. Questa denominazione apparve per la prima volta nel rapporto ecomafie di Legambiente, nel 2003, figura 2.3 .

Figura 2.3 Rapporto Ecomafia 2003



Quest'espressione è poi stata utilizzata dallo scrittore e giornalista Roberto Saviano come titolo dell'undicesimo capitolo di Gomorra.

In Campania vi sono innumerevoli discariche abusive sia nella campagna sia in prossimità di strade. Quando le discariche raggiungono la capacità viene attuato un "semplice" metodo al fine di ridurre i rifiuti: l'incendio. Così facendo si "fa posto" a nuovi rifiuti. Lo smaltimento illecito dei rifiuti in Campania tratta principalmente materie di natura speciale. Le categorie dei rifiuti speciali sono definite nell'articolo 7 del Decreto Legislativo numero 22 del febbraio 1997:

- a) i rifiuti da attività agricole e agro-industriali;
- b) i rifiuti derivanti dalle attività di demolizione, costruzione, nonché i rifiuti pericolosi che derivano dalle attività di scavo;
- c) i rifiuti da lavorazioni industriali fatto salvo quanto previsto dall'articolo 8, comma 1, lettera f-quater);

(lettera così modificata dall'articolo 1, del decreto-legge n. 22 del 2002 convertito dalla legge n. 82 del 2002)

- d) i rifiuti da lavorazioni artigianali;
- e) i rifiuti da attività commerciali;
- f) i rifiuti da attività di servizio;

- g) i rifiuti derivanti dalla attività di recupero e smaltimento di rifiuti, i fanghi prodotti dalla potabilizzazione e da altri trattamenti delle acque e dalla depurazione delle acque reflue e da abbattimento di fumi;
- h) i rifiuti derivanti da attività sanitarie;
- i) i macchinari e le apparecchiature deteriorati ed obsoleti;
- j) i veicoli a motore, rimorchi e simili fuori uso e loro parti;
- k) il combustibile derivato da rifiuti.

(lettera così modificata dall'articolo 23 della legge n. 179 del 2002)

Lo smaltimento di questi rifiuti in modi “rudimentali”, come l’incendio provoca effetti pericolosi ed inquinanti sia per l’uomo che per l’ambiente circostante. L’errata gestione dei rifiuti speciali provoca ingenti danni; per essi sia lo stoccaggio che lo smaltimento richiede delle modalità specifiche ed appropriate. Circa l’80% dei rifiuti prodotti in Italia sono di tipo speciale e il loro smaltimento è assai costoso (fino a 600 euro a tonnellata). Oltre alle problematiche ambientali i danni sono anche per agricoltura e sanità. L’incremento di diverse tipologie di tumori secondo l’Istituto Superiore di Sanità (ISS) sarebbe correlato allo smaltimento illegale di queste sostanze e alla dispersione nelle falde acquifere e nell’aria.

Negli otto comuni di Acerra, Aversa, Bacoli, Caivano, Castelvoturno, Giugliano, Marcianise e Villaricca si registrano i casi maggiori. In queste città si trova il maggior numero di discariche dei rifiuti. Le inchieste per illecito di rifiuti, dal 2001, superano la quarantina solamente per le province di Napoli e Caserta. Le ordinanze superano le 300, le persone indagate oltre 500 e le aziende coinvolte superano certamente il centinaio. L’Agenzia per l’ambiente della Regione Campania ha individuato oltre 2000 siti inquinati.

Già alla fine degli anni ottanta la camorra si è occupata dei rifiuti cominciando da quelli urbani per poi dedicarsi principalmente a quelli speciali e pericolosi. Con il trascorrere del tempo si passati da “camorristi imprenditori” a “imprenditori camorristi”.

CAPITOLO 3: L'incendio e la valutazione del rischio

Il capitolo 3 riporta alcune nozioni fondamentali riguardanti l'incendio e la valutazione del rischio.¹

3.1 L'incendio

L'ossidazione di un combustibile da parte di un comburente con successivo sviluppo di radiazioni e calore è la reazione chimica comunemente nota come combustione.

Figura 3.1 La combustione



La combustione è una reazione sufficientemente rapida che dà origine a:

- Fiamme;
- Gas;
- Luce;
- Calore;
- Fumo.

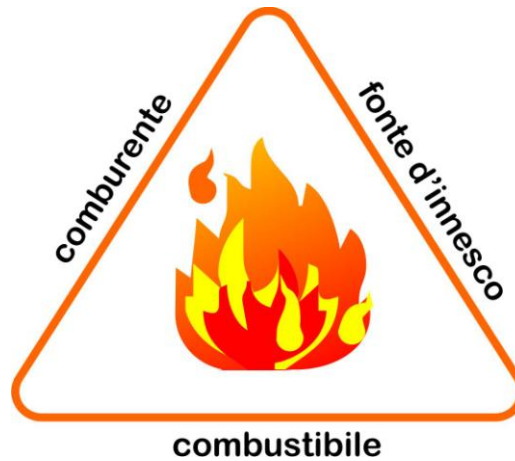
Le tre condizioni per cui la combustione si verifici sono:

1. Comburente;
2. Combustibile;

¹ Questo capitolo è un estratto delle dispense dell'Ingegnere Malizia.

3. Fonte d'innescio.

Figura 3.2 Le tre condizioni per la combustione



La combustione è dunque rappresentabile attraverso il "triangolo del fuoco". L'incendio avviene solamente nel caso in cui queste tre condizioni si verifichino contemporaneamente. Se manca uno di essi l'incendio si estingue.

I sistemi per lo spegnimento dell'incendio sono riportati in tabella 3.1.

Tabella 3.1 Sistemi di spegnimento

Esaurimento del combustibile	Allontanamento o separazione della sostanza combustibile dal focolaio d'incendio
Soffocamento	Separazione del comburente dal combustibile o riduzione della concentrazione di comburente
Raffreddamento	Sottrazione di calore fino a una temperatura inferiore a quella di mantenimento della combustione.
Azione chimica	Gli estinguenti chimici si combinano con i prodotti volatili che si sprigionano dal combustibile, rendendoli inadatti alla combustione, bloccando la reazione chimica della combustione

Per lo spegnimento dell'incendio è buona norma utilizzare la combinazione dei 4 sistemi appena visti.

Un incendio si caratterizza per il tipo di combustibile e per la tipologia di sorgente d'innescio.

Il comburente è solitamente una "costante": l'ossigeno dell'aria.

Gli incendi sono distinti in 5 classi riportate in tabella 3.2

Tabella 3.2 Classi d'incendio

Classe A	Incendi di materiali solidi, usualmente di natura organica, che portano alla formazione di braci
Classe B	Incendi di materiali liquidi o solidi liquefacibili, quali petrolio, paraffina, vernici, oli e grassi minerali, plastiche, ecc.
Classe C	Incendi di gas
Classe D	Incendi di metalli
Classe F	Incendi di oli e grassi vegetali o animali (es. apparecchi di cottura)

Ad ogni classe sono associati gli agenti estinguenti riportate in tabella 3.3.

Tabella 3.3 Gli agenti estinguenti in relazione alle classi

Classe A	Acqua, schiuma e polvere sono gli estinguenti più utilizzati. L'agente estinguente migliore è l'acqua, che agisce per raffreddamento.
Classe B	L'agente estinguente migliore è la schiuma che agisce per soffocamento. È controindicato l'uso di acqua a getto pieno (può essere utilizzata acqua con getto frazionato o nebulizzato).
Classe C	L'acqua è consigliata solo a getto frazionato o nebulizzato per raffreddare tubi o bombole. Sono utilizzabili le polveri polivalenti.
Classe D	Utilizzare polveri speciali con personale particolarmente addestrato. Sono difficili da estinguere per l'altissima temperatura. Evitare altri estinguenti (compresa l'acqua) in quanto possono causare esplosioni.
Classe F	Gli estinguenti spengono per azione chimica, effettuando una catalisi negativa. L'utilizzo di estintori a polvere e a CO ₂ è considerato pericoloso.

Per quanto invece riguarda le sostanze estinguenti è fondamentale conoscere le proprietà e le modalità principali d'uso di queste sostanze. L'acqua è l'agente estinguente principale

poiché è quello più facilmente reperibile. Agisce principalmente per raffreddamento, ma anche come agente soffocante quando si trova sotto forma di vapore acqueo. La schiuma è composta da una soluzione in acqua di liquido schiumogeno che a contatto con l'aria forma appunto la schiuma. L'azione estinguente è il soffocamento; in minima parte si può anche parlare di raffreddamento. In base al rapporto tra il volume della schiuma prodotta e la soluzione acqua-schiumogeno d'origine, le schiume si distinguono in: alta, media e bassa espansione.

A base di bicarbonato di sodio, potassio, fosfati e Sali organici le polveri costituiscono l'agente estinguente chimico per eccellenza. Le polveri raffreddano e soffocano l'incendio. L'anidride carbonica invece riduce la concentrazione del comburente fino ad impedire la combustione per soffocamento. Gli idrocarburi saturi, chiamati comunemente halon, prevedono un'azione estinguente mediante interruzione chimica della reazione di combustione.

Vi è poi una suddivisione in categorie anche per le sorgenti d'innesco:

1. Accensione diretta;
2. Accensione indiretta;
3. Attrito;
4. Autocombustione o riscaldamento spontaneo.

Si ha accensione diretta quando una fiamma, una scintilla o altro materiale incandescente entra in contatto con un materiale combustibile in presenza di ossigeno. Quella indiretta si ha quando il calore d'innesco avviene nelle forme della convezione, conduzione e irraggiamento termico. L'attrito quando il calore è prodotto dallo sfregamento di due materiali e l'autocombustione quando il calore è prodotto dallo stesso combustibile.

I gas di combustione sono principalmente:

- Ossido di carbonio
- Aldeide acrilica
- Anidride carbonica
- Fosgene
- Idrogeno solforato
- Ammoniaca
- Anidride solforosa

- Ossido e perossido di azoto
- Acido cianidrico
- Acido cloridrico.

Questi gas alla temperatura ambiente di riferimento (15°C) restano allo stato gassoso.

L'emissione di luce dovuta alla combustione di gas è comunemente definita come fiamma. La temperatura dell'incendio può essere approssimativamente valutata dal colore della fiamma.

I fumi sono poi l'elemento più "caratteristico" di questo fenomeno. Il colore scuro del fumo indica la presenza di sostanze incombuste e ceneri, mentre il fumo di colore bianco indica la presenza di particelle liquide.

La causa principale della propagazione degli incendi è il calore.

I principali parametri chimici e fisici da cui è caratterizzata la combustione sono riportati in tabella 3.4.

Tabella 3.4 Parametri chimici e fisici della combustione

Temperatura di accensione	La minima temperatura alla quale la miscela combustibile - comburente inizia a bruciare spontaneamente in modo continuo senza ulteriore apporto di calore o di energia dall'esterno.
Temperatura teorica di combustione	Il più elevato valore di temperatura che è possibile raggiungere nei prodotti di combustione di una sostanza
Aria teorica di combustione	Quantità di aria necessaria per raggiungere la combustione completa del materiale combustibile.
Potere calorifico	Quantità di calore prodotta dalla combustione completa dell'unità di massa o di volume; si definisce: Potere calorifico superiore (P.C.S.) Si considera anche il calore di condensazione del vapore d'acqua prodotto (calore latente di vaporizzazione); Potere calorifico inferiore (P.C.I.) Non si considera il calore di evaporazione del vapore acqueo. In genere

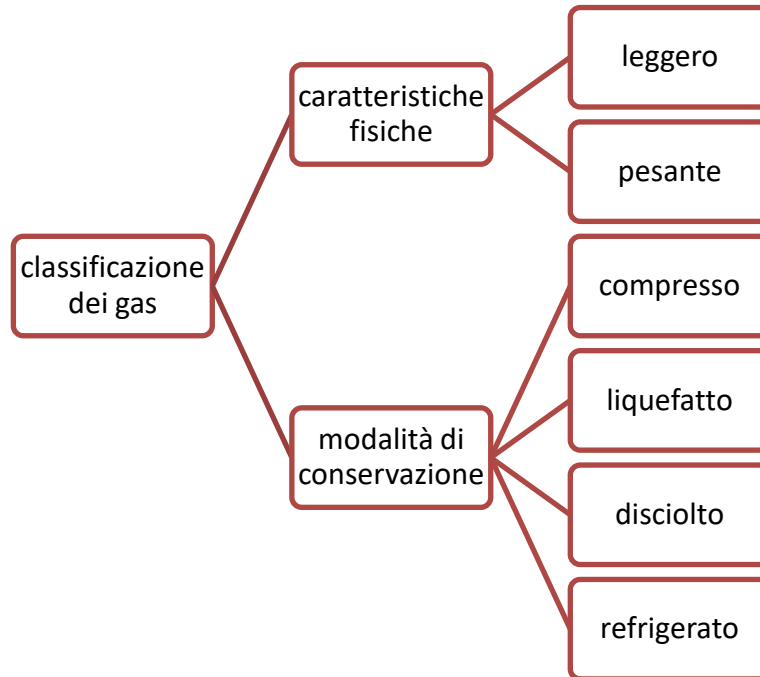
	si considera il potere calorifico inferiore.
Temperatura di infiammabilità	Temperatura minima alla quale i liquidi infiammabili o combustibili emettono vapori in quantità tali da incendiarsi in caso di innesco.
Limiti d'infiammabilità	<p>Individuano il campo di infiammabilità all'interno del quale si ha, in caso d'innesco, l'accensione.</p> <p><i>Limite inferiore d'infiammabilità:</i> la più bassa concentrazione in volume di vapore al di sotto della quale non si ha accensione in presenza di innesco;</p> <p><i>Limite superiore d'infiammabilità:</i> la più alta concentrazione in volume di vapore al di sopra della quale non si ha accensione in presenza di innesco</p>
Limiti esplodibilità	<p>Sono posizionati all'interno del campo di infiammabilità.</p> <p><i>Limite inferiore di esplodibilità:</i> La più bassa concentrazione in volume di vapore della miscela al di sotto della quale non si ha esplosione in presenza di innesco.</p> <p><i>Limite superiore di esplodibilità:</i> La più alta concentrazione in volume di vapore della miscela al di sopra della quale non si ha esplosione in presenza di innesco.</p>

La combustione dei solidi è influenzata dalla forma, dalla porosità, dagli elementi che compongono il solido, dall'umidità e dalla ventilazione.

I liquidi sono in equilibrio con i vapori che si sviluppano sulla superficie di separazione tra pelo libero del liquido e l'aria. La combustione avviene quando, in corrispondenza della superficie, i vapori, miscelandosi con l'ossigeno dell'aria in concentrazioni entro il campo di infiammabilità, sono innescati. La temperatura di infiammabilità fornisce l'indice della maggiore o minore combustibilità.

I gas sono generalmente classificati in funzione delle caratteristiche fisiche e alla loro modalità di conservazione come mostrato in figura 3.3.

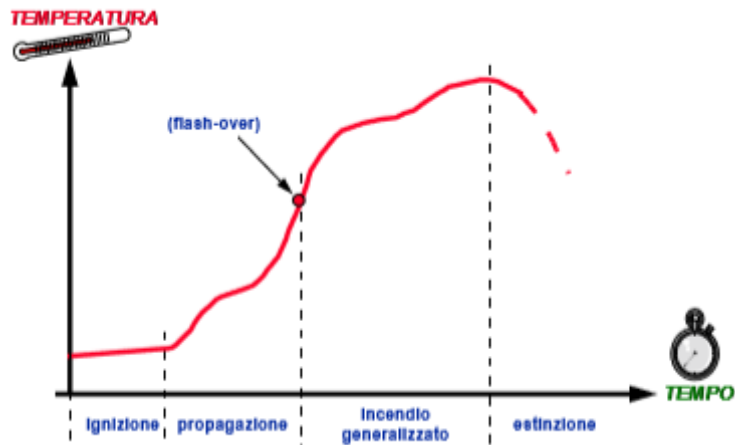
Figura 3.3 Classificazione dei gas



L'incendio reale rappresentato nella curva Temperatura-tempo evidenzia la presenza di 4 fasi:

1. Ignizione
2. Propagazione
3. Incendio generalizzato
4. Estinzione e raffreddamento

Figura 3.4 Curva Temperatura-tempo



I vapori delle sostanze, durante la fase di ignizione, danno inizio al processo di combustione, legato ai seguenti fattori:

- Infiammabilità del combustibile;
- Possibilità di propagazione della fiamma;
- Grado di partecipazione al fuoco del combustibile;
- Geometria e volume degli ambienti;
- Possibilità di dissipazione del calore nel combustibile;
- Ventilazione dell'ambiente;
- Caratteristiche superficiali del combustibile;
- Distribuzione nel volume del combustibile, punti di contatto.

La propagazione, attraverso un lento aumento della temperatura, è caratterizzata da:

- Produzione di gas tossici e corrosivi;
- Riduzione di visibilità a causa dei fumi di combustione;
- Aumento della partecipazione alla combustione dei combustibili solidi e liquidi;
- Aumento rapido delle temperature. Aumento dell'energia di irraggiamento.

Quando tutto il materiale partecipa alla combustione si ha il cosiddetto flash over. In questa fase il rilascio di calore è massimo e si ha:

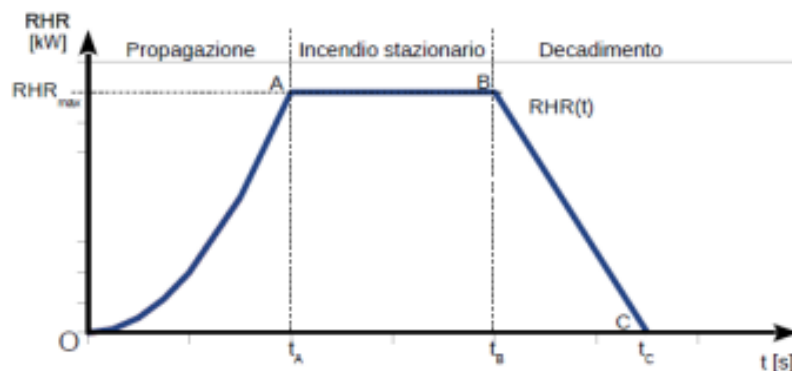
- Brusco incremento della temperatura;
- Crescita esponenziale della velocità di combustione;
- Forte incremento di emissioni di gas e di particelle incandescenti;

- Formazione di zone di turbolenza visibili;
- Autoaccensione dei combustibili vicini al focolaio;
- Riscaldamento e raggiungimento della temperatura di ignizione da parte dei combustibili lontani dal focolaio.

Infine la fase di estinzione, grazie alla diminuzione dell'apporto termico, porta ad una riduzione della temperatura.

Oltre alla curva Tempo-temperatura appena descritta la vera e propria “carta d’identità” dell’incendio è **Heat Release Rate – HRR** rappresentata in figura 3.5. L’incendio si può schematizzare come una sorgente di tipo volumetrico, ossia un bruciatore che rilascia calore (HRR) e quantità di particolato (soot) e di gas. I valori assunti dal progettista per la costruzione della curva HRR per un dato scenario devono essere opportunamente giustificati. Nelle valutazioni della temperatura raggiunta in un compartimento nella fase di pre-flashover, HRR come dato di input è più attendibile del carico d’incendio (in tale fase solo una parte del combustibile partecipa alla combustione). Con il carico di incendio, la stima della temperatura risulta molto conservativa perché si suppone che tutto il combustibile presente partecipi alla combustione. Ciò è ammissibile solo nel post-flashover. HRR in prima fase è approssimata a funzione quadratica $Q = at^2$.

Figura 3.5 Curva HRR

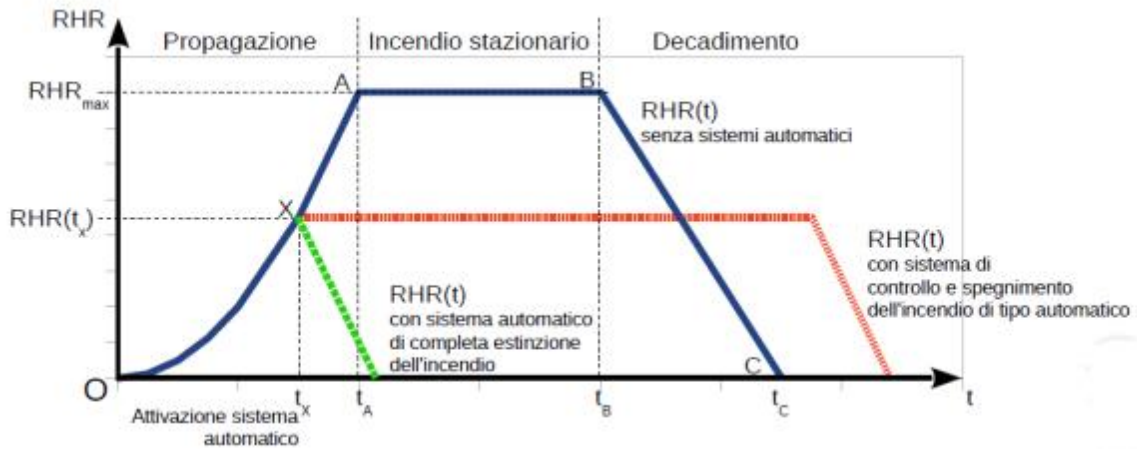


La definizione quantitativa delle fasi dell'incendio si riferisce alla seguente curva qualitativa.

La metodologia può essere utilizzata per:

- Costruire curve naturali per valutare la capacità portante delle opere da costruzione;
- Valutare la portata di fumo per la progettazione dei SEFC.

Figura 3.6 Curva HRR con sistema di controllo



La curva RHR è una schematizzazione semplificata dell'incendio naturale, con l'individuazione di 3 fasi:

- iniziale (quadratica);
- intermedia (costante);
- finale (lineare).

La curva è associata non solo al carico di incendio, ma anche alla dinamica della combustione (incendio lento, veloce, ...). L'area sottesa dalla curva RHR (in ascissa il tempo [s] e in ordinata la potenza termica [$kW = kJs^{-1}$]) rappresenta il carico d'incendio [kJ], l'energia disponibile per essere rilasciata.

In tabella 3.5 sono descritte le tre fasi della curva HRR.

Tabella 3.5 Fasi curva HRR

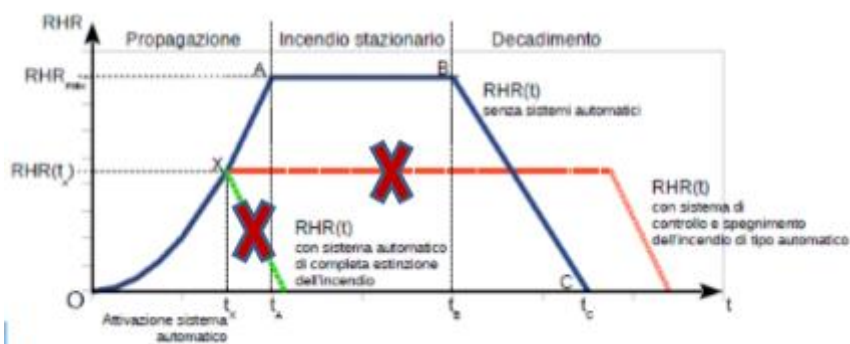
Prima fase (pre-flashover)	funzione diretta della velocità di combustione e del quantitativo di combustibile (energia) disponibile. Si ha una crescita di tipo quadratico, con pendenza (velocità) in funzione del materiale e sue condizioni fisiche.
Seconda fase	In ambiente chiuso si raggiunge, dopo un certo t, una temperatura tale da provocare l'incendio di tutti i materiali; il fattore determinante diventa la ventilazione e il materiale che può bruciare dipende solo dalla ventilazione disponibile.

	Si ha un diagramma orizzontale, con RHRmax limitato dalla ventilazione;
Terza fase	: lineare, rappresenta il progressivo spegnimento.

3.2 Effetto dei sistemi automatici di controllo dell'incendio

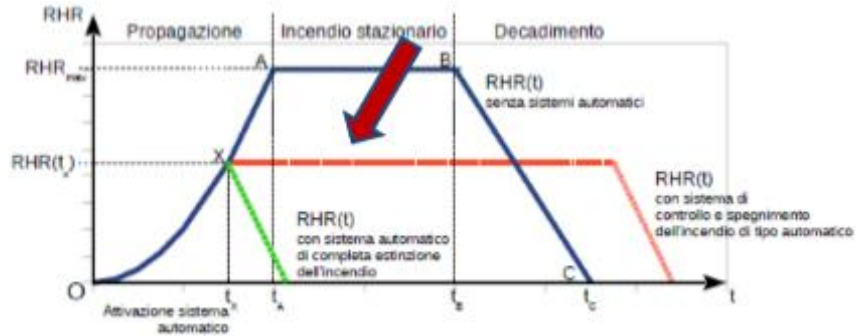
Con sistemi di controllo dell'incendio automatici (es. sprinkler), RHR(t) non raggiunge RHRmax, che poteva raggiungere in base a combustibile e ambiente. RHR può essere assunto costante, pari a RHR(t_x) raggiunto all'istante t_x di entrata in funzione dell'impianto. Il valore permane per un tempo pari alla durata di alimentazione prevista, entro cui si presume che l'incendio controllato venga estinto con l'intervento manuale. Se nell'attività sono previsti sistemi automatici di estinzione completa dell'incendio (es. sprinkler ESFR - early suppression fast response, water mist, ecc.), il loro effetto deve essere valutato caso per caso in relazione alla loro efficacia ed all'affidabilità di funzionamento.

Figura 3.7 Curva HRR sistemi automatici



A differenza dell'attivazione dei sistemi automatici, l'intervento manuale effettuato dalle squadre antincendio non può essere considerato in fase progettuale ai fini della modifica dell'andamento della curva RHR(t).

Figura 3.8 Curva HRR con sistema automatico di completa estinzione o sistema di controllo e spegnimento dell'incendio



Si ipotizza che anche dopo il flashover la curva cresca proporzionalmente a t^2 fino al tempo t_A che corrisponde alla massima potenza RHR_{max} rilasciata nel compartimento. Il Codice da indicazioni per determinare RHR_{max} in casi d'incendio:

- Controllato dal combustibile (all'aperto o in edifici con elevata superficie di ventilazione)

$$RHR_{max} = RHR_f * A_f$$

- Limitato dalla superficie di ventilazione (in edifici con superficie di ventilazione ordinaria)

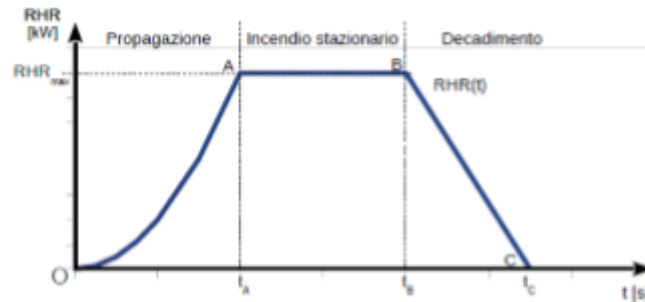
$$RHR_{max} = 0,1 * m * A_v * H_u * \sqrt{h_{eq}}$$

HRR_f massimo tasso di rilascio termico prodotto da 1 m^2 di incendio nel caso di combustione controllata dal combustibile.

La fase dell'incendio stazionario è nota come il valore di RHR_{max} si calcola il tempo t_A di

inizio della fase di incendio stazionario: $t_A = \sqrt{RHR_{max} * \frac{t_a^2}{1000}}$

Figura 3.9 Curva HRR determinazione dei tempi t_b e t_c



Tale fase termina al tempo t_B , di inizio fase decadimento, in cui il 70% dell'energia termica inizialmente disponibile $q_f * A_f$ è stata rilasciata con:

- q_f : valore nominale del carico d'incendio specifico

$$q_f = \frac{\sum_{q=1}^n (g_i * H_i * m_i * \psi_i)}{A}$$

- A_f : superficie lorda del compartimento

Il Codice fornisce indicazioni per determinare t_B . Il tempo t_C (rappresentati in figura 3.10), trascorso il quale la potenza termica rilasciata dall'incendio si annulla, viene calcolato considerando che nella fase di decadimento è consumato il restante 30% dell'energia termica inizialmente disponibile.

3.3 Il rischio

Per sicurezza si intendono le condizioni di assenza di rischio, ovvero l'assenza di possibili eventi negativi. La sicurezza assoluta è il limite a cui tende asintoticamente il valore di quella reale e non è possibile raggiungerla in nessuna attività umana, indipendentemente dalle risorse impiegate. A sicurezza elevata corrisponde un rischio basso e viceversa. Il rischio è la possibilità di subire conseguenze dannose o comunque negative a seguito di circostanze non sempre identificabili e/o prevedibili. Gli elementi che definiscono il rischio sono:

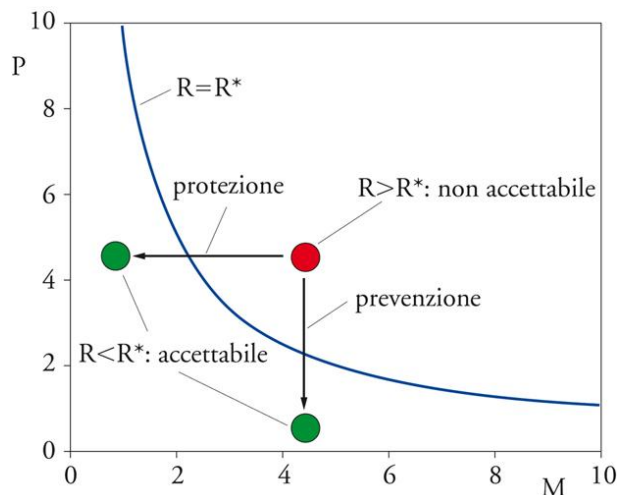
- Vulnerabilità (relazione che lega causa ed effetto)
- Evento
 - negativo/pericoloso
 - aleatorio/incerto
 - non sempre identificabile

- non sempre prevedibile
- Conseguenze
 - dannose o comunque negative
 - non sempre determinabili e calcolabili

Il rischio (R) viene definito tramite una funzione che lega **Frequenza (F)** e **Magnitudo (M)**. Per comodità l'equazione adottata è $R = F * M$. Pur trattandosi di un parametro non esiste uno strumento di misura per cui il rischio deve sempre essere stimato.

Generalmente al posto della frequenza si utilizza la **Probabilità** di accadimento di un evento. Per determinare tale proprietà è necessario conoscere l'affidabilità dei singoli componenti.

Figura 3.10 Rappresentazione del Rischio



Si deve quindi fare ricorso a delle assunzioni forzate, basate sui dati storici degli impianti più diffusi.

Va inoltre considerato che un evento è spesso conseguenza di una serie di complessa di semplici eventi. La probabilità dell'evento critico dipenderà quindi dalla combinazione di quelli semplici.

La magnitudo di un evento non è di facile determinazione e può variare a seconda dell'ente che effettua la valutazione o dal tipo di danno preso in considerazione.

Una curva di isorischio è una curva sul grafico Magnitudo-Probabilità che individua i punti che egual rischio e rappresentano una o più situazioni pericolose. Per poter ridurre il rischio collegato ad una determinata situazione è possibile adottare interventi preventivi o protettivi.

Interventi preventivi

Influiscono sulle sorgenti di rischio e sono:

- misure tecniche, come ad esempio sistemi di rilevazione sostanze tossiche/infiammabili

- misure organizzative

Questo tipo di interventi riducono il rischio intervenendo sulla probabilità dell'evento

Interventi protettivi

Questi tendono a limitare i danni alle persone, beni e all'ambiente e sono:

- misure per la salvaguardia delle persone
- misure per la salvaguardia dei beni e dell'ambiente

Questo tipo di interventi riducono il rischio intervenendo sulla magnitudo dell'evento.

Non è possibile raggiungere uno stato di sicurezza assoluta. Nessuna attività umana è esente da rischio come nessuna norma, per quanto ben congegnata, potrà garantire il non verificarsi di eventi dannosi. Attraverso un progetto di sicurezza integrato di misure protettive e preventive fra loro compatibili, è però possibile ricondurre entro limiti accettabili la probabilità e l'entità degli effetti dannosi. L'unico modo per eliminare un rischio indesiderato è quello di rimuovere il pericolo, laddove sia possibile.

Raggiunto tale obiettivo si deve **gestire il rischio**, prevenendo le azioni da mettere in atto al momento del verificarsi di un evento.

Figura 3.11 Analisi, valutazione e gestione del rischio

ANALISI DEL RISCHIO

- Definisco i rischi collegati all'attività in esame, esaminando le cause che possono portare all'accadimento di un evento e le conseguenze che ne derivano

VALUTAZIONE DEL RISCHIO

- Dopo aver analizzato gli eventi possibili vado a valutare, qualitativamente o quantitativamente, le probabilità di accadimento e l'entità del danno ad essi correlati, calcolandone quindi il rischio. Posso quindi valutare quali di questi siano rischi tollerabili e quali invece non posso accettare.

GESTIONE DEL RISCHIO

- Una volta individuati i rischi inaccettabili devo attuare dei provvedimenti tali da diminuire il rischio collegato ad un evento, ovvero:
- Eliminare: prevenire l'esistenza della condizione d'insicurezza o dell'innescò dell'evento, eliminando quindi l'effetto
- Ridurre: qualora non fosse possibile eliminare il pericolo si dovranno studiare dispositivi di sicurezza e/o protezioni adatti a fronteggiare i pericoli residui
- Trasferire: se permangono ancora dei rischi si dovranno considerare delle modalità di "trasferimento" del rischio, ad esempio subappaltando a terzi le attività o, nel caso di un prodotto, informando l'utilizzatore del rischio
- Ritenere : ovvero gestire il rischio residuo

3.4 Analisi del rischio e prevenzione incendi

La prevenzione incendi è orientata alla salvaguardia dell'incolumità delle persone ed alla tutela dei beni e dell'ambiente. L'obiettivo è conseguire la sicurezza contro gli incendi.

Figura 3.12 Obiettivi e finalità della prevenzione incendi



Le azioni Preventive e Protettive non devono essere considerate alternative ma complementari tra loro. Le misure di protezione passiva non hanno bisogno di un intervento per la loro entrata in funzione, mentre quelle di tipo attivo necessitano di intervento. La protezione attiva presuppone quindi l'intervento dell'uomo o l'azionamento di un impianto. Esempi di protezione attiva sono gli estintori, la rete idrica antincendio, gli impianti di spegnimento, gli impianti di rivelazione e i dispositivi di segnalazione e allarme. La protezione passiva è invece costituita da quei dispositivi che non richiedono nessun tipo di intervento, come l'isolamento, le distanze di sicurezza, la ventilazione, l'esodo, la resistenza e la reazione al fuoco.

CAPITOLO 4: La prevenzione incendi

Il capitolo descrive l'evoluzione della normativa relativa alla prevenzione incendi, focalizzandosi sul D.P.R. 151 che individua le attività soggette ai controlli di prevenzione incendi.

4.1 Evoluzione normativa in materia di prevenzione incendi

L'evoluzione della normativa in materia di prevenzione incendi vede la sua origine nel 1955 quando con il D.P.R. n.547 del 27/04/1955 agli articoli 36 e 37 veniva stabilito che prima della realizzazione di un'attività – che prevedesse lavoratori dipendenti – fosse necessario chiedere l'approvazione del progetto ai fini della sicurezza contro gli incendi al Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di competenza e a lavori ultimati chiederne il collaudo. Successivamente, attraverso il naturale sviluppo della legislazione, si è giunti al D.P.R. 151 del 2011 che come principale novità introduce la segnalazione certificata di inizio attività (SCIA). Il D.P.R. 151 ha radicalmente trasformato i procedimenti tecnico-amministrativi semplificandoli al fine di accelerare lo svolgimento dell'iter.

La ventata di innovazione e semplificazione è stata la naturale risposta alla domanda di cambiamento che era richiesta dall'Europa. La rete del sistema burocratico del Paese ha sempre limitato l'Italia nell'adempiere agli standard di qualità, all'apertura dei mercati e alla libera concorrenza. Proprio in questo periodo è stata richiesta qualità e semplificazione dell'apparato normativo secondo principi di economicità ed efficacia mediante istituti di semplificazione (autocertificazioni, inizio attività, ...). È necessario fare un passo indietro e soffermarsi sulla normativa previgente – emanata con il D.P.R. n.37 del 1998 – che si sviluppava in fasi e procedure condivise dai vari soggetti coinvolti. I compiti, i doveri e le competenze dei soggetti ben definiti nel D.P.R. n.37/9, con i nuovi obiettivi di semplificazione fanno entrare in crisi il sistema. Le 90 attività soggette avevano tutti identici adempimenti e identiche tempistiche di realizzazione. Le autorizzazioni prevedevano il seguente iter:

1. Approvazione del progetto entro 30gg da parte del Comando dei Vigili del Fuoco e in caso di esito positivo inizio dei lavori;

2. Controlli entro 90 gg dai lavori ultimati e, in caso di esito positivo, rilascio del certificato di prevenzione incendi.

4.2 II D.P.R. 151

Il D.P.R. 151 è il regolamento che individua le attività soggette ai controlli di prevenzione incendi. Nell'Allegato I del presente decreto vengono elencate e classificate tutte le attività soggette ai controlli di prevenzione incendi divise nelle categorie A, B, C in relazione al settore e alla dimensione dell'attività, alla necessità di tutela dell'incolumità pubblica e all'esistenza di regole tecniche.

Le tre categorie differiscono così:

- *Categoria A*: attività dotate di 'regola tecnica' di riferimento e contraddistinte da un limitato livello di complessità, legato alla consistenza dell'attività, all'affollamento ed ai quantitativi di materiale presente;
- *Categoria B*: attività presenti in A, quanto a tipologia, ma caratterizzate da un maggiore livello di complessità, nonché le attività sprovviste di una specifica regolamentazione tecnica di riferimento, ma comunque con un livello di complessità inferiore al parametro assunto per la categoria 'superiore';
- *Categoria C*: attività con alto livello di complessità, indipendentemente dalla presenza o meno della 'regola tecnica'.

Oltre all'identificazione delle attività e alla loro classificazione il presente decreto disciplina e regola l'esame dei progetti, le visite tecniche, la questione delle deroghe e tutte le altre competenze del Corpo nazionale dei Vigili del Fuoco.

In Tabella 4.1 sono riportate le categorie e le procedure ad esse correlate.

Tabella 4.1 Categorie e procedure soggette a D.P.R 151

CATEGORIA A	CATEGORIA B	CATEGORIA C
Attività a basso rischio e standardizzate	Attività a rischio medio	Attività a rischio elevato
Viene eliminato il parere di conformità sul progetto	La valutazione di conformità dei progetti ai criteri di sicurezza antincendio si dovrà ottenere entro 60 giorni	

Avvio dell'attività tramite SCIA	
Controlli con sopralluogo a campione entro 60 giorni Rilascio, su richiesta, di copia del verbale della visita tecnica	Controllo con sopralluogo entro 60 giorni Rilascio del Certificato di prevenzione incendi

Nel caso in cui l'attività in esame sia classificata come categoria A le procedure da seguire saranno le seguenti:

1. L'imprenditore inizia i lavori;
2. A lavori ultimati raccoglie la documentazione attestante la conformità dell'attività realizzata alle prescrizioni vigenti in materia di sicurezza antincendio;
3. Spedisce la documentazione tramite procedura online al SUAP comprensiva di SCIA relativa alla parte antincendio;
4. L'imprenditore inizia immediatamente l'attività con controlli a campione da parte dei vigili del fuoco entro 60 giorni.

Nel caso in cui invece l'attività in esame sia classificata come categoria B o C le procedure da seguire saranno le seguenti:

1. Prima di iniziare i lavori, l'imprenditore tramite SUAP fa istanza ai vigili del fuoco per l'esame progetto. Entro 60 giorni dalla presentazione della documentazione completa i Vigili del fuoco rilasciano parere;
2. A lavori ultimati raccoglie la documentazione attestante la conformità dell'attività realizzata alle prescrizioni vigenti in materia di sicurezza antincendio;
3. Spedisce la documentazione tramite procedura online al SUAP comprensiva di SCIA relativa alla parte antincendio;
4. L'imprenditore inizia immediatamente l'attività con controlli da parte dei vigili del fuoco entro 60 giorni.

Nella Tabella 4.2 vengono riassunti e schematizzati gli aspetti procedurali in relazione alle categorie A, B e C previsti dal D.P.R. 151 e relativa documentazione.

Tabella 4.2 Aspetti procedurali e relativa documentazione

ASPETTI PROCEDURALI		DOCUMENTAZIONE
RICHIESTA VALUTAZIONE PROGETTO	CATEGORIE B e C: In caso di nuovi impianti o costruzioni, modifiche a quelli esistenti che comportino aggravio delle preesistenti condizioni di sicurezza	Richiesta di valutazione progetto <ul style="list-style-type: none"> • Documentazione conforme al DM 07/08/2012; • Relazioni; Elaborati grafici (Planimetria, piante, sezioni e prospetti); • Attestato di versamento tesoreria provinciale.
PRIMA INIZIO ATTIVITÀ PRESENTAZIONE S.C.I.A.	CATEGORIE A, B e C: In caso di nuovi impianti o costruzioni, modifiche a quelli esistenti che comportino aggravio delle preesistenti condizioni di sicurezza.	CATEGORIA A <ul style="list-style-type: none"> • Scia ; • Asseverazione certif/dich ai fini antincendio; • Regola tecnica ed elaborati grafici; • Versamento tesoreria provinciale.
		CATEGORIA B e C <ul style="list-style-type: none"> • Scia; • Asseverazione certif/dich ai fini antincendio; • Versamento tesoreria provinciale.
CONTROLLI DI PREVENZIONE INCENDI DEI VVF	CATEGORIE A e B: Visite tecniche con controlli con metodi a campione o in base a programmi settoriali	
	CATEGORIA C Visite tecniche con sopralluogo certo	
VERIFICHE IN CORSO D'OPERA	CATEGORIE A, B e C: Enti o privati possono richiedere al comando l'effettuazione di visite tecniche	

È facile individuare la tipologia di attività soggetta nel caso di stoccaggio di monomateriale. Nel caso di stoccaggio di rifiuti solidi urbani verrà preso in considerazione quello presente

nella maggiore quantità. Le attività soggette che rientrano nel caso di studio – per quanto concerne lo stoccaggio di rifiuti solidi - sono riportate nella seguente Tabella 4.3.

Tabella 4.3 Attività soggette dell'Allegato I

N.	ATTIVITÀ	CATEGORIA		
		A	B	C
34	Depositi di carta, cartoni e prodotti cartotecnici, archivi di materiale cartaceo, biblioteche, depositi per la cernita della carta usata, di stracci di cascami e di fibre tessili per l'industria della carta, con quantitativi in massa superiori a 5.000 kg		Fino a 50.000 kg	Oltre 50.000 kg
36	Depositi di legnami da costruzione e da lavorazione, di legna da ardere, di paglia, di fieno, di canne, di fascine, di carbone vegetale e minerale, di carbonella, di sughero e di altri prodotti affini con quantitativi in massa superiori a 50.000 kg con esclusione dei depositi all'aperto con distanze di sicurezza esterne superiori a 100 m		Fino a 500.000 kg	Oltre 500.000 kg
43	Stabilimenti ed impianti per la produzione, lavorazione e rigenerazione della gomma e/o laboratori di vulcanizzazione di oggetti di gomma, con quantitativi in massa superiori a 5.000 kg; depositi di prodotti della gomma, pneumatici e simili, con quantitativi in massa superiori a 10.000 kg		Depositi fino a 50.000 kg	Stabilimenti ed impianti per la produzione, lavorazione e rigenerazione e/o laboratori; depositi oltre 50.000 kg
44	Stabilimenti, impianti, depositi ove si producono, lavorano e/o detengono materie plastiche, con quantitativi in massa superiori a 5.000 kg		Depositi fino a 50.000 kg	Stabilimenti ed impianti; depositi oltre 50.000 kg
55	Attività di demolizioni di veicoli e simili con relativi depositi, di superficie superiore a 3.000 m ²		Fino a 5000 mq	oltre 50 addetti
70	Locali adibiti a depositi di superficie lorda superiore a 1000 m ² con quantitativi di merci e materiali combustibili superiori complessivamente a 5.000 kg		Fino a 8000 mq	oltre 800 addetti

4.3 Normativa vigente ed applicabile

La prevenzione incendi ad oggi affonda le sue radici in un complesso sistema di regole, norme e circolari. A supporto del progettista antincendio vi è un abbondante corpus normativo. Negli ultimi decenni si è sempre preferita la struttura prescrittiva che prevede di seguire alla lettera le regole al fine di garantire il raggiungimento della finalità della prevenzione incendi. Il risultato finale è ottenuto solamente se tutte le disposizioni sono attuate. Nel caso in cui in questo sistema normativo venisse tralasciata qualche prescrizione, questo porterebbe ad impedire, almeno formalmente, il raggiungimento degli obiettivi che la prevenzione incendi si pone. Pur creando in alcuni casi incertezza interpretativa, negli ultimi vent'anni i risultati ottenuti dall'iter prescrittivo sono ottimi: gli standard ottenuti in materia di sicurezza nel nostro Paese sono decisamente elevati. Con il passare del tempo è stato però possibile superare il concetto di regola tecnica di tipo unicamente prescrittivo. Si è dunque cercato di andare oltre lo standard convenzionale lasciando al progettista una certa autonomia nel definire le misure antincendio in base al profilo di rischio inizialmente individuato. La definizione delle modalità con cui impiegare l'approccio ingegneristico, di tipo prestazionale, è nato con il decreto ministeriale del 9 maggio 2007.

4.4 Il codice di prevenzione incendi

Il D.M. 3 agosto 2015 denominato "Codice di prevenzione incendi", figura 4.1, trova applicazione per le attività individuate con i numeri: 9; 14; da 27 a 40; da 42 a 47; da 50 a 54; 56; 57; 63; 64; 66, ad esclusione delle strutture turistico - ricettive nell'aria aperta e dei rifugi alpini; 67, ad esclusione degli asili nido; 70; 71; 75(4); 76 dell'allegato I del decreto del Presidente della Repubblica 1 agosto 2011, n. 151 (*art.2 dello stesso D.M.*). Le norme tecniche si possono applicare sia alle attività esistenti che a quelle di nuova realizzazione. Il codice presenta le metodologie per la progettazione della sicurezza antincendio da attuare con il fine di raggiungere gli obiettivi primari della prevenzione incendi.

Figura 4.1 Copertina del Codice di prevenzione incendi



Il codice fonda le sue basi su 8 principi che lo rendono rivoluzionario rispetto a molte delle normative preesistenti, e sono riportati in Tabella 4.4.

Tabella 4.4 Principi del DM 3 agosto 2015

PRINCIPI DM 3 agosto 2015	
Generalità	le medesime metodologie di progettazione della sicurezza antincendio descritte possono essere applicate a tutte le attività
Semplicità	laddove esistano varie possibilità per raggiungere il medesimo risultato si prediligono soluzioni più semplici, realizzabili, comprensibili, per le quali è più facile la manutenzione
Modularità	la complessità della materia è scomposta in moduli facilmente accessibili, che guidano il progettista alla composizione di soluzioni progettuali appropriate per la specifica attività
Flessibilità	ad ogni prestazione di sicurezza antincendio richiesta

	all'attività corrisponde sempre la proposta di molteplici soluzioni progettuali prescrittive o prestazionali. Sono inoltre definiti metodi riconosciuti affinché il progettista possa concepire autonomamente e dimostrare la validità della specifica soluzione progettuale alternativa, nel rispetto degli obiettivi di sicurezza antincendio
Standardizzazione ed integrazione	il linguaggio della prevenzione incendi è conforme agli standard internazionali. Sono state inoltre integrate le disposizioni derivanti dai documenti preesistenti della prevenzione incendi italiana
Inclusione	le diverse disabilità (es. motorie, sensoriali, cognitive, ...), temporanee o permanenti, delle persone che frequentano le attività sono considerate parte integrante della progettazione della sicurezza antincendio
Contenuti basati sull'evidenza	è basato su ricerca, valutazione ed uso sistematico dei risultati della ricerca scientifica nazionale ed internazionale nel campo della sicurezza antincendio
Aggiornabilità	è redatto in forma tale da poter essere facilmente aggiornato al fine di poter seguire il continuo avanzamento tecnologico e delle conoscenze.

Il Codice è costituito da 4 sezioni:

- **sezione G - Generalità:** contiene i principi fondamentali per la progettazione della sicurezza antincendio applicabili indistintamente a tutte le attività;
- **sezione S - Strategia antincendio:** contiene le misure antincendio di prevenzione, protezione e gestionali applicabili a tutte le attività, per comporre la strategia antincendio al fine di ridurre il rischio di incendio;
- **sezione V - Regole tecniche verticali:** contiene le regole tecniche verticali.
- **sezione M - Metodi:** contiene la descrizione di metodologie progettuali volte alla risoluzione di specifiche problematiche tecniche.

In Tabella 4.5 viene riportata l'articolazione delle quattro sezioni cui il Codice è suddiviso.

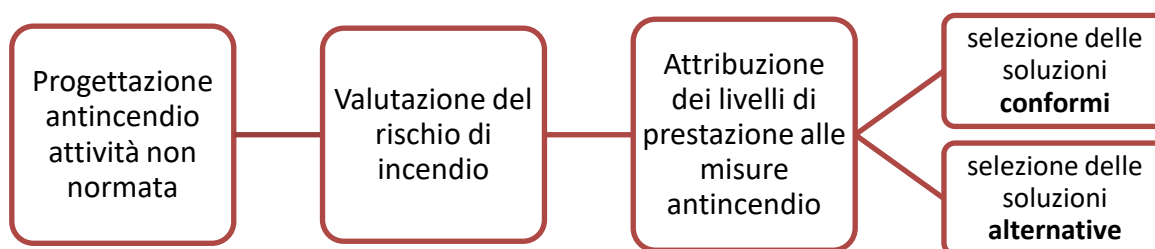
Tabella 4.5 Articolazione del Codice

Sezione G Generalità	G.1 Termini, definizioni e simboli grafici
	G.2 Progettazione per la sicurezza antincendio
	G.3 Determinazione dei profili di rischio delle attività
Sezione S Strategia antincendio	S.1 Reazione al fuoco
	S.2 Resistenza al fuoco
	S.3 Compartimentazione
	S.4 Esodo
	S.5 Gestione della sicurezza antincendio
	S.6 Controllo dell'incendio
	S.7 Rivelazione ed allarme
	S.8 Controllo di fumi e calore
	S.9 Operatività antincendio
	S.10 Sicurezza degli impianti tecnologici e di servizio
Sezione V Regole tecniche verticali	V.1 Aree a rischio specifico
	V.2 Aree a rischio per atmosfere esplosive
	V.3 Vani degli ascensori
	V.4 Uffici
	V.5 Attività ricettive turistico - alberghiere

	V.6 Attività di autorimessa
	V.7 Attività scolastiche
Sezione M Metodi	M.1 Metodologia per l'ingegneria della sicurezza antincendio
	M.2 Scenari di incendio per la progettazione prestazionale
	M.3 Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale

Per quanto concerne le attività non normate, ovvero attività non esplicitamente regolamentate dalla regola tecnica orizzontale, è necessario effettuare la valutazione del rischio incendio seguendo la metodologia in figura 4.2.

Figura 4.2 Metodologia per la valutazione del rischio



Per le attività sprovviste di regola tecnica verticale deve essere effettuata la valutazione del rischio di incendio seguendo lo schema sopra riportato. Sulla base di quanto sopra vengono attribuiti i profili di rischio:

- **R_{vita}**: profilo di rischio relativo alla salvaguardia della vita umana;
- **R_{beni}**: profilo di rischio relativo alla salvaguardia dei beni economici;
- **R_{ambiente}**: profilo di rischio relativo alla tutela dell'ambiente.

Dopo l'attribuzione dei profili di rischio il progettista antincendio abilitato per ogni misura antincendio attribuisce dei livelli di prestazione in funzione della complessità delle prestazioni previste. I livelli di prestazione sono classificati con numeri romani e sono in

ordine crescente di complessità di raggiungimento dei requisiti ed al crescere del “livello di sicurezza” garantito.

I capitoli della sezione S guidano il progettista nella giusta attribuzione dei livelli di prestazione e nel loro raggiungimento. È comunque possibile intraprendere soluzioni differenti da quelle consigliate dal codice purché il progettista riesca a dimostrare che il livello differente da quello previsto permetta ugualmente il raggiungimento degli obiettivi di sicurezza. L’attribuzione di livelli di prestazione diversi da quelli previsti è consentita solamente per le attività che prevedano la valutazione del progetto da parte del Corpo nazionale dei Vigili del fuoco.

Le soluzioni progettuali relative ad ogni livello di prestazione sono diverse. Sono definite tre tipologie di soluzioni progettuali:

1. soluzioni conformi;
2. soluzioni alternative;
3. soluzioni in deroga.

4.5 Casi studi e scelte progettuali

Per la definizione dei casi studio sono stati scelti due ipotetici siti in base alla loro classificazione secondo l’allegato I al D.P.R. 151/2011, tabella 4.6.

Tabella 4.6 definizione di attività del caso studio

N.	ATTIVITÀ	CATEGORIA		
		A	B	C
44	Stabilimenti, impianti, depositi ove si producono, lavorano e/o detengono materie plastiche, con quantitativi in massa superiori a 5.000 kg		Depositi fino a 50.000 kg	Stabilimenti ed impianti; depositi oltre 50.000 kg

Tra le diverse attività soggette riguardanti i rifiuti solidi è stata scelta la numero 44 riguardanti le materie plastiche. Sono stati eseguiti due diversi casi studio applicando la regola tecnica orizzontale.

Per il primo caso si è deciso di considerare un deposito di piccole dimensioni, consistente in circa 10000 kg di materiale stoccato. Ipotizzando una densità media di 1040 kg/m³ tale valore si traduce in un volume occupato pari a 9,6 m³, volume compatibile con la capienza

tipica di un piccolo compattatore o cassone scarrabile come quelli impiegati da alcune isole ecologiche per raccogliere i rifiuti. Tale quantità è stata ipotizzata rappresentativa anche come deposito di materia prima per una piccola industria di lavorazione di materie plastiche. Per il secondo caso si è scelto di valutare un deposito di medie dimensioni, stimando una quantità di materiale stoccato superiore di un ordine di grandezza rispetto alla precedente. Il volume complessivamente occupato è dunque di circa 96 m^3 . Necessitando di definire anche la superficie occupata da tale materiale, si è definito in via preliminare un limite alla quota di accumulo pari a 2 m, andando così a prevedere una superficie netta minima pari a 48 m^2 . Questo secondo caso può essere considerato rappresentativo di un deposito di materiale sfuso di dimensioni medio-piccole oppure di un deposito di materiale vergine. In entrambi i casi si ritiene opportuno valutarne la disposizione in pianta tenendo a mente le necessità legate alla movimentazione, ovvero dello spazio di manovra per mezzi e muletti.

In entrambi i casi si ritiene opportuno limitare la quantità di materiale accumulato in massa unica, in modo tale da facilitare l'intervento precoce di controllo ed estinzione di eventuali focolai d'incendio contrastandone, per quanto in forma parziale, la propagazione all'intera massa di materiale a deposito.

Tale separazione si rende peraltro già necessaria per ragioni logistiche valutando ciascuno dei due depositi come depositi di materiale vergine contenuto in big bags, movimentabili come europallet.

Prima di applicare la RTO è necessario definire i profili di rischio per entrambi i casi di studio. I tre profili valgono per entrambi i casi, essendo l'attività la stessa. Varia infatti solamente l'area e la quantità di materiale.

Il profilo di rischio R_{vita} è attribuito per compartimento in relazione ai seguenti fattori:

- δ_{occ} : caratteristiche prevalenti degli occupanti che si trovano nel compartimento antincendio, tabella 4.7;
- δ_a : velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio riferita al tempo t_a , in secondi, impiegato dalla potenza termica per raggiungere il valore di 1000 kW, tabella 4.8.

Tabella 4.7 Elenco delle caratteristiche degli occupanti, fattore δ_{occ}



Caratteristiche prevalenti degli occupanti δ_{occ}		Esempi	Caso in esame
A	Gli occupanti sono in stato di veglia ed hanno familiarità con l'edificio	Ufficio non aperto al pubblico, scuola, autorimessa privata, attività produttive in genere, depositi, capannoni industriali	
B	Gli occupanti sono in stato di veglia e non hanno familiarità con l'edificio	Gli occupanti sono in stato di veglia e non hanno familiarità con l'edificio	
C	Gli occupanti possono essere addormentati:	Civile abitazione	
Ci	<ul style="list-style-type: none"> • in attività individuale di lunga durata 	Dormitorio, residence, studentato, residenza per persone autosufficienti	
Cii	<ul style="list-style-type: none"> • in attività gestita di lunga durata 	Albergo, rifugio alpino	
Ciii	<ul style="list-style-type: none"> • in attività gestita di breve durata 		
D	Gli occupanti ricevono cure mediche	Degenza ospedaliera, terapia intensiva, sala operatoria, residenza per persone non autosufficienti e con assistenza sanitaria	
E	Occupanti in transito	Stazione ferroviaria, aeroporto, stazione metropolitana	

Tabella 4.8 Elenco delle velocità caratteristiche della crescita dell'incendio

δ_a	Velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio	Esempi	Caso in esame
1	600 Lenta	Materiali poco combustibili distribuiti in modo discontinuo o inseriti in contenitori non combustibili	
2	300 Media	Scatole di cartone impilate; pallets di legno; libri ordinati su scaffale; mobilio in legno; automobili; materiali classificati per reazione al fuoco (capitolo S.1)	

3	150 Rapida	Materiali plastici impilati; prodotti tessili sintetici; apparecchiature elettroniche; materiali combustibili non classificati per reazione al fuoco.	
4	75 Ultra-rapida	Liquidi infiammabili; materiali plastici cellulari o espansi e schiume combustibili non classificati per la reazione al fuoco	

L'attribuzione del profilo di rischio R_{beni} è effettuata per l'intera attività in funzione del carattere strategico dell'opera da costruzione e dell'eventuale valore storico, culturale, architettonico o artistico della stessa e dei beni in essa contenuti.

È attribuito all'attività R_{beni} secondo la tabella 4.9.

Tabella 4.9 Determinazione Rischio beni

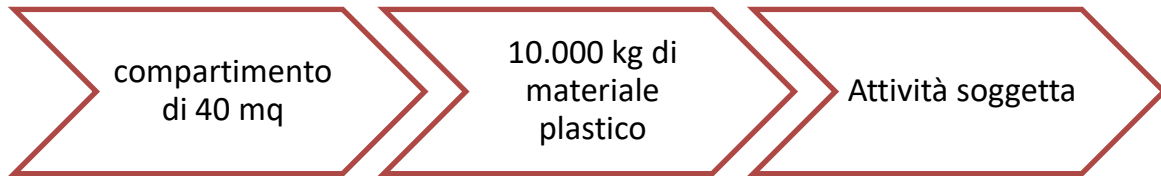
		Opera da costruzione vincolata	
		NO	SI
Opera da costruzione strategica	NO	$R_{beni}=1$	$R_{beni}=2$
	SI	$R_{beni}=3$	$R_{beni}=4$

Per quanto previsto dal Codice, il rischio ambientale può essere considerato adeguatamente mitigato dall'applicazione di tutte le misure connesse ai profili di rischio R_{vita} ed R_{beni} . Tuttavia, in virtù della possibile elevata tossicità dei prodotti della combustione di materie plastiche, si ritiene opportuno considerare una maggiore attenzione al possibile impatto ambientale rispetto a quanto ordinariamente consentito.

4.5.1 Caso studio 1

Di seguito verrà applicata la RTO ad un'attività soggetta contenete 10000 kg di materiale plastico. L'attività è costituita da un unico compartimento della superficie lorda di 40mq. Tutti i riferimenti di questo paragrafo sono relativi al DM 3 agosto 2015.

Figura 4.3 Identificazione attività




4.5.1.1 Reazione al fuoco (S.1)

La reazione al fuoco è una misura antincendio di protezione passiva che esplica i suoi principali effetti nella fase di prima propagazione dell'incendio, con l'obiettivo di limitare l'innesco dei materiali e la propagazione stessa dell'incendio. Essa si riferisce al comportamento al fuoco dei materiali nelle effettive condizioni finali di applicazione, con particolare riguardo al grado di partecipazione all'incendio che essi manifestano in condizioni standardizzate di prova.


Si procede con l'attribuzione del livello di prestazione per le vie d'esodo secondo la tabella 4.10.

Tabella 4.10 livello di prestazione vie d'esodo

Livello di prestazione	Criterio di attribuzione per le vie d'esodo	Caso in esame
I	Vie d'esodo non ricomprese negli altri criteri di attribuzione.	
II	Vie d'esodo dei compartimenti con profilo di rischio Rvita in B1.	
III	Vie d'esodo dei compartimenti con profilo di rischio Rvita in B1.	
IV	Vie d'esodo dei compartimenti con profilo di rischio Rvita in D1, D2.	

Si procede con l'attribuzione del livello di prestazione per gli altri locali dell'attività, tabella 4.11.

Tabella 4.11 livello di prestazione altri locali

Livello di prestazione	Criterio di attribuzione per gli altri locali dell'attività	Caso in esame
I	Locali non ricompresi negli altri criteri di attribuzione.	
II	Locali di compartimenti con profilo di rischio Rvita in B2, B3, Cii1, Cii2, Cii3, Ciii1, Ciii2, Ciii3, E1, E2, E3.	
III	Locali di compartimenti con profilo di rischio Rvita in D1, D2.	
IV	Su specifica richiesta del committente, previsti da capitolati tecnici di progetto, richiesti dalla autorità competente per costruzioni destinate ad attività di particolare importanza.	

Il livello di prestazione per la REAZIONE al FUOCO è I.


4.5.1.2 Resistenza al fuoco (S.2)

La finalità della resistenza al fuoco è quella di garantire la capacità portante delle strutture in condizioni di incendio nonché la capacità di compartimentazione, per un tempo minimo necessario al raggiungimento degli obiettivi di sicurezza di prevenzione incendi.

Si procede con l'attribuzione del livello di prestazione al caso in esame, tabella 4.12.

Tabella 4.12 Livello di prestazione resistenza al fuoco

Livello di prestazione	Criterio di attribuzione	Caso in esame
I	Opere da Costruzione, comprensive di eventuali manufatti di servizio adiacenti nonché dei relativi impianti tecnologici di servizio, dove sono verificate tutte le seguenti condizioni:	

	<ul style="list-style-type: none"> • compartimentate rispetto ad altre opere da costruzione eventualmente adiacenti e strutturalmente separate da esse e tali che l'eventuale cedimento strutturale non arrechi danni ad altre opere da costruzione; • adibite ad attività afferenti ad un solo responsabile dell'attività e con i seguenti profili di rischio: Rbeni pari a 1; Rambiente non significativo; • non adibite ad attività che comportino presenza di occupanti, ad esclusione di quella occasionale e di breve durata di personale addetto. 	
II	<p>Opere da Costruzione o porzioni di opere da costruzione, comprensive di eventuali manufatti di servizio adiacenti nonché dei relativi impianti tecnologici di servizio, dove sono verificate tutte le seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> • compartimentate rispetto ad altre opere da costruzione eventualmente adiacenti; • strutturalmente separate da altre opere da costruzione e tali che l'eventuale cedimento strutturale non arrechi danni alle stesse ovvero, in caso di assenza di separazione strutturale, tali che l'eventuale cedimento della porzione non arrechi danni al resto dell'opera da costruzione; • adibite ad attività afferenti ad un solo responsabile dell'attività e con i seguenti profili di rischio: Rvita compresi in A1, A2, A3, A4; Rbeni pari a 1; Rambiente non significativo; • densità di affollamento non superiore a 0,2 persone/mq; • non prevalentemente destinate ad occupanti con disabilità; • aventi piani situati a quota compresa tra -5 m e 12 m. 	
III	Opere da costruzione non ricomprese negli altri criteri di attribuzione.	
IV e V	Su specifica richiesta del committente, previsti da capitolati tecnici di progetto, richiesti dalla autorità competente per costruzioni destinate ad attività di particolare importanza.	

Il livello di prestazione per la RESISTENZA al FUOCO è III.

Che cosa prevede questo livello?

1. Deve essere interposta una **distanza di separazione** su spazio a cielo libero verso le altre opere da costruzione. Il valore di tale distanza di separazione è ricavato secondo le procedure di cui al paragrafo S.3.11 e non deve comunque risultare inferiore alla massima altezza della costruzione.
2. Devono essere **verificate le prestazioni di resistenza** al fuoco delle costruzioni in base agli incendi convenzionali di progetto come previsto al paragrafo S.2.5.
3. La **classe minima di resistenza al fuoco** è ricavata per compartimento in relazione al carico di incendio specifico di progetto $q_{f,d}$ come indicato in tabella 4.13.

Tabella 4.13 Classi minima di resistenza al fuoco

CARICO INCENDIO SPECIFICO DI PROGETTO ($q_{f,d}$) [MJ/m ²]	CLASSE MINIMA DI RESISTENZA AL FUOCO [minuti]
≤ 200	nessun requisito
≤ 300	15
≤ 450	30
≤ 600	45
≤ 900	60
≤ 1200	90
≤ 1800	120
≤ 2400	180
> 2400	240

Il carico d'incendio specifico di progetto (espresso in MJ/m²) è stato determinato in accordo al paragrafo S.2-9 del D.M. 3.8.2015:

$$q_{f,d} = \delta_{q1} * \delta_{q2} * \delta_{qn} * q_f$$

- δ_{q1} , δ_{q2} e δ_{qn} sono i fattori definiti con le tabelle 4.14,4.15 e 4.16
- q_f è il carico d'incendio nominale.


Tabella 4.14 δ_{q1} è fattore che tiene conto del rischio di incendio in relazione alla dimensione del compartimento

Superficie lorda del compartimento (mq)	δ_{q1}
A<500	1,00

Tabella 4.15 δ_{q2} è il fattore che tiene conto del rischio di incendio in relazione al tipo di attività svolta nel compartimento

Classe di rischio	Descrizione	δ_{q2}
II	Aree che presentano un moderato rischio di incendio in termini di probabilità d'innescio, velocità di propagazione di un incendio e possibilità di controllo dell'incendio stesso da parte delle squadre di emergenza	1,00

Tabella 4.16 δ_{qn} è il fattore che tiene conto delle differenti misure antincendio del compartimento

Misura antincendio minima		δ_{ni}		Caso di studio
Controllo dell'incendio (Capitolo S.6) con livello di prestazione III	rete idranti con protezione interna	δ_{n1}	0,9	
	rete idranti con protezione interna ed esterna	δ_{n2}	0,8	
Controllo dell'incendio (Capitolo S.6) con livello minimo di prestazione IV	sistema automatico ad acqua o schiuma e rete idranti con protezione interna	δ_{n3}	0,54	
	altro sistema automatico e rete idranti con protezione interna	δ_{n4}	0,72	
	sistema automatico ad acqua o schiuma e rete idranti con protezione interna ed esterna	δ_{n5}	0,48	
	altro sistema automatico e rete idranti con protezione interna ed esterna	δ_{n6}	0,64	

Gestione della sicurezza antincendio (Capitolo S.5), con livello minimo di prestazione II	δ_{n7}	0,90	✓
Controllo di fumi e calore (Capitolo S.8), con livello di prestazione III	δ_{n8}	0,90	
Rivelazione ed allarme (Capitolo S.7), con livello minimo di prestazione III	δ_{n9}	0,85	✓
Operatività antincendio (Capitolo S.9), con soluzione conforme per il livello di prestazione IV	δ_{n10}	0,81	

q_f (espresso in MJ/m²), determinato con la formula seguente:

$$q_f = \frac{\sum_{q=1}^n (g_i * H_i * m_i * \psi_i)}{A}$$

$$g_i = 10000 \text{ kg}$$

$$H_i = 46 \text{ MJ/kg}$$

$$m_i = 1$$

$$\psi_i = 1$$

$$A = 40 \text{ mq}$$

$$q_f = 11500 \text{ MJ/mq}$$

Tabella 4.17 Determinazione carico d'incendio

COMPARTIMENTO	Superficie [mq]	q_f [MJ/mq]	δ_{q1}	δ_{q2}	δ_n	$q_{f,d}$ [MJ/mq]
1	40	11500 MJ/mq	1,00	1,00	0,85 0,8 0,9	7038 MJ/mq

Tabella 4.18 Classe minima di resistenza al fuoco


CARICO INCENDIO SPECIFICO DI PROGETTO ($q_{f,d}$) [MJ/m ²]	CLASSE MINIMA DI RESISTENZA AL FUOCO [minuti]
> 2400	240

4.5.1.3 Compartimentazione (S.3)

La finalità della compartimentazione è di limitare la propagazione dell'incendio e dei suoi effetti verso altre attività o all'interno della stessa attività.

Si procede con l'attribuzione del livello di prestazione al caso in esame, tabella 4.19.

Tabella 4.19 Livello di prestazione compartimentazione

Livello di prestazione	Criterio di attribuzione	Caso in esame
I	Non ammesso nelle attività soggette	
II	Attività non ricomprese negli altri criteri di attribuzione	
III	In relazione alle risultanze della valutazione del rischio nell'ambito e in ambiti limitrofi della stessa attività (es. attività con elevato affollamento, attività con geometria complessa o piani interrati, elevato carico di incendio specifico q_f , presenza di sostanze o miscele pericolose in quantità significative, presenza di lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio o dell'esplosione, ...). Si può applicare in particolare ove sono presenti compartimenti con profilo di rischio R_{vita}	

	compreso in D1, D2, Cii2, Cii3, Ciii2, Ciii3, per proteggere gli occupanti che dormono o che ricevono cure mediche	
--	--	--

Il livello di prestazione per la COMPARTIMENTAZIONE è II.

Che cosa prevede questo livello?

1. Al fine di limitare la propagazione dell'incendio verso altre attività deve essere impiegata almeno una delle seguenti soluzioni conformi:
 - a) inserire le diverse attività in **compartimenti antincendio distinti**, come descritto nei paragrafi S.3.5 ed S.3.6, con le caratteristiche di cui al paragrafo S.3.7;
 - b) **interporre distanze di separazione su spazio a cielo libero** tra le diverse attività contenute in opere da costruzione , come descritto nel paragrafo S.3.8. 2.
2. Al fine di limitare la propagazione dell'incendio all'interno della stessa attività deve essere impiegata almeno una delle seguenti soluzioni conformi:
 - a) suddividere la volumetria dell'opera da costruzione contenente l'attività, in **compartimenti antincendio**, come descritto nei paragrafi S.3.5 ed S.3.6, con le caratteristiche di cui al paragrafo S.3.7;
 - b) interporre distanze di separazione su spazio a cielo libero tra opere da costruzione che contengono l'attività, come descritto nel paragrafo S.3.8.
3. **L'ubicazione delle diverse attività** presenti nella stessa opera da costruzione deve essere stabilita secondo i criteri di cui al paragrafo S.3.9 .
4. **Sono ammesse comunicazioni tra le diverse attività** presenti nella stessa opera da costruzione realizzate con le limitazioni e le modalità descritte al paragrafo S.3.10.


Il caso studio prevede un unico compartimento.

4.5.1.4 Esodo (S.4)

La finalità del sistema d'esodo è di assicurare che gli occupanti dell'attività possano raggiungere o permanere in un luogo sicuro, a prescindere dall'intervento dei Vigili del fuoco.

Si procede con l'attribuzione del livello di prestazione al caso in esame, tabella 4.20.

Tabella 4.20 Livello di prestazione esodo

Livello di prestazione	Criterio di attribuzione	Caso in esame
I	Tutte le attività	
II	Compartimenti per i quali non sia possibile garantire il livello di prestazione I (es. a causa della dimensione del compartimento, ubicazione, tipologia degli occupanti o dell'attività ...)	

Il livello di prestazione per l'ESODO è I.

Che cosa prevede questo livello?


1. L'esodo degli occupanti avverrà verso luogo sicuro.
2. Il sistema d'esodo deve essere progettato nel rispetto di quanto previsto al paragrafo S.4.5 e successivi.
3. Possono essere eventualmente previste le misure antincendio aggiuntive di cui al paragrafo S.4.10.

4.5.1.5 Gestione della sicurezza antincendio (S.5)

La gestione della sicurezza antincendio (GSA) rappresenta la misura antincendio organizzativa e gestionale atta a garantire, nel tempo, un adeguato livello di sicurezza dell'attività in caso di incendio.

Si procede con l'attribuzione del livello di prestazione al caso in esame, tabella 4.21.

Tabella 4.21 Livello di prestazione gestione della sicurezza antincendio

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione	Caso in esame
I	<p>Attività ove siano verificate tutte le seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> • profili di rischio: Rvita compresi in A1, A2, Ci1, Ci2, Ci3; Rbeni pari a 1; Rambiente non significativo; • non prevalentemente destinata ad occupanti con disabilità; • tutti i piani dell'attività situati a quota compresa tra - 10 m e 54 m; • carico di incendio specifico qf non superiore a 1200 MJ/mq; • non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative; • non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio o dell'esplosione. 	
II	Attività non ricomprese negli altri criteri di attribuzione	
III	<p>Attività ove sia verificato almeno una delle seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> • profilo di rischio Rbeni compreso in 3, 4; • elevato affollamento complessivo: se aperta al pubblico: affollamento complessivo superiore a 300 persone; se non aperta al pubblico: affollamento complessivo superiore a 1000 persone; • numero complessivo di posti letto superiore a 100 e profili di rischio Rvita compresi in D1, D2, Ciii1, Ciii2, Ciii3; • si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative e affollamento complessivo 	

	<p>superiore a 25 persone;</p> <ul style="list-style-type: none"> • si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio o dell'esplosione e affollamento complessivo superiore a 25 persone 	
--	---	--

Il livello di prestazione per la GESTIONE DELLA SICUREZZA ANTINCENDIO è II.

Che cosa prevede questo livello?

Tabella 4.22 Struttura organizzativa minima livello di prestazione II.

Struttura organizzativa minima	Compiti e funzioni
Responsabile dell'attività	<p>Tutti i compiti e le funzioni del livello di prestazione I ed in aggiunta i seguenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • adotta procedure gestionali e di manutenzione dei sistemi e delle attrezzature di sicurezza, inserite in apposito piano di mantenimento del livello di sicurezza antincendio; • eventualmente predispone centro di gestione dell'emergenza conforme a quanto previsto al paragrafo S.5.6.7; • modifica il piano di emergenza a seguito di segnalazioni da parte del Coordinatore degli addetti al servizio antincendio.
Coordinatore degli addetti del servizio antincendio	<p>Addetto al servizio antincendio, individuato dal responsabile dell'attività, che:</p> <ul style="list-style-type: none"> • sovrintende i servizi relativi all'attuazione delle misure antincendio previste; • coordina gli interventi, in emergenza, degli addetti, la messa in sicurezza degli impianti; • si interfaccia con i responsabili delle squadre dei soccorritori.
Addetti al servizio antincendio	<p>In condizioni ordinarie, attuano le disposizioni della GSA, in particolare:</p>


	<ul style="list-style-type: none"> • attuano le misure antincendio preventive; • garantiscono la fruibilità delle vie d'esodo; • verificano la funzionalità delle misure antincendio protettive. <p>In condizioni d'emergenza, attuano il piano d'emergenza, in particolare:</p> <ul style="list-style-type: none"> • provvedono allo spegnimento di un principio di incendio; • guidano l'evacuazione degli occupanti secondo le procedure adottate; • eseguono le comunicazioni previste in emergenza; • offrono assistenza alle squadre di soccorso.
GSA in esercizio	Come prevista al paragrafo S.5.6
GSA in emergenza	Come prevista al paragrafo S.5.7
Adempimenti minimi	<ul style="list-style-type: none"> • prevenzione degli incendi; • istruzioni e planimetrie di piano per gli occupanti; • registro dei controlli; • piano d'emergenza; • formazione ed informazione addetti al servizio antincendio; • piano di mantenimento del livello di sicurezza.

4.5.1.6 Controllo dell'incendio (S.6)

La presente misura antincendio ha come scopo l'individuazione dei presidi antincendio da installare nell'attività per la sua protezione di base, attuata solo con estintori, e per la sua protezione manuale o protezione automatica finalizzata al controllo dell'incendio o anche, grazie a specifici impianti, alla sua completa estinzione.

Si procede con l'attribuzione del livello di prestazione al caso in esame, tabella 4.23.

Tabella 4.23 Livello di prestazione controllo dell'incendio

Livello di prestazione	Criterio di attribuzione	Caso in esame
I	Non ammesso nelle attività soggette	
II	<p>Attività dove siano verificate tutte le seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> • profili di rischio: Rvita compresi in A1, A2, B1, B2, Ci1, Ci2, Cii1, Cii2, Ciii1, Ciii2; Rbeni pari a 1, 2; Rambiente non significativo; • densità di affollamento non superiore a 0,7 persone/mq; • tutti i piani dell'attività situati a quota compresa tra -5 m e 32 m; • carico di incendio specifico qf non superiore a 600 MJ/mq; • superficie lorda di ciascun compartimento non superiore a 4000 mq; • non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative; • non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio. 	
III	Attività non ricomprese negli altri criteri di attribuzione.	
IV	In relazione alle risultanze della valutazione del rischio nell'ambito e in ambiti limitrofi della stessa attività(es. attività con elevato affollamento, attività con geometria complessa o piani interrati, elevato carico di incendio specifico qf, presenza di sostanze o miscele pericolose in quantità significative, presenza di lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio, ...).	
V	Su specifica richiesta del committente, previsti da capitolati tecnici di progetto, richiesti dalla autorità	


	competente per costruzioni destinate ad attività di particolare importanza, previsti da regola tecnica verticale.	
--	---	--

Il livello di prestazione per il CONTROLLO DELL'INCENDIO è III.

Che cosa prevede questo livello?

1. La **protezione di base** ha l'obiettivo di garantire l'utilizzo di un presidio antincendio che sia efficace su un principio d'incendio, prima che questo inizi a propagarsi nell'attività.
2. La protezione di base si attua attraverso l'impiego di estintori installati e gestiti in conformità alla vigente regolamentazione e alle norme adottate dall'ente di normazione nazionale. **La tipologia degli estintori** installati deve essere selezionata in riferimento alle classi di incendio di cui alla tabella 4.24.

Tabella 4.24 Classi d'incendio

Classe di incendi	Descrizione	Caso in esame
A	A Incendi di materiali solidi, usualmente di natura organica, che portano alla formazione di braci	
B	Incendi di materiali liquidi o solidi liquefacibili, quali petrolio, paraffina, vernici, oli e grassi minerali, plastiche, ecc.	
C	Incendi di gas	
D	Incendi di metalli	
F	Incendi di oli e grassi vegetali o animali (es. apparecchi di cottura)	

Essendo la superficie lorda del compartimento non superiore a 200 mq devono essere installati almeno 2 estintori di classe non inferiore a 144 B, in prossimità delle sorgenti di rischio ed in posizione contrapposta.

3. Gli **estintori devono essere sempre disponibili** per l'uso immediato e pertanto devono essere collocati in posizione facilmente visibile e raggiungibile, in prossimità

delle uscite di piano e lungo i percorsi d'esodo, in prossimità delle aree a rischio specifico.

4. Gli estintori che richiedono competenze particolari per il loro impiego devono essere **posizionati e segnalati** in modo da poter essere impiegati solo da personale specificamente addestrato.
5. Laddove sia necessario installare estintori efficaci per più classi di incendio, si raccomanda **di minimizzare il numero di tipi diversi di estintori** nel rispetto delle massime distanze da percorrere.
6. La protezione manuale si attua mediante l'installazione di una **rete idranti** a protezione dell'intera attività o di singoli compartimenti.
7. E' considerata soluzione conforme la rete di idranti progettata, installata e gestita in conformità alla vigente regolamentazione e alle norme e documenti tecnici adottati dall'ente di normazione nazionale.
8. I livelli di pericolosità, le tipologie di protezione (protezione interna o protezione esterna) e le caratteristiche dell'alimentazione idrica della rete di idranti sono stabiliti dal progettista sulla base della valutazione del rischio di incendio.
9. Per la protezione interna è preferibile l'installazione di napsi nelle attività civili (es. strutture sanitarie, scolastiche, alberghiere, ...), mentre per le altre attività è preferibile l'installazione di **idranti a muro**.
10. La protezione esterna, qualora prevista, e previa valutazione del Comando provinciale dei Vigili del fuoco competente per territorio, può essere sostituita dalla rete pubblica se utilizzabile anche per il servizio antincendio, a condizione che la stessa sia rispondente alle seguenti indicazioni:
 - a) gli idranti siano posti nelle immediate vicinanze dell'attività stessa. Si considera accettabile un percorso sempre fruibile di massimo 100 m fra un idrante della rete pubblica ed il confine dell'attività;
 - b) la rete sia in grado di erogare la portata totale prevista per la protezione esterna specificata. Tale prestazione deve essere attestata dal progettista tramite dati forniti dall'ente erogatore o da prove pratiche di erogazione;
11. Nelle attività con livello di pericolosità 3, valutato secondo la norma UNI 10779, per le quali non sia prevista dal progettista alcuna protezione esterna, deve comunque

essere garantito almeno il livello di prestazione III della strategia operatività antincendio (Capitolo S.9).

12. Ai fini della determinazione della continuità dell'alimentazione idrica dell'impianto, la disponibilità può essere attestata mediante dati statistici relativi agli anni precedenti. Analogo criterio può essere utilizzato per la determinazione della continuità dell'alimentazione elettrica. Le predette attestazioni sono rilasciate dagli Enti erogatori o da professionista antincendio.


4.5.1.7 Rivelazione ed allarme (S.7)

Gli impianti di rivelazione incendio e segnalazione allarme incendi (IRAI), di seguito denominati impianti, nascono con l'obiettivo principale di rivelare un incendio quanto prima possibile e di lanciare l'allarme al fine di attivare le misure protettive (es. impianti automatici di controllo o estinzione, compartimentazione, evacuazione di fumi e calore, ...) e gestionali (es. piano e procedure di emergenza e di esodo) progettate e programmate in relazione all'incendio rivelato ed all'area ove tale principio di incendio si è sviluppato rispetto all'intera attività sorvegliata.

Si procede con l'attribuzione del livello di prestazione al caso in esame, tabella 4.25.

Tabella 4.25 Livello di prestazione rivelazione ed allarme

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione	Caso in esame
I	Attività dove siano verificate tutte le seguenti condizioni: <ul style="list-style-type: none"> • profili di rischio: Rvita compresi in A1, A2, Ci1, Ci2, Ci3; Rbeni pari a 1; Rambiente non significativo; • attività non aperta al pubblico; • densità di affollamento non superiore a 0,2 persone/mq; • non prevalentemente destinata ad occupanti con disabilità; • tutti i piani dell'attività situati a quota compresa tra -5 m e 12 m; • superficie lorda di ciascun compartimento non 	

	<p>superiore a 4000 mq;</p> <ul style="list-style-type: none"> • carico di incendio specifico qf non superiore a 600 MJ/mq; • non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative; • non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio. 	
II	<p>Attività dove siano verificate tutte le seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> • profili di rischio: Rvita compresi in A1, A2, B1, B2, Ci1, Ci2, Ci3; Rbeni pari a 1; Rambiente non significativo; • densità di affollamento non superiore a 0,7 persone/mq; • tutti i piani dell'attività situati a quota compresa tra -10 m e 54 m; • carico di incendio specifico qf non superiore a 600 MJ/mq; • non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative; • non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio. 	
III	Attività non ricomprese negli altri criteri di attribuzione	
IV	In relazione alle risultanze della valutazione del rischio nell'ambito e in ambiti limitrofi della stessa attività (es. attività con elevato affollamento, attività con geometria complessa o piani interrati, elevato carico di incendio specifico qf, presenza di sostanze o miscele pericolose in quantità significative, presenza di lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio, ...).	

Il livello di prestazione per RIVELAZIONE ED ALLARME è III.

Che cosa prevede questo livello?

Tabella 4.26 Cosa prevede il livello di prestazione III per Rivelazione ed allarme


Aree sorvegliate	Spazi comuni, vie d'esodo e spazi limitrofi, aree dei beni da proteggere, aree a rischio specifico.
Funzioni principali	A, Rivelazione automatica dell'incendio B, Funzione di controllo e segnalazione D, Funzione di segnalazione manuale L, Funzione di alimentazione C, Funzione di allarme incendio
Funzioni secondarie	E, Funzione di trasmissione dell'allarme incendio F, Funzione di ricezione dell'allarme incendio G, Funzione di comando del sistema o attrezzatura di protezione contro l'incendio H, Sistema o impianto automatico di protezione contro l'incendio Non previste ove l'avvio dei sistemi di protezione attiva ed arresto altri impianti sia demandato a procedure operative nella pianificazione d'emergenza
Funzione di evacuazione e allarme	Con dispositivi di diffusione visuale e sonora o altri dispositivi adeguati alle capacità percettive degli occupanti ed alle condizioni ambientali (es. segnalazione di allarme ottica, a vibrazione, ...).
Funzione di avviso protezione attiva ed arresto altri impianti	Demandate a procedure operative nella pianificazione d'emergenza O Automatiche su comando della centrale o mediante centrali autonome di azionamento (asservite alla centrale master), richiede le ulteriori funzioni E, F, G, H della tabella S.7-4.

4.5.1.8 Controllo di fumi e calore (S.8)

La misura antincendio di controllo di fumo e calore ha come scopo l'individuazione dei presidi antincendio da installare nell'attività per consentire il controllo, l'evacuazione o lo smaltimento dei prodotti della combustione in caso di incendio.

Si procede con l'attribuzione del livello di prestazione al caso in esame, tabella 4.27.

Tabella 4.27 Livello di prestazione controllo fumi e calore

Livello di prestazione	Criterio di attribuzione	Caso in esame
I	<p>Compartimenti dove siano verificate tutte le seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> • non adibiti ad attività che comportino presenza di occupanti, ad esclusione di quella occasionale e di breve durata di personale addetto; • superficie lorda di ciascun compartimento non superiore a 25 mq; • carico di incendio specifico qf non superiore a 600 MJ/mq; • non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative; • non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio. 	
II	Compartimento non ricompreso negli altri criteri di attribuzione.	
III	In relazione alle risultanze della valutazione del rischio nell'ambito e in ambiti limitrofi della stessa attività (es. attività con elevato affollamento, attività con geometria complessa o piani interrati, elevato carico di incendio specifico qf, presenza di sostanze o miscele pericolose in quantità significative, presenza di lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio, ...).	

Il livello di prestazione per la CONTROLLO DI FUMI E CALORE è II.

Che cosa prevede questo livello?

1. Per ogni piano e locale del compartimento deve essere prevista la **possibilità di effettuare lo smaltimento di fumo e calore d'emergenza** secondo quanto previsto al paragrafo S.8.5.

Le **aperture di smaltimento devono consentire lo smaltimento di fumo e calore** da piani e locali del compartimento verso l'esterno dell'attività (es. direttamente o tramite condotto appositamente dimensionato, ...). Le aperture di smaltimento devono essere protette dall'ostruzione accidentale durante l'esercizio dell'attività. La gestione delle aperture di smaltimento deve essere considerata nell'eventuale piano di emergenza. Le dimensioni minime delle aperture di smaltimento sono riportate in tabella 4.28 in funzione del carico di incendio specifico q_f calcolato secondo il capitolo S.2, della superficie lorda di ciascun piano del compartimento A.

Tabella 4.28 Superficie utile minima delle aperture di smaltimento

TIPO	Carico di incendio specifico q_f	Superficie utile minima delle aperture di smaltimento S_{sm}	Requisiti aggiuntivi
SE3	$q_f \geq 1200 \text{ MJ/mq}$	A/25	10% di S_{sm} di tipo Sea o SEb o Sec

Nel caso in esame la superficie minima utile delle aperture di smaltimento è pari a:

$$S_{sm} = \frac{A}{25} = \frac{40}{25} = 1,6 \text{ mq}$$

Di cui 0,16 mq di tipo Sea o SEb o Sec.

Le aperture di smaltimento dovrebbero essere distribuite uniformemente nella porzione superiore di tutti i locali, al fine di facilitare lo smaltimento dei fumi caldi da tutti gli ambiti del compartimento.

L'uniforme distribuzione in pianta delle aperture di smaltimento può essere verificata imponendo che ciascun locale sia completamente coperto in pianta dalle aree di influenza delle aperture di smaltimento ad esso pertinenti, imponendo nel calcolo un raggio di


influenza r_{offset} pari a 20 m o altrimenti determinato secondo le risultanze dell'analisi del rischio.

4.5.1.9 Operatività antincendio (S.9)

L'operatività antincendio ha lo scopo di agevolare l'effettuazione di interventi di soccorso dei Vigili del fuoco in tutte le attività.

Si procede con l'attribuzione del livello di prestazione al caso in esame, tabella 4.29.

Tabella 4.29 Livello di prestazione operatività antincendio

Livelli di prestazione	Criteri di attribuzione	Caso in esame
I	Non ammesso nelle attività soggette	
II	Attività dove siano verificate tutte le seguenti condizioni: <ul style="list-style-type: none"> • profili di rischio: Rvita compresi in A1, A2, B1, B2, Ci1, Ci2; Rbeni pari a 1; Rambiente non significativo; • densità di affollamento non superiore a 0,2 persone/mq; • tutti i piani dell'attività situati a quota compresa tra -5 m e 12 m; • superficie lorda di ciascun compartimento non superiore a 4000 mq; • carico di incendio specifico qf non superiore a 600 MJ/mq; • non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative; • non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio o dell'esplosione 	
III	Attività non ricomprese negli altri criteri di attribuzione.	

IV	<p>Attività dove sia verificata almeno una delle seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> • profilo di rischio Rbeni compreso in 3, 4; • elevato affollamento complessivo: se aperta al pubblico: affollamento complessivo superiore a 300 persone; se non aperta al pubblico: affollamento complessivo superiore a 1000 persone; • numero totale di posti letto superiore a 100 e profili di rischio Rvita compresi in D1, D2, Ciii1, Ciii2, Ciii3; • si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative e affollamento complessivo superiore a 25 persone; • si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio o dell'esplosione e affollamento complessivo superiore a 25 persone. 	
----	---	--

Il livello di prestazione per l'OPERATIVITÀ ANTINCENDIO è III.

Che cosa prevede questo livello?

1. Deve essere **permanentemente assicurata la possibilità di avvicinare i mezzi di soccorso antincendio**, adeguati al rischio d'incendio, agli accessi ai piani di riferimento dei compartimenti di ciascuna opera da costruzione dell'attività. Di norma, la distanza dei mezzi di soccorso dagli accessi non dovrebbe essere superiore a 50 m.
2. In caso di attività progettata per i livelli di prestazione I o II di resistenza al fuoco previsti nel capitolo S.2, la distanza di cui al comma 1 non deve comunque essere inferiore alla massima altezza dell'opera da costruzione. Tale distanza deve essere segnalata mediante un cartello UNI EN ISO 7010-M001 o equivalente riportante il messaggio "Costruzione progettata per livello di prestazione di resistenza al fuoco inferiore a III"

3. In assenza di protezione interna della rete idranti nelle attività a più piani fuori terra o interrati, deve essere prevista la colonna a secco di cui al paragrafo S.9.5.
4. In assenza di protezione esterna della rete idranti propria dell'attività, deve essere disponibile almeno un idrante, collegato alla rete pubblica, raggiungibile con un percorso massimo di 500 m dai confini dell'attività; tale idrante deve assicurare un'erogazione minima di 300 litri/minuto.

4.5.1.10 Sicurezza degli impianti tecnologici e di servizio (S.10)

Si procede con l'attribuzione del livello di prestazione al caso in esame:

Il livello di prestazione per la SICUREZZA DEGLI IMPIANTI TECNOLOGICI E DI SERVIZIO è I.

Che cosa prevede questo livello?

1. Si ritengono conformi gli impianti tecnologici e di servizio progettati, installati, verificati, eserciti e mantenuti a regola d'arte, in conformità alla regolamentazione vigente, secondo le norme di buona tecnica applicabili.
2. Tali impianti devono garantire gli obiettivi di sicurezza antincendio riportati al paragrafo S.10.5 ed essere altresì conformi alle prescrizioni tecniche riportate al paragrafo S.10.6 per la specifica tipologia dell'impianto.
3. Gli impianti tecnologici e di servizio di cui al paragrafo S.10.1 devono rispettare i seguenti obiettivi di sicurezza antincendio:
 - a) limitare la probabilità di costituire causa di incendio o di esplosione;
 - b) limitare la propagazione di un incendio all'interno degli ambienti di installazione e contigui ;
 - c) non rendere inefficaci le altre misure antincendio, con particolare riferimento agli elementi di compartimentazione;
 - d) consentire agli occupanti di lasciare gli ambienti in condizione di sicurezza;
 - e) consentire alle squadre di soccorso di operare in condizioni di sicurezza;
 - f) essere disattivabili, o altrimenti gestibili, a seguito di incendio.
4. La gestione e la disattivazione di impianti tecnologici e di servizio, anche quelli destinati a rimanere in servizio durante l'emergenza, deve:

- a) poter essere effettuata da posizioni segnalate, protette dall'incendio e facilmente raggiungibili;
- b) essere prevista e descritta nel piano d'emergenza.

4.5.1.11 Riassunto livelli di prestazione

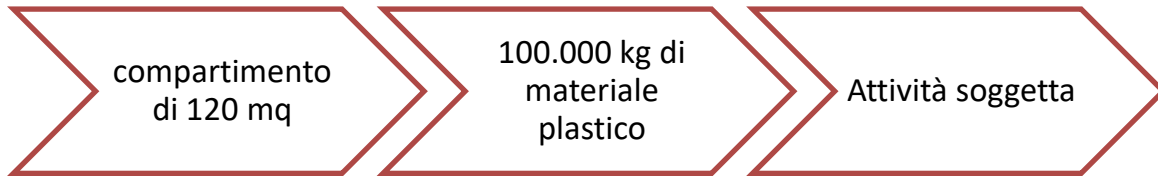
Tabella 4.30 Riassunto livelli di prestazione

	Livello di prestazione
S.1 Reazione al fuoco	I
S.2 Resistenza al fuoco	III
S.3 Compartimentazione	II
S.4 Esodo	I
S.5 Gestione della sicurezza antincendio	II
S.6 Controllo dell'incendio	III
S.7 Rivelazione ed allarme	III
S.8 Controllo di fumi e calore	II
S.9 Operatività antincendio	III
S.10 Sicurezza degli impianti tecnologici e di servizio	I

4.5.2 Caso studio 2

Di seguito verrà applicata la RTO ad un'attività soggetta contenete 100000 kg di materiale plastico. L'attività è costituita da un unico compartimento della superficie lorda di 120 mq. Tutti i riferimenti di questo paragrafo sono relativi al DM 3 agosto 2015.

Figura 4.4 Identificazione attività



Per quanto riguarda i livelli di prestazione non sono state riscontrate differenze rispetto al caso di studio 1.

4.5.2.1 Reazione al fuoco (S.1)

Il livello di prestazione per la REAZIONE al FUOCO è I.

4.5.2.2 Resistenza al fuoco (S.2)

Il livello di prestazione per la RESISTENZA al FUOCO è III.

Il carico d'incendio specifico di progetto (espresso in MJ/m²) è stato determinato in accordo al paragrafo S.2-9 del D.M. 3.8.2015:

$$q_{f,d} = \delta_{q1} * \delta_{q2} * \delta_{qn} * q_f$$

- δ_{q1} , δ_{q2} e δ_{qn} sono i fattori definiti con le tabelle 4.31, 4.32 e 4.33
- q_f è il carico d'incendio nominale.

Tabella 4.31 δ_{q1} è fattore che tiene conto del rischio di incendio in relazione alla dimensione del compartimento:



Superficie lorda del compartimento (mq)	δ_{q1}
A<500	1,00


Tabella 4.32 δ_{q2} è il fattore che tiene conto del rischio di incendio in relazione al tipo di attività svolta nel compartimento

Classe di rischio	Descrizione	δ_{q2}
II	Aree che presentano un moderato rischio di incendio in termini di probabilità d'innesco, velocità di propagazione di un incendio e possibilità di controllo dell'incendio stesso da parte delle squadre	1,00

	di emergenza	
--	--------------	--

Tabella 4.33 δ_{qn} è il fattore che tiene conto delle differenti misure antincendio del compartimento

Misura antincendio minima		δ_{ni}		Caso di studio
Controllo dell'incendio (Capitolo S.6) con livello di prestazione III	rete idranti con protezione interna	δ_{n1}	0,9	
	rete idranti con protezione interna ed esterna	δ_{n2}	0,8	
Controllo dell'incendio (Capitolo S.6) con livello minimo di prestazione IV	sistema automatico ad acqua o schiuma e rete idranti con protezione interna	δ_{n3}	0,54	
	altro sistema automatico e rete idranti con protezione interna	δ_{n4}	0,72	
	sistema automatico ad acqua o schiuma e rete idranti con protezione interna ed esterna	δ_{n5}	0,48	
	altro sistema automatico e rete idranti con protezione interna ed esterna	δ_{n6}	0,64	
Gestione della sicurezza antincendio (Capitolo S.5), con livello minimo di prestazione II		δ_{n7}	0,90	
Controllo di fumi e calore (Capitolo S.8), con livello di prestazione III		δ_{n8}	0,90	

Rivelazione ed allarme (Capitolo S.7), con livello minimo di prestazione III	δ_{n9}	0,85	
Operatività antincendio (Capitolo S.9), con soluzione conforme per il livello di prestazione IV	δ_{n10}	0,81	

q_f (espresso in MJ/m²), determinato con la formula seguente:

$$q_f = \frac{\sum_{i=1}^n (g_i * H_i * m_i * \psi_i)}{A}$$

$$g_i = 100000 \text{ kg}$$

$$H_i = 46 \text{ MJ/kg}$$

$$m_i = 1$$

$$\psi_i = 1$$

$$A = 120 \text{ mq}$$

$$q_f = 38333 \text{ MJ/mq}$$

Tabella 4.34 Determinazione carico d'incendio

COMPARTIMENTO	Superficie [mq]	q_f [MJ/mq]	δ_{q1}	δ_{q2}	δ_n	$q_{f,d}$ [MJ/mq]
1	120	38333 MJ/mq	1,00	1,00	0,85 0,8 0,9	23460 MJ/mq

Tabella 4.35 Classe minima di resistenza al fuoco

CARICO INCENDIO SPECIFICO DI PROGETTO ($q_{f,d}$) [MJ/m ²]	CLASSE MINIMA DI RESISTENZA AL FUOCO [minuti]
> 2400	240

4.5.2.3 Compartimentazione (S.3)

Il livello di prestazione per la COMPARTIMENTAZIONE è II.

4.5.2.4 Esodo (S.4)

Il livello di prestazione per l'ESODO è I.

4.5.2.5 Gestione della sicurezza antincendio (S.5)

Il livello di prestazione per la GESTIONE DELLA SICUREZZA ANTINCENDIO è II.

4.5.2.6 Controllo dell'incendio (S.6)

Il livello di prestazione per il CONTROLLO DELL'INCENDIO è III.

Essendo la superficie lorda del compartimento anche in questo caso non superiore a 200 mq devono essere installati almeno 2 estintori di classe non inferiore a 144 B, in prossimità delle sorgenti di rischio ed in posizione contrapposta.

4.5.2.7 Rivelazione ed allarme (S.7)

Il livello di prestazione per RIVELAZIONE ED ALLARME è III.

4.5.2.8 Controllo fumi e calore (S.8)

Il livello di prestazione per la CONTROLLO DI FUMI E CALORE è II.

Tabella 4.36 Superficie utile minima delle aperture di smaltimento

TIPO	Carico di incendio specifico qf	Superficie utile minima delle aperture di smaltimento Ssm	Requisiti aggiuntivi
SE3	$qf \geq 1200$ MJ/mq	A/25	10% di Ssm di tipo Sea o SEb o Sec

Nel caso in esame la superficie minima utile delle aperture di smaltimento è pari a:

$$S_{sm} = \frac{A}{25} = \frac{120}{25} = 4,8 \text{ mq}$$

Di cui 0,48 mq di tipo Sea o SEb o Sec.

4.5.2.9 Operatività antincendio (S.9)

Il livello di prestazione per l'OPERATIVITÀ ANTINCENDIO è III.

4.5.2.10 Sicurezza degli impianti tecnologici e di servizio (S.10)

Il livello di prestazione per la SICUREZZA DEGLI IMPIANTI TECNOLOGICI E DI SERVIZIO è I.

4.5.2.11 Riassunto livelli di prestazione

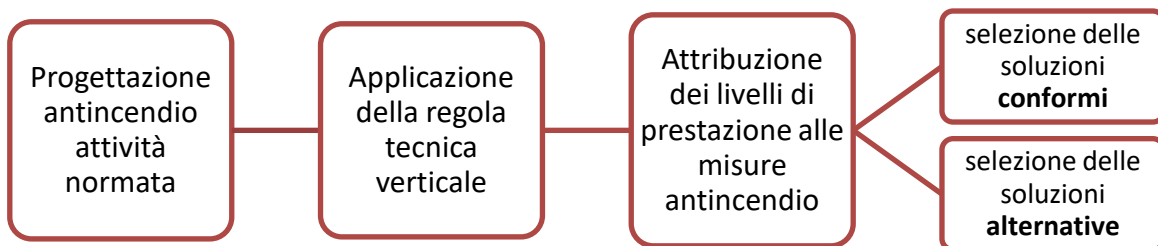
Tabella 4.36 Riassunto livelli di prestazione

	Livello di prestazione
S.1 Reazione al fuoco	I
S.2 Resistenza al fuoco	III
S.3 Compartimentazione	II
S.4 Esodo	I
S.5 Gestione della sicurezza antincendio	II
S.6 Controllo dell'incendio	III
S.7 Rivelazione ed allarme	III
S.8 Controllo di fumi e calore	II
S.9 Operatività antincendio	III
S.10 Sicurezza degli impianti tecnologici e di servizio	I

4.5.3 Verso una Regola tecnica Verticale

Una Regola tecnica verticale RTV è regola tecnica di prevenzione incendi applicabile ad una specifica attività o ad ambiti di essa, con specifiche indicazioni, complementari o sostitutive a quelle previste nella regola tecnica orizzontale. In caso di attività normata la progettazione avviene secondo lo schema in figura 4.5.

Figura 4.4 Step progettazione antincendio attività normata



La struttura della RTV è la seguente:

1. Scopo e campo di applicazione
2. Termini e definizioni (ad integrazione della sezione G del DM con specifici termini ad uso esclusivo);
3. Classificazioni;
4. Profilo di rischio (R_{vita} , R_{beni} ed $R_{ambiente}$ secondo il capitolo 3 del DM);
5. Strategia antincendio

S.1 Reazione al fuoco

S.2 Resistenza al fuoco

S.3 Compartimentazione

S.4 Esodo

S.5 Gestione della sicurezza antincendio

S.6 Controllo dell'incendio

S.7 Rivelazione ed allarme

S.8 Controllo di fumi e calore

S.9 Operatività antincendio

S.10 Sicurezza degli impianti tecnologici e di servizio

6. ALTRO (se necessario, es. scenari per FSE, ecc.)

La regola tecnica verticale quindi va a colmare le generalità della regola tecnica orizzontale. Saranno di seguito riportate alcune osservazioni in merito alla possibile stesura della RTV per l'impianto di stoccaggio dei rifiuti. Le osservazioni nascono dai limiti riscontrati nell'applicazione della RTO ai due casi studio precedentemente riportati in quest'elaborato.

4.5.3.1 Scopo e campo di applicazione

La presente regola tecnica verticale reca norme tecniche di prevenzione incendi riguardanti le attività di stoccaggio dei rifiuti solidi.

In particolare potrà essere applicata per le attività soggette di elencate in tabella 4.37.

Tabella 4.37 Attività soggette

N.	ATTIVITÀ
34	Depositi di carta, cartoni e prodotti cartotecnici, archivi di materiale cartaceo, biblioteche, depositi per la cernita della carta usata, di stracci di cascami e di fibre tessili per l'industria della carta, con quantitativi in massa superiori a 5.000 kg
36	Depositi di legnami da costruzione e da lavorazione, di legna da ardere, di paglia, di fieno, di canne, di fascine, di carbone vegetale e minerale, di carbonella, di sughero e di altri prodotti affini con quantitativi in massa superiori a 50.000 kg con esclusione dei depositi all'aperto con distanze di sicurezza esterne superiori a 100 m
43	Stabilimenti ed impianti per la produzione, lavorazione e rigenerazione della gomma e/o laboratori di vulcanizzazione di oggetti di gomma, con quantitativi in massa superiori a 5.000 kg; depositi di prodotti della gomma, pneumatici e simili, con quantitativi in massa superiori a 10.000 kg
44	Stabilimenti, impianti, depositi ove si producono, lavorano e/o detengono materie plastiche, con quantitativi in massa superiori a 5.000 kg
55	Attività di demolizioni di veicoli e simili con relativi depositi, di superficie superiore a 3.000 m ²
70	Locali adibiti a depositi di superficie lorda superiore a 1000 m ² con quantitativi di merci e materiali combustibili superiori complessivamente a 5.000 kg

4.5.3.2 Termini e definizioni

A titolo esemplificativo sono riportati alcuni termini con relativa definizione.

Rifiuti solidi urbani(RSU) Comprendono i rifiuti prodotti in insediamenti civili ed in aree pubbliche. Vi sono poi tipologie di rifiuti derivanti da attività commerciali, artigianali ed industriali che hanno caratteristiche simili ai RSU o loro componenti (ad es. materiali di

imballaggio, ritagli di tessuti, gomma, scarti dell'industria alimentare, scarti di legno, scarti di materiali di arredamento ecc.). Sono detti "Rifiuti assimilabili ai RSU" e come tali vengono di norma smaltiti negli stessi impianti.

Dal Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale"

Detentore: il produttore di rifiuti o la persona fisica o giuridica che li detiene (art. 183, lett. c)

Gestione: la raccolta, il trasporto, il recupero e lo smaltimento dei rifiuti, compreso il controllo di queste operazioni, nonché il controllo delle discariche dopo la chiusura (art. 183, lett. d)

Smaltimento: le operazioni previste nell' Allegato B alla Parte Quarta del D.Lgs. 152/2006 (art. 183, lett. g)

Recupero: le operazioni previste nell'Allegato C alla Parte Quarta del D.Lgs. 152/2006 (art. 183, lett. h)

Luogo di produzione dei rifiuti: uno o più edifici o stabilimenti o siti infrastrutturali collegati tra loro all'interno di un'area delimitata in cui si svolgono le attività di produzione dalle quali originano i rifiuti (art. 183, lett. i)

Deposito Temporaneo: il raggruppamento dei rifiuti effettuato, prima della raccolta, nel luogo in cui gli stessi sono prodotti (art. 183, lett. m)) e nel rispetto di specifiche e dettagliate condizioni (definite nella medesima lett. m) ed in particolare ai punti 1 e 2).

4.5.3.3 Classificazioni

Le attività saranno classificate secondo:

- Tipologia di materiale depositato;
- Quantità di materiale depositato;
- Superficie dell'attività;
- Attività chiusa o aperta;
- Carico d'incendio.

Profilo di rischio

Sarà necessario implementare il profilo di Rambiente. La RTO prevede che in casi come questi Rambiente sia considerato non significativo.

4.5.3.4 Strategia antincendio

Devono essere applicate tutte le misure antincendio della RTO attribuendo i livelli di prestazione secondo i criteri in esse definiti, fermo restando le indicazioni complementari o sostitutive successivamente proposte

Tabella 4.38 Limiti e soluzioni proposte

	Limiti riscontrati nei casi studi	Soluzione proposta
V.1 Reazione al fuoco	Nel caso studio il livello di prestazione è I. Essendo il carico d'incendio del materiale del compartimento assai elevato il livello di prestazione I, che non prevede indicazioni per quanto concerne la classe dei materiali da utilizzare, risulta essere poco consono.	Non è ammesso il livello di prestazione I.
V.2 Resistenza al fuoco	Se fosse applicato alla lettera il Codice nel caso in esame sarebbe stato possibile avere un livello di prestazione II con livello di rischio ambiente non significativo. Nel caso studio non è stato considerato "non significativo" e quindi il livello di prestazione assegnato stato il III. Sarà dunque necessario non permettere la discrezionalità del progettista.	Non è ammesso il livello di prestazione II.
V.3 Compartimentazione	Il caso studio prevedeva un unico compartimento. Il livello scelto nel caso studio è	Da valutare l'obbligatorietà di elementi a tenuta di fumo

	<p>il 2. Esso ammette <i>“comunicazioni tra le diverse attività presenti nella stessa opera”</i>, che nel caso di (ad es.) ufficio adiacente al deposito creerebbe delle problematiche.</p>	<p>(Sa) per la chiusura dei vani di comunicazione fra i compartimenti.</p>
V.4 Esodo	<p>Essendo Rvita pari ad A3 non è stato ritenuto necessario implementare le misure previste per la fase di esodo.</p>	
V.5 Gestione della sicurezza antincendio	-	<p>Da implementare con la Gestione della sicurezza prevista dalle Linee guida del ministero dell'ambiente del 15 marzo 2018.</p> <p>Si potrebbe prevedere in caso di stabilimento molto grande quanto previsto dal livello di prestazione III: centro di gestione dell'emergenza.</p>
V.6 Controllo dell'incendio	<p>Per il livello di prestazione III il codice prevede la presenza di estintori. La tipologia è designata dalla materia contenuta nel compartimento. Nel caso in esame la tipologia di estintore è B. Per superficie lorda del compartimento non superiore a 200 mq devono essere installati almeno 2</p>	<p>Maggiorazione della quantità di estintori minimi necessari anche per aree di compartimenti inferiori a 200mq.</p> <p>Obbligo di estintori carrellati. La quantità di essi sarà determinata in base all'area del compartimento.</p>

	estintori di classe non inferiore a 144 B, in prossimità delle sorgenti di rischio ed in posizione contrapposta.	
V.7 Rivelazione ed allarme	-	Si potrebbe prevedere l'introduzione di termo camere per la prevenzione e il rilevamento degli incendi.
V.8 Controllo di fumi e calore	-	Indipendentemente dal livello di prestazione rendere obbligatoria la seguente prescrizione: in presenza di IRAI devono essere previste funzioni di comunicazione controllo dello dell'impianto SEFC. Inoltre prevedere una maggiorazione della percentuale di S_{sm} di tipo SEa/SEb/Sec.
V.9 Operatività antincendio	-	Non ammessi i livelli I e II
V.10 Sicurezza degli impianti tecnologici e di servizio	-	

4.6 Sistemi di rilevazione incendi nei siti di stoccaggio

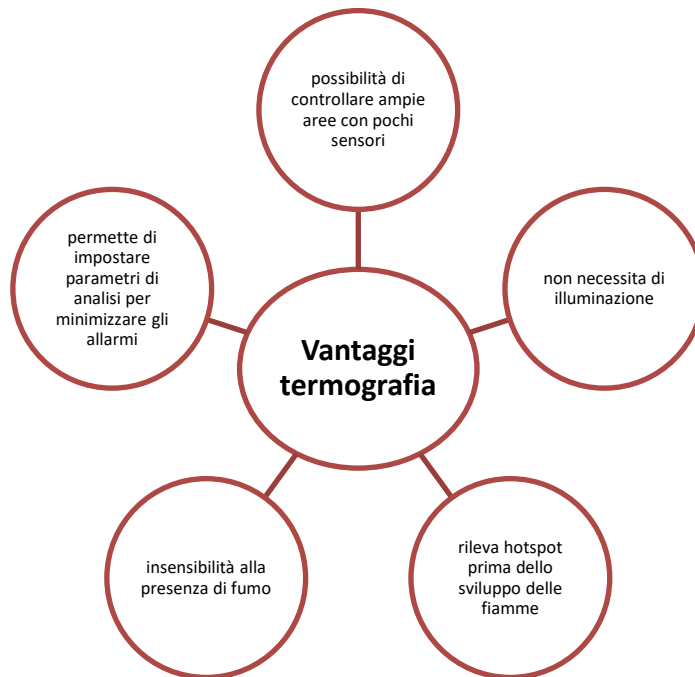
È importante monitorare costantemente gli impianti di stoccaggio non presidiati continuamente. I metodi “tradizionali” però hanno molti limiti. Un sistema di videosorveglianza, ad esempio, è poco efficace. Le telecamere CCTV infatti possono monitorare la presenza di fiamme o fumo: l’incendio quindi si sarebbe già sviluppato. Un altro limite di queste telecamere è che necessitano di illuminazione per produrre immagini di buona qualità anche durante la notte. Anche sul fronte dei rilevatori di fumo si riscontrano dei limiti: rilevatori a ionizzazione si attivano più velocemente per quegli incendi che provocano fiamma, mentre i rivelatori fotoelettrici sono più tempestivi per gli incendi più lenti. Oltre alla correlazione tra tipologia di sostanza che brucia e rivelatore è bene far presente che la presenza di fumo indichi un incendio già in essere.

4.6.1 Sistemi di rilevazione precoce: la termocamera

La termocamera è una telecamera che riproduce fotografie o video termografici. Questo apparecchio è sensibile alla radiazione infrarossa e permette di mappare delle superfici “soggette”. Le termocamere radiometriche misurano il valore assoluto della temperatura in ogni punto dell’immagine. Lo strumento per ogni pixel dell’immagine associa il valore dell’energia immagazzinata riproducendo con colori diversi in funzione della temperatura. In commercio è possibile trovare fotocamere termografiche che rivelano su un monitor remoto i punti più caldi. Può inoltre essere impostata una temperatura limite, superata la quale il sistema lancia un allarme.

La termografia “a contatto” trova applicazione in campo medicale mentre quella “per telerilevamento” è principalmente impiegata nell’edilizia. La termografia riproduce la misura dell’irraggiamento in 2D. Mediante termocamera si rilevano le radiazioni nel campo dell’infrarosso dello spettro elettromagnetico; si correlano poi delle misure dell’emissione di queste radiazioni. I vantaggi che questo processo ha nella prevenzione incendi sono riportati in figura 4.5 .

Figura 4.5 : Vantaggi della termografia



L'elevato costo dell'apparecchiatura è una delle limitazioni d'uso della termografia, oltre alla necessità di un operatore qualificato.

4.6.2 Trasmissione del calore attraverso radiazione elettromagnetica

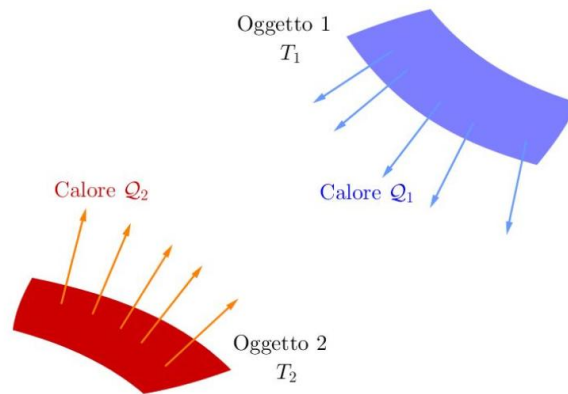
Ogni oggetto con una temperatura superiore allo zero assoluto emette radiazioni in infrarosso. Oltre a misurare la temperatura, la termografia può misurare anche la variazione di temperatura e tutto ciò è possibile indipendentemente dalla loro illuminazione nel campo del visibile.

I tre principi fondamentali di trasmissione del calore sono:

- Conduzione;
- Convezione;
- Irraggiamento.

È possibile che si verifichino tutti e tre nello stesso momento o in maniera indipendente. La principale differenza è che sia conduzione che convezione prevedono la presenza di un mezzo, mentre la trasmissione di calore per irraggiamento non la prevede. Lo scambio di calore per irraggiamento può dunque avvenire tra due corpi attraverso il vuoto, figura 4.6.

Figura 4.6: scambio di calore tra due corpi



I moti oscillatori delle particelle di un corpo generano una corrente elettrica variabile nel tempo. I fotoni che vengono emessi sono la particella-onda tipica della radiazione elettromagnetica. La frequenza, anche per una sola temperatura non è unica e quella più alta è direttamente proporzionale alla temperatura d'emissione, secondo la legge di Wien. La radiazione, superata una certa temperatura, diventa visibile. Il corpo appare rosso ad una temperatura di circa 700°C, bianco attorno ai 1200°C, e con l'aumentare della temperatura azzurro fino al violetto, per temperature di decine di migliaia di gradi kelvin. Quando la radiazione colpisce un altro corpo comincia ad essere assorbita e si registrerà un aumento di temperatura del corpo assorbente. La quantità di calore trasmessa per irraggiamento è inferiore rispetto a quella di convezione e conduzione. La legge che descrive la quantità di calore trasmessa va sotto il nome di **Legge di Stefan-Boltzmann**:

$$Q = \epsilon * \sigma * A * t * T^4$$

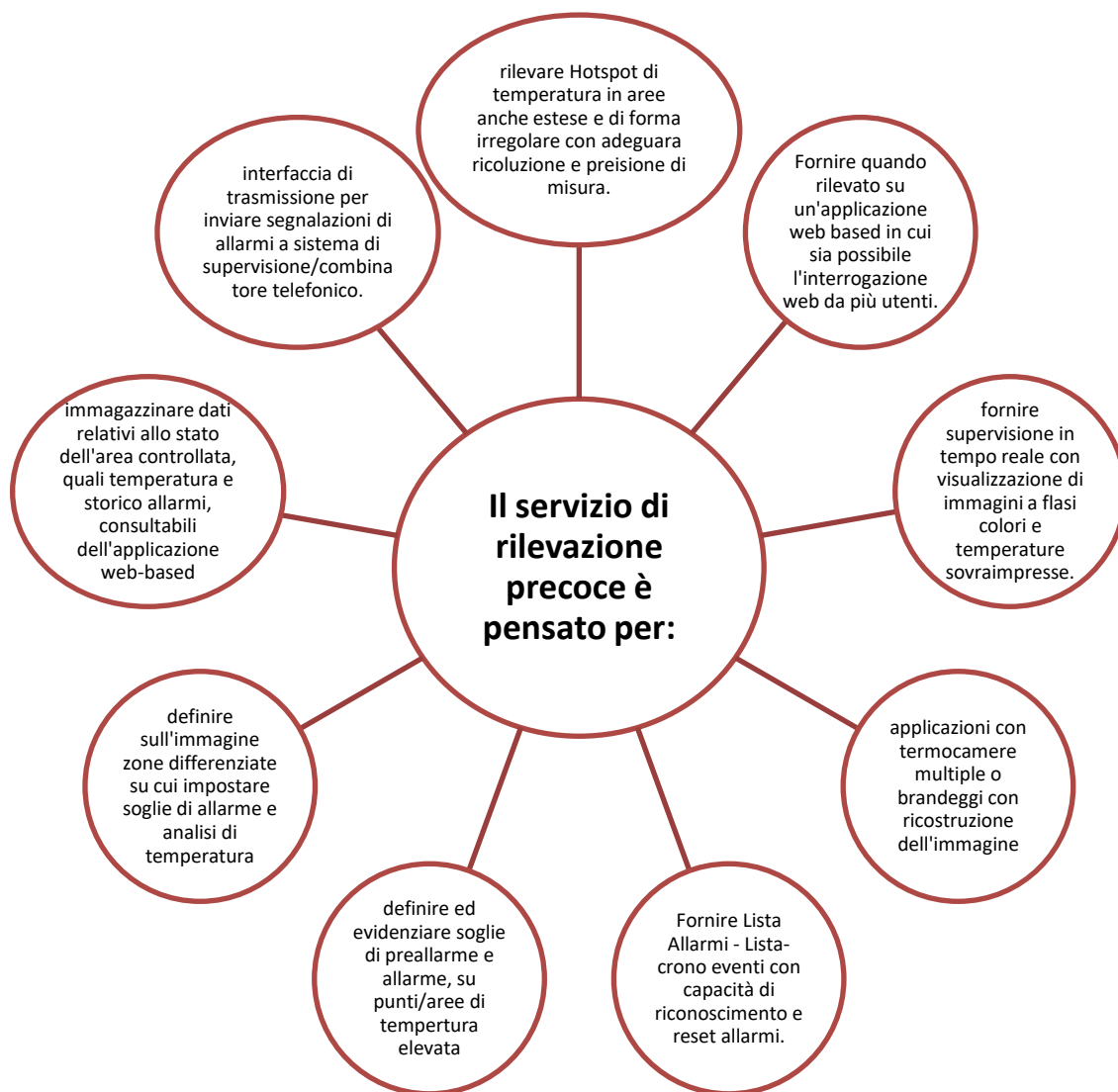
Dove:

- Q è la quantità di energia trasmessa;
- ϵ è l'emittanza;
- σ è la costante di Boltzmann;
- A è la superficie del corpo;
- t è il tempo;
- T^4 è la temperatura del corpo.

Le funzionalità richieste

In figura 4.7 sono riportate le funzionalità richieste per il servizio di rilevazione precoce.

Figura 4.7: funzionalità richieste dal servizio



4.6.3 Connettività

Il sistema è costituito da:

- infrastruttura di rete mista Ethernet/Fibra ottica;
- apparati di networking;
- termo camera.

I percorsi dei cavi devono garantire un'adeguata resistenza meccanica e all'incendio. Sarà possibile monitorare la situazione anche mediante il sistema di consultazione web. Questo sistema fornirà le immagini in tempo reale.

4.6.4 Requisiti per le aree

Il sistema è sensibile agli oggetti di elevata temperatura eventualmente “di passaggio” nell’inquadratura. Sarà dunque necessario redigere un regolamento per le movimentazioni in queste aree al fine di evitare falsi allarmi. Se il software individua delle aree ad alta temperatura che non permangono, esse non vengono prese in considerazione.

4.6.5 Progettazione e certificazione del sistema di rilevazione

Questo sistema può essere considerato come impianto di rilevazione ai sensi dell’art. 3.1 dell’allegato II al decreto 7 agosto 2012 “Disposizioni relative alle modalità di presentazione delle istanze concernenti i procedimenti di prevenzione incendi e alla documentazione da allegare, ai sensi dell’articolo 2, comma 7, del decreto del Presidente della Repubblica 1° agosto 2011, n. 151.”

Sarà necessario, nella relazione tecnica, descrivere come saranno affrontati i pericoli e le misure preventive da adottare per il pericolo d’incendio. Questo tipo di impianti rientrano inoltre nel D.M. 20 dicembre 2012 “Regola tecnica di prevenzione incendi per gli impianti di protezione attiva contro l’incendio installati nelle attività soggette ai controlli di prevenzione incendi”. Per quanto riguarda gli impianti compresi nel campo di applicazione di questo decreto il tecnico abilitato dovrà redigere un progetto secondo la regola dell’arte. Nel caso in cui l’impianto fosse da realizzare secondo le norme pubblicate da organismi di standardizzazione internazionalmente riconosciuti il progetto sarà redatto da un professionista antincendio.

Per quanto riguarda la termografia non sono ancora state redatte specifiche normative. Pur tutta via si può far riferimento alla ISO/TS 7240-29:2017 “Fire detection and alarm systems- Part 29: Video fire detectors). Questa norma specifica i requisiti, i metodi di prova e i criteri di valutazione relative ai video rilevatori d’incendio.

Nel caso della progettazione antincendio secondo il D.M. 3 agosto 2015 “Codice di Prevenzione Incendi” il punto S.7.5 prevede nel caso in cui vengano impiegate tecnologie di tipo innovativo il progetto debba essere firmato dal professionista antincendio.

Rientrando inoltre questa tipologia di impianto nel campo di applicazione del decreto n.37 del 22/1/2008 la documentazione da presentare con la SCIA sarà costituita dalla dichiarazione di conformità resa ai sensi dell’articolo 7 del citato decreto.

CAPITOLO 5: Simulazioni di rilasci con Aloft

Nel capitolo si introduce la descrizione della combustione delle materie plastiche. Tale fenomeno verrà studiato attraverso le simulazioni effettuate con l'ausilio del software Aloft.

5.1 La combustione delle materie plastiche

La combustione è una reazione chimica che comporta l'ossidazione di un combustibile da parte di un comburente, in genere ossigeno presente nell'aria, con sviluppo di calore e radiazioni elettromagnetiche.

La combustione può essere classificata in tre categorie:

1. Combustione omogenea, la combustione di sostanze gassose (caratterizzata dal sistema gas + gas);
2. Combustione eterogenea, la combustione di sostanze solide e liquide (sistemi: solido +gas o liquido + gas);
3. Combustione dei sistemi condensati (esplosivi).

Nel caso di materie plastiche la combustione è di tipo eterogenea. Nei seguenti paragrafi si descrivono le materie plastiche maggiormente diffuse e le caratteristiche di una combustione di tali materie.

5.1.1 Le materie plastiche

In Tabella 5.1 sono riportate le materie plastiche maggiormente diffuse.

Tabella 5.1 Materie Plastiche

Il polietilene (PE)	dotato di buona resistenza meccanica e rigidità, resistenza agli acidi, alcali, soluzioni saline e vari solventi organici (es. oli e benzine), scarsa trasparenza (opaco), è il polimero più diffuso si usa per la fabbricazione dei sacchetti di plastica, bottiglie, taniche e tappi, flaconi per alimenti, detergenti e agenti chimici, cassette, film di vari spessori per uso agricolo, industriale, edile. il suo potere calorico è di 46 MJ/Kg
Il cloruro di polivinile (PVC)	ha una buona resistenza meccanica e chimica ed un'elevata impermeabilità al vapore acqueo, sono numerosi i settori di

	<p>applicazione di questo polimero si usa per la fabbricazione delle bottiglie per le acque minerali non gassate, pellicole per film, flaconi di detersivo, shampoo, sacchetti, alveoli per uova e cioccolatini, corde, tubi, telai di finestre, tapparelle, guaine per cavi elettrici, finte pelli, giocattoli, parti di automobili e accessori biomedicali. Attualmente questo tipo di polimero non è più ammesso per la produzione di contenitori per alimenti, conseguentemente esaurite le scorte non sarà più considerato. Il suo potere calorico è di 20 MJ/Kg</p>
<p>Il polipropilene (PP)</p>	<p>possiede buona inerzia chimica e rigidità è resistente alle trazioni una elevata impermeabilità al vapore acqueo, lo si utilizza nella fabbricazione di film, confezioni per gelato, stoviglie, secchi, flaconi per detersivi e cosmetica, cassette, sacchi industriali, mobili da giardino, fibre (per corde e sacchi), articoli casalinghi, batterie e paraurti auto. ha un potere calorico pari a 46 MJ/Kg</p>
<p>Il polistirolo (PS)</p>	<p>ha una bassa resistenza agli urti e un buon potere coibente si usa per la produzione di bicchieri, coperchi, e nella fabbricazione di contenitori termici strati isolanti; nella sua forma espansa viene utilizzato per imballaggio di oggetti, ha un potere calorico di 41MJ/Kg</p>
<p>Il polietilentereftalato (PET)</p>	<p>ha una buona resistenza agli urti una buona resistenza termica e chimica ed un'ottima trasparenza e brillantezza, sono numerosi i settori di applicazione di questo polimero e viene utilizzato per produrre bottiglie per bevande gassate, flaconi per detersivi domestici, vassoi e blister termoformati, film di supporto per termoaccoppiati, viene utilizzato per la produzione di fibre per abbigliamento, arredamento, imbottiture, cordami, uso geotessile; film per effetti decorativi e arti grafiche; lastre fotografiche e radiografiche; nastri audio e video, il suo potere calorico è di 33J/Kg</p>

Poliuretano (PUR)	largamente diffuso nell'industria automobilistica per paraurti o parti interne delle auto anche nell'arredamento per produrre la gommapiuma; ha un potere calorico è di 18/25 MJ/Kg
Poliammidi (PA)	il prodotto maggiormente diffuso è il nylon utilizzato come fibra tessile e per produrre lenze da pesca; il potere calorico è di 19/37g

5.1.2 Combustione delle materie plastiche

Le materie plastiche sottoposte al fuoco possono essere valutate secondo differenti normative, per metodi di prova utilizzati e secondo la presenza o meno di agenti ritardanti quali alogenati o fosforo in grado di ritardare la propagazione delle fiamme. Questi additivi nel processo di combustione provocano la formazione di fumi tossici che possono nuocere alla salute delle persone. Tali emissioni possono provocare un elevato tasso di opacità che ostacola la corretta via di fuga. Oltre a questo i fumi, essendo corrosivi, possono andare ad intaccare le apparecchiature elettriche. I parametri che quindi si valuteranno in un'analisi in caso di combustione di queste materie sono: la densità dei fumi sprigionati, la loro tossicità e il limite di ossigeno. Pur essendo un materiale autoestinguente il materiale plastico quando brucia produce fumi e gas tossici, questo lo rende più dannoso, ad esempio, di un materiale con inferiore potere autoestinguente che però non produce gas tossici. I polibromodifeniliteri, aggiunti come agenti ritardanti rilasciano diossine e furani molto pericolosi e altamente tossici. Nella valutazione del rischio sarà dunque importante tenere in considerazione la presenza o meno di alogenuri che ritardino la fiamma.

5.1.3 Il flusso radiante

Mediante il modello del corpo solido emittente, basato sull'ipotesi che l'energia di un corpo abbia dimensioni note, è possibile calcolare il flusso radiante:

$$q(r) = F * E * t$$

dove:

- q è il flusso radiante del punto in esame [kW/mq],
- F è il fattore di vista che dipende dalla distanza e dalla geometria della fiamma,

- t è il coefficiente di trasmissione atmosferica che dipende dall'umidità, dall'aria e dalla distanza,
- E [kW/mq], è l'intensità di radiazione di fiamma che dipende dal tipo di combustibile e dalle dimensioni dell'incendio.

La potenza emessa che raggiunge l'oggetto ricevente si riduce sia per il fattore di vista geometrico che per l'assorbimento dell'atmosfera.

5.1.4 Prodotti della combustione

Durante la combustione i gas che possono essere prodotti sono i seguenti:

- monossido di carbonio;
- anidride carbonica;
- acido cianidrico;
- fosgene;
- acido cloridrico;
- idrogeno solforato;
- ammoniaca.

La produzione di questi gas è ovviamente dettata dalla tipologia di materiale che sta bruciando.

Quando un materiale contiene cloro, durante la sua combustione viene rilasciato un gas tossico chiamato fosgene. Questo gas è particolarmente nocivo negli ambienti chiusi. Se entra in contatto con umidità od acqua il fosgene si scinde in acido cloridrico ed anidride carbonica; è intensamente caustico e può raggiungere le vie respiratorie. La sintomatologia di questo gas è:

- irritazione (occhi, naso, e gola);
- lacrimazione;
- secchezza della bocca;
- costrizione toracica;
- vomito;
- mal di testa.

Oltre a quanto fino ad ora detto è bene sottolineare e soffermarsi sulla gravità dei rilasci di agenti inquinanti quali diossine e idrocarburi policiclici aromatici. Diossina è il nome comunemente usato quando si parla di dibenzo-p-diossine e dibenzofurani. Si conoscono, ad oggi, 210 tipi di composti tra diossine e furani che hanno medesime caratteristiche e livelli di tossicità. Diossina è utilizzato come sinonimo di TCDD o 2,3,7,8-tetracloro-dibenzo-p-diossina. Queste molecole non sono tossiche solamente per l'uomo, ma anche per gli animali e l'ambiente. Tra tutte le diossine la TCDD è quella di più spiccata tossicità. Si dilava nel terreno, legandosi al materiale organico e ci mette moltissimi anni per degradarsi. La TCDD crea i seguenti effetti:

- cancro (gruppo 1 degli agenti cancerogeni dall'agenzia internazionale per la ricerca sul cancro);
- tossicità a carico del sistema immunitario;
- Tossicità del fegato;
- Irritazione degli occhi;
- Irritazione della cute;
- Irritazione del tratto respiratorio;
- Effetti sul sistema cardiovascolare;
- effetti sul tratto gastrointestinale;
- Azione mutagena e embriotossica;
- perturbatore ormonale.

La caratteristica di bioaccumulo delle diossine creano alcuni disturbi ai tessuti, tabella 5.2.

Tabella 5.2 Disturbi correlati al bioaccumulo

alterazioni del sistema immunitario, anche a dosi molto limitate con riduzione e danneggiamento dei linfociti
danni allo sviluppo fetale, al momento della differenziazione tissutale del sistema immunitario
alterazioni a lungo termine del sistema immunitario, sia in senso immunodepressivo che ipersensibilizzante
disturbi alla produzione, rilascio, trasporto, metabolizzazione, legame, azione o eliminazione di ormoni naturali del corpo, responsabili dell'equilibrio biochimico dinamico interno del

nostro organismo e della regolazione dei processi riproduttivi e di sviluppo.

Oltre alle diossine vi sono anche oltre 100 composti chimici rilasciati nell'ambiente durante la combustione chiamati idrocarburi policiclici aromatici (Ipa). I composti che tra questi provocano maggiori danni sulla salute dell'uomo sono:

- l'acenaftene,
- l'acenaftilene,
- l'antracene,
- il benzo(a)antracene,
- il dibenzo(a,h)antracene,
- il crisene, il pirene,
- il benzo(a)pirene,
- l'indeno(1,2,3-c,d)pirene,
- il fenantrene,
- il fluorantene,
- il benzo(b)fluoroantene,
- il benzo(k)fluoroantene,
- il benzo(g,h,i)perilene;
- il fluorene.

Sono generalmente presenti in miscele e mai come composti singoli. Per questo motivo è difficile attribuire ad ognuno di essi cause specifiche. A queste miscele è dunque attribuito l'aumento di possibilità di contrarre il cancro.

5.1.5 Il pennacchio

Il rilascio di fumi da incendio è modellabile come un pennacchio di fumo. Nel caso delle materie plastiche le caratteristiche quali colore del fumo e densità di esso dipendono dalla materia che si sta bruciando. Ad esempio il polietilene, che brucia rapidamente, produce fumo denso nero e fluliginoso come anche il polipropilene. L'Acetal invece produce una fiamma incolore con pochissimo fumo, rilascia però l'odore caratteristico della formaldeide. Il pennacchio è modellabile attraverso la dispersione Gaussiana che è caratterizzata da durata nel tempo, estensione in lunghezza ed altezza è caratterizzato dalla tipologia di

sostanza che brucia. Per quanto concerne l'estensione in lunghezza del pennacchio è doveroso ricordare che essa dipende dalla velocità del vento e dalla stabilità atmosferica. All'aumentare della distanza dal suolo la velocità del vento aumenta. Anche la localizzazione dello stabilimento è da tenere in considerazione in quanto se si trovasse in una zona con scarsa concentrazione di stabili il flusso non incontrerebbe ostacoli, mentre nel caso in cui si trovasse in zone con abitazioni esse fungerebbero da ostacoli. All'aumentare della velocità del vento aumenta anche l'effetto di mescolamento tra la massa del pennacchio e la massa dell'aria circostante. Velocità maggiori quindi portano a una diluizione dei fumi in uscita e ad una minore concentrazione dei prodotti di combustione, grazie al maggior effetto di mescolamento. A parità di distanza per velocità del vento maggiori la concentrazione dei fumi sarà minore, mentre per velocità minori la concentrazione sarà maggiore per via del minore effetto di mescolamento.

Le classi di Pasquill Gilfort sono gli indicatori della turbolenza atmosferica. Vi sono sei classi tra le quali vi sono ulteriori suddivisioni in funzione di varie condizioni atmosferiche al variare della stabilità. Si riportano in tabella 5.3 le condizioni meteorologiche che definiscono le classi di stabilità atmosferica di Pasquill.

Tabella 5.3: condizioni meteorologiche per la definizione delle classi di stabilità.

Velocità del vento in superficie		Intensità della radiazione solare			Copertura nuvolosa notturna	
m/s	mi/h	Forte	Moderata	Leggera	> 50%	< 50%
< 2	< 5	A	A – B	B	E	F
2 – 3	5 – 7	A – B	B	C	E	F
3 – 5	7 – 11	B	B – C	C	D	E
5 – 6	11 – 13	C	C – D	D	D	D
> 6	> 13	C	D	D	D	D

Nota: la classe D si applica a cieli molto coperti, a qualsiasi velocità del vento, giorno o notte

Si va dalla classe A (fortemente instabile) alla classe F (fortemente stabile). Le classi più frequenti nel territorio Italiano sono la D e la F. I quattro fattori che distinguono le classi sono:

- velocità del vento;
- radiazione solare;
- copertura nuvolosa;
- fase diurna o notturna del giorno.

Per trattare il problema derivante dalla diffusione degli agenti inquinanti è necessario introdurre il fenomeno dell'inversione termica che avviene in atmosfera. All'aumentare della quota del livello del mare vi è un progressivo aumento della temperatura; il gradiente adiabatico della temperatura assume valori minori di zero. La dispersione degli inquinanti, per altezze inferiori ai 200 m, è inibita fortemente dalle condizioni di stabilità. Si suppone quindi che i moti ascensionali avvengano adiabaticamente fino ad un'altezza massima. Alla quota massima la temperatura dell'ambiente sarà superiore di quella delle particelle. Le particelle più calde dell'aria, tenderanno a salire, le particelle della quota massima invece tenderanno a scendere. Questo fenomeno è analogo a quello dell'effetto delle forze di galleggiamento espresso dalla formula di Grashof:

$$Gr = \frac{d^3 \rho^2 g \beta \Delta T}{\mu^2}$$

dove:

- ρ è la densità del fluido,
- β è il coefficiente di dilatazione termica,
- g è l'accelerazione gravitazionale
- μ è la viscosità del fluido.

Il numero di Grashof rappresenta:

$$\frac{\text{forze di galleggiamento}}{\text{forze viscosive}}$$

Si può dunque concludere che l'altezza dello strato di diffusione sia assimilabile al punto in cui si arrestano i moti verticali: è così possibile valutare la diffusione degli agenti inquinanti.

5.2 Il Software ALOFT – PC

Aloft-PC è un software prodotto dal NIST (National Institute of Standard and Technology) e la sua funzione è modellare la traiettoria di fumi.

5.2.1 Introduzione al Software

Mediante il software ALOFT è possibile descrivere la traiettoria dei fumi a seguito di un incendio e nelle aree di sottovento la distribuzione di prodotti di combustione. In funzione della tipologia del materiale, delle dimensioni, della temperatura delle condizioni meteorologiche e dalla conformazione topografica è possibile modellare la distribuzione. Il software applica al modello l'equazione semplificata di Navier-Stokes. La componente della velocità del pennacchio nella direzione del vento è assunta pari alla velocità del vento. Analiticamente il pennacchio è rappresentato con una griglia il cui il mescolamento e la dissipazione sono rappresentati attraverso una viscosità vorticoso costante. Questo permette al modello matematico di Navier-Stokes di essere determinato. Il numero di Reynolds è fisso a 10^4 in relazione alla velocità di galleggiamento, della viscosità vorticoso e dell'altezza del pennacchio. Il pennacchio è dunque rappresentato da una figura bidimensionale nella direzione del vento. Si assume inoltre che il pennacchio sia governato da trasporto convettivo in stato stazionario. All'inizio della simulazione la distanza dal fuoco è notevole e quindi l'effetto radiante è minimo. Velocità del vento e stratificazione dell'atmosfera governano la traiettoria del pennacchio. Per la modellazione matematica è applicato il principio di conservazione della massa, energia e quantità di moto. Oltre alle semplificazioni fino ad ora introdotte la modellazione ne prevede altre 4:

1. Non considerare il calore scambiato per effetto radiante;
2. Distribuzione di temperatura iniziale assunta Gaussiana nella sezione trasversale e non assunta Gaussiana nella sezione sottovento;
3. Le equazioni di moto sono rese adimensionali e dipendenti dal tempo;
4. La velocità perpendicolare al pennacchio è assunta uguale a zero.

La risoluzione del sistema di equazioni differenziali è affidata al metodo di Runge-Kutta di ordine due a passo variabile.

5.2.2 Modello matematico

Il pennacchio nel modello del software è descritto in termini di trasporto convettivo in regime di stato stazionario. Il modello non descrive il comportamento del fuoco nel tempo, ma il pennacchio di fumo che è rilasciato durante l'incendio. La simulazione ha inizio ad una determinata distanza dall'incendio in direzione sottovento così che il flusso sia caratterizzato

da piccoli cambiamenti di temperatura e l'effetto radiante sia ridotto al minimo. Come visto precedentemente i fumi salgono perchè sono più caldi dell'aria che li circonda e si disperdono. La velocità del vento è assunta costante sulla sezione trasversale. La componente principale del vento determina l'estensione del pennacchio. È assunta maggiore di quella della componente trasversale. La temperatura varia in funzione della quota rispetto al suolo.

Il modello del pennacchio si basa sull'equazione di conservazione della massa:

$$\frac{\partial v^*}{\partial y} + \frac{\partial w^*}{\partial z} = 0$$

di conservazione del momento:

$$\frac{\partial v^*}{\partial t^*} + v^* \frac{\partial v^*}{\partial y^*} + w^* \frac{\partial v^*}{\partial z^*} + \frac{\partial p^*}{\partial y^*} = \frac{1}{Re} \left(\frac{\partial^2 v^*}{\partial y^{*2}} + \frac{\partial^2 v^*}{\partial z^{*2}} \right)$$

$$\frac{\partial w^*}{\partial t^*} + v^* \frac{\partial w^*}{\partial y^*} + w^* \frac{\partial w^*}{\partial z^*} + \frac{\partial p^*}{\partial y^*} - T^* = \frac{1}{Re} \left(\frac{\partial^2 w^*}{\partial y^{*2}} + \frac{\partial^2 w^*}{\partial z^{*2}} \right)$$

e di conservazione dell'energia:

$$\frac{\partial T^*}{\partial t^*} + v^* \frac{\partial T^*}{\partial y^*} + w^* \frac{\partial T^*}{\partial z^*} + N^2 w^* = \frac{1}{Re Pr} \left(\frac{\partial^2 T^*}{\partial y^{*2}} + \frac{\partial^2 T^*}{\partial z^{*2}} \right)$$

Queste formule sono valide in un sistema bidimensionale in funzione del tempo, dove:

- v e w sono le componenti adimensionali della velocità;
- Re è il numero di Reynold;
- Pr è il numero di Prandtl;
- T è definita come:

$$T = \frac{fQ}{c_p \rho_\infty U_0 L^2} T^*$$

dove

- f è un fattore di proporzionalità che garantisce che l'altezza massima del pennacchio non esca al di fuori del dominio computazionale;
- Q è il flusso di calore convettivo;

- U_0 è la velocità iniziale del vento;
- L è la lunghezza del dominio.

Temperatura e pressione vengono divise in valori dipendenti dalla perturbazione indotta dall'incendio.

Non è tenuto conto del calore perso per irraggiamento. Le coordinate spaziali, sostituite da coordinate temporali dove l'altezza del pennacchio è fornita in termini di temperatura teorica dell'atmosfera indisturbata, rendono adimensionali le equazioni del moto; così da un sistema 3D si passa ad uno 2D indipendente dal tempo.

Sono state fatte le seguenti assunzioni:

- I valori della velocità del vento sono assunti pari a zero;
- Non viene considerato alcun flusso;
- le condizioni al suolo sono prescritte assumendo uniformità del vento
- i valori iniziali di temperatura di perturbazione sono posti uguali a 0;
- i valori iniziali di pressione di perturbazione sono posti uguali a 0;
- i valori iniziali della componente di turbolenza sono impostati pari a zero.

Per quanto riguarda la stabilità atmosferica è possibile seguire uno dei due meccanismi qui riportati:

- considerare nella piccola scala di mescolamento una viscosità turbolenta costante settata ad un valore di tre ordini di grandezza maggiore rispetto a quello della viscosità dell'aria
- considerare un raggio di risoluzione che varia dai cinque ai quindici metri che sono necessari per definire un incendio di larga scala inducendo moti turbolenti considerevoli.

5.2.3 Metodo numerico

Considerando la velocità del vento costante nella sezione trasversale sostituendo la coordinata spaziale con quella temporale è possibile descrivere il caso con un sistema equazioni differenziali parziali risolvibili mediante la tecnica delle differenze finite. Il dominio computazionale è suddiviso in celle rettangolari che coprendo tutto il piano nella direzione sottovento. ALOFT genera delle celle di grandezza consona affinché il pennacchio sia descritto all'interno dello spazio descritto da tutte celle. La velocità orizzontale è assegnata nel contorno destro e sinistro di ogni cella, la velocità verticale è assegnata nei contorni

inferiori e superiori. Temperatura e pressione sono prese al centro di ogni cella. La soluzione è avanzata nel tempo seguendo l'evoluzione del pennacchio nella direzione sottovento. Lo schema segue un metodo di Runge-Kutta di secondo ordine.

5.2.4 Inserimento dei dati in ALOFT

I dati richiesti in ingresso sono:

- la distanza sottovento con un massimo di 20 km;
- la distanza da un eventuale superficie di acqua;
- il tipo di combustibile;
- il numero di fuochi fino ad un massimo di sei;
- la velocità del vento;
- la classe di stabilità atmosferica.

ALOFT ha al suo interno alcuni tipi di combustibili quali il Alaska North Slope Crude, o il Diesel e prevede la possibilità di inserirne altri. Nell'inserimento di una nuova tipologia di combustibile è necessario conoscere i seguenti parametri relativi alla curva di rilascio termico, la frazione radiante ed il consumo di combustibile per unità di tempo. È inoltre possibile inserire la frazione di prodotti di combustione.

5.2.5 Deviazioni del vento

La velocità del vento è assunta come costante con l'altezza e con la distanza sottovento. Nel caso in cui non siano noti i dati relativi alla velocità media del vento sarà possibile ricavarli da una formula presente nel manuale di ALOFT, partendo dalla velocità del vento al suolo. Per calcolare la velocità del vento ad alcune centinaia di metri è possibile utilizzare la seguente formulazione matematica:

$$u = u_l \left(\frac{h}{h_l} \right)^p$$

dove:

- u = velocità del vento alla quota h
- u_l = velocità del vento misurata alla quota h_l
- P = funzione della stabilità e della tipologia di terreno.

La velocità del vento a 200 m sul livello del suolo è pari a due volte quella misurata alla quota di 2m. ALOFT per quanto riguarda la deviazione standard (Tabella 5.5) utilizza dei dati preimpostati in riferimento alle classi di stabilità di Pasquill-Gifford (tabella 5.4).

Tabella 5.4: classi di stabilità impostate in ALOFT

Velocità del vento in superficie m/s	Intensità della radiazione solare			Copertura nuvolosa notturna	
	Forte	Moderata	Leggera	Cielo coperto o $\geq 1/8$ nuvolosità	$\leq 3/8$ nuvolosità
2	A – B	B	C	E	F
4	B	B – C	C	D	E
6	C	C – D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D

Tabella 5.5: Relazione tra classi di stabilità e deviazione standard

Pasquill-Gifford stability category	Standard deviation of the horizontal wind direction (°C)	Standard deviation of the vertical wind direction (°C)
A: Extremely unstable	25	16
B: Moderately unstable	20	12
C: Slightly unstable	15	10
D: Neutral	10	6
E: Slightly stable	5	3
F: Moderately stable	2,5	2

5.2.6 Distanza sottovento

La distanza sottovento considerata da ALOFT è da 1 km a 20 km dal fuoco. Per distanze inferiori ad 1 km il modello non fornisce risultati attendibili. L'assunzione che la temperatura non vari in funzione della distanza non sarebbe più valida per distanze superiori ai 20 km.

ALOFT rappresenta i valori delle concentrazioni dei prodotti di combustione risolvendo il sistema di equazioni a derivate parziali sopra descritto.

5.2.7 Curva di rilascio termico

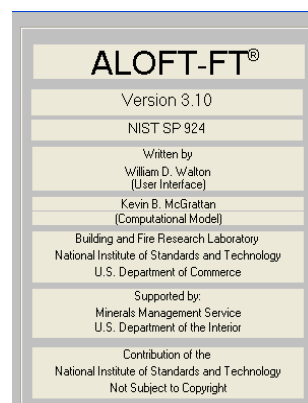
Il software richiede il valore in MW del flusso termico convettivo. Il 10% del flusso termico convettivo totale è perso per effetto radiante, così che il 90% sia inserito come input. Il flusso termico convettivo per unità di area è una funzione della grandezza dell'incendio. Il flusso è in funzione del tipo di combustibile utilizzato.

5.2.8 Flusso delle particelle

Il flusso massivo di particolato viene misurato in kg/s. È possibile utilizzare il flusso massivo per unità di superficie e in un secondo momento moltiplicarlo per la massa. È possibile calcolare per tutte le specie non reattive presenti nei prodotti di combustione la concentrazione sottovento. Il software utilizza un numero fissato di particelle che vengono prese in considerazione a valle dell'incendio. Le particelle sono mosse con la stessa velocità, coincidente con quella del vento. Le particelle che nel calcolo dovessero raggiungere le celle a livello del suolo. Il moto delle particelle è dunque governato da dalla velocità indotta dal fuoco.

5.3 Simulazioni

Figura 5.1: ALOFT-FT



5.3.1 Definizione dei parametri per le simulazioni

Nella prima finestra, in figura 5.2, viene richiesto l'inserimento dei seguenti dati:

- Titolo del progetto,
- Distanza sottovento (massima);

- Distanza dall'acqua (iniziale);
- Tipologia di carburante;
- Superficie dei fuochi.

Figura 5.2: Finestra inserimento dati relativi al fuoco

The screenshot shows a software interface for entering fire data. It features a tabbed interface with 'Fire' selected. The 'Project Title' is an empty text box. Under 'Distance', there are two numeric input fields for 'Downwind Distance (maximum)' and 'Distance Over Water (initial)', both set to 0 km. The 'Fuel' section includes a dropdown menu currently set to 'none' and a 'View Fuel Properties' button. The 'Fuels Database' section shows a list with 'Alaska North Slope Crude' selected, a 'Fuel: 1' indicator, and buttons for 'Select Fuel' and 'Edit Fuel Properties Database'. The bottom section has tabs for 'Fire 1' through 'Fire 6'. Below these, there is a 'Fire Area' field set to 0 sq. m, and a 'Fire Location - Optional' section with 'Latitude' and 'Longitude' fields, each with directional dropdowns (N, W) and sub-fields for degrees, minutes, and seconds.

Come precedentemente visto è possibile inserire in ALOFT, mediante apposita finestra in figura 5.3, nuovi comburenti inserendo i seguenti dati:

- Nome;
- Heat Release Rate per Unit Area (Total);
- Radiative Fraction;
- Burning Rate per unit Area;
- Fattori di emissione.

Figura 5.3: Finestra inserimento dati relativi al carburante

Buttons: Add New Fuel, Add New Fuel Based on This Fuel, Delete Fuel, Close

Fuel: 1

Fuel Name: Alaska North Slope Crude

Heat Release Rate per Unit Area (Total): 1.75 MW/m²

Radiative Fraction: 0.1

Burning Rate per Unit Area: 0.051 kg/m²-s

Notes:

Emission Factors	
PM10:	116 g/kg
PM2.5:	86 g/kg
CO2:	2610 g/kg
CO:	30 g/kg
SO2:	25 g/kg
VOC:	5 g/kg

User Defined Emission Factors	
User 1 Label:	
User 1 Value:	0
User 1 Units:	
User 2 Label:	
User 2 Value:	0
User 2 Units:	
User 3 Label:	
User 3 Value:	0
User 3 Units:	

Nella seconda Finestra, in figura 5.4, si devono inserire i seguenti dati relativi al vento:

- Velocità del vento;
- Velocità superficiale del vento;
- Deviazione standard;
- Direzione del vento.

Figura 5.4: Finestra inserimento dati relativi al vento

File Units Run Graphs Map Contours Help

Fire Wind Temperature

Wind Speed: Wind Speed 0 m/s

Surface Wind Speed: Surface Wind Speed 0 m/s

Wind Direction - Optional: Wind Direction 0.0 degrees

Wind Standard Deviation Over Land | Wind Standard Deviation Over Water

Pasquill Stability Categories							
(Click on Bold Letters to Select)							
			Day			Night	
			Incoming Solar Radiation			Cloud Cover	
Surface Wind Speed			Strong	Moderate	Light	>4/8	<3/8
m/s	mi/hr	knots					
2-3	4.5-6.7	3.9-5.8	A-B	B	C	E	F
3-5	6.7-11.2	5.8-9.7	B	B-C	C	D	E
5-6	11.2-13.4	9.7-11.7	C	C-D	D	D	D
>6	>13.4	>11.7	C	D	D	D	D

Heavy overcast day or night

Category Chosen: _____

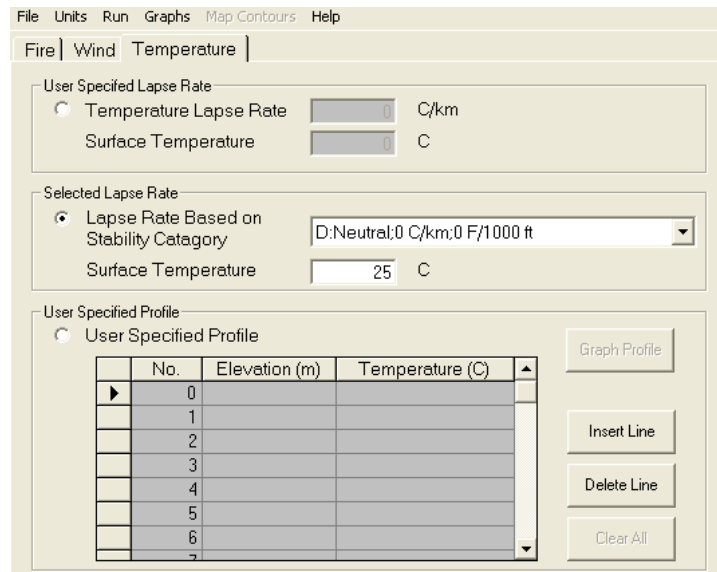
Lateral Wind Standard Deviation - Sigma Theta: 0 deg

Vertical Wind Standard Deviation - Sigma Phi: 0 deg

Nella terza ed ultima finestra, in figura 5.5, si inseriscono i dati relativi alla temperatura successivamente elencati:

- Temperatura superficiale;
- Categoria di stabilità.

Figura 5.5: Finestra inserimento dati relativi alla temperatura



In tabella 5.6 sono riassunti i dati di input inseriti per ogni simulazione.

Tabella 5.6: Dati da inserire per ogni simulazione

Titolo del progetto
Distanza sottovento (massima)
Distanza dall'acqua (iniziale)
Tipologia di carburante
Superficie dei fuochi
Nome carburante
HRR
Radiative Fraction
Burning Rate per unit Area
Fattori di emissione
Velocità del vento
Velocità superficiale del vento
Deviazione standard
Direzione del vento
Temperatura superficiale
Categoria di stabilità

Nel capitolo 4, quando sono state studiate le attività soggette, nei casi studio, le due superfici erano di 4,8 e 48 mq. Il software ALOFT non permette la simulazione di aree inferiori a 25 mq. Si è dunque ritenuto opportuno non eseguire solamente la simulazione dei 48 mq (50), ma di aggiungere altre due diverse possibili quantità di materiale stoccato.

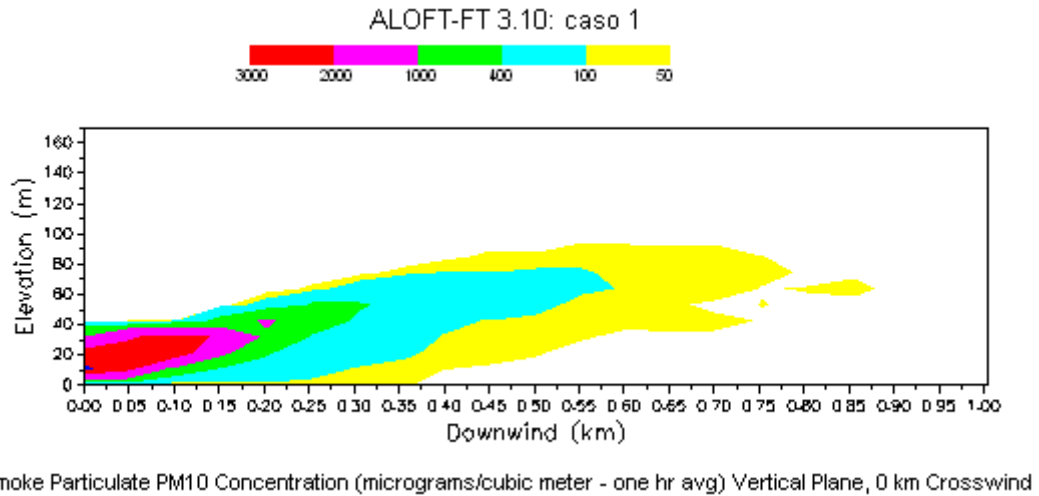
Di seguito sono riportate le simulazioni eseguite. Le simulazioni si riferiscono a :

- PE,
- PS,
- PVC.

5.3.2 Casi studio: Polietilene (PE)

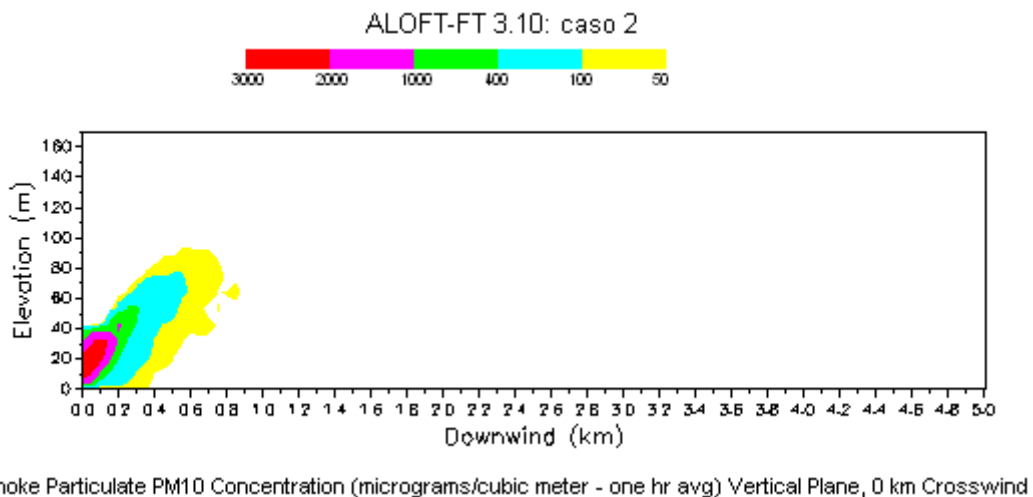
I casi studio presenti in questo paragrafo si riferiscono agli effluenti tossici rilasciati in incendi riguardanti il polietilene. In tabella 5.7 sono riportati i dati di input dei casi studio effettuati per le emissioni di PM10 nel caso di incendi di Polietilene. Nella tabella sono evidenziati i parametri che variano nelle simulazioni.

Figura 5.6: Caso 1



Nel caso 1 l'altezza del pennacchio iniziale è di 40 metri. Si osserva, per PM10, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi i 100m. Inizialmente si ha una concentrazione compresa tra i 2000 ai 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 200 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 550 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di 20 m da terra con concentrazioni inferiori a 400 microgrammi/m³.

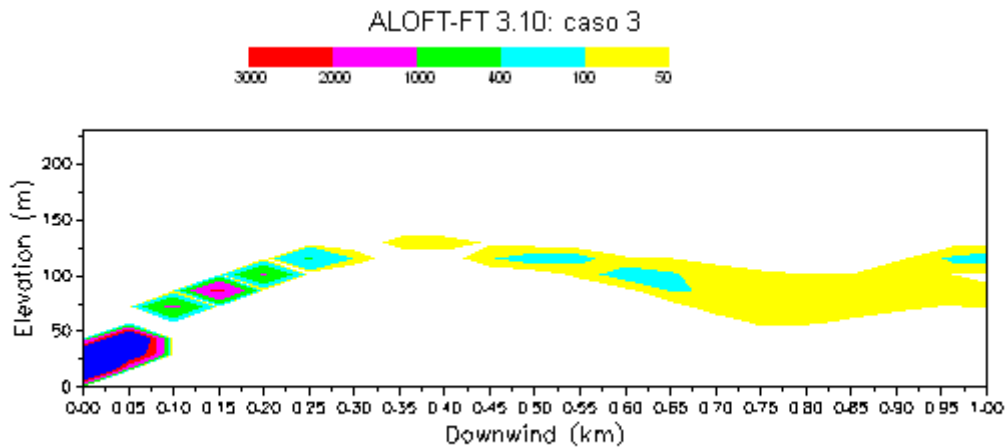
Figura 5.7: Caso 2



Nel caso 2 l'altezza del pennacchio iniziale è di circa 40 metri. Si osserva, per PM10, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi i 100m. Inizialmente si ha una concentrazione compresa tra i 2000 ai 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 100 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 550 metri

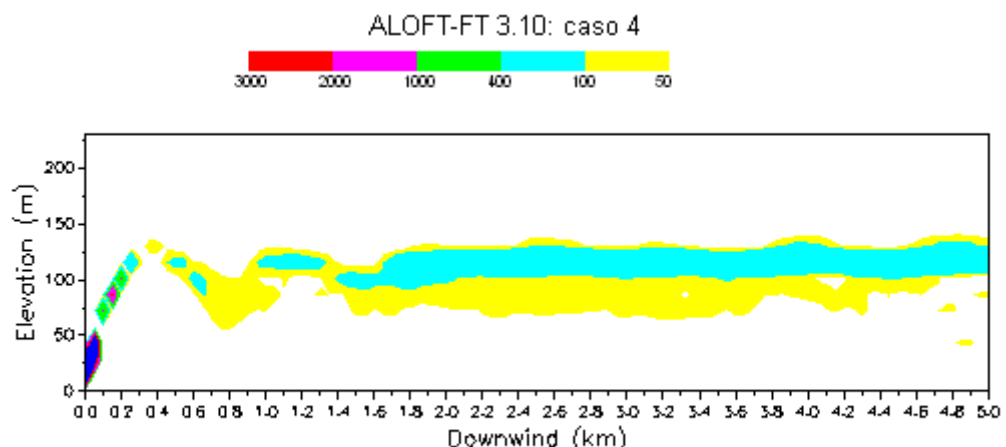
sottovento la nube si trova ad un'altezza di 20 m da terra con concentrazioni inferiori a 400 microgrammi/m³.

Figura 5.8: Caso 3



Nel caso 3 l'altezza del pennacchio iniziale è di 50 metri. Si osserva, per PM10, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi i 150m. Inizialmente si ha una concentrazione superiore ai 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 100 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 300 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 100 m da terra con concentrazioni inferiori a 400 microgrammi/m³.

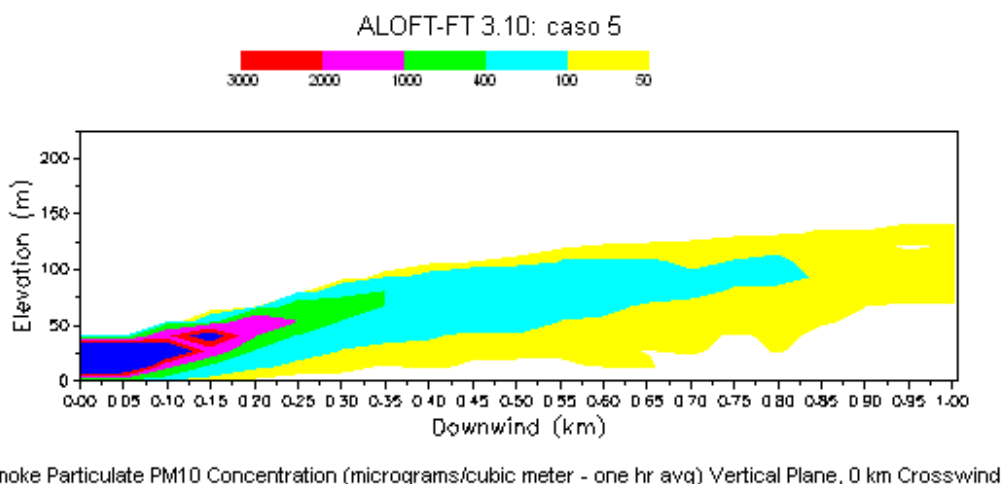
Figura 5.9: Caso 4



Per il caso 4, l'altezza del pennacchio iniziale è di 50 metri. Si osserva, per PM10, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi i

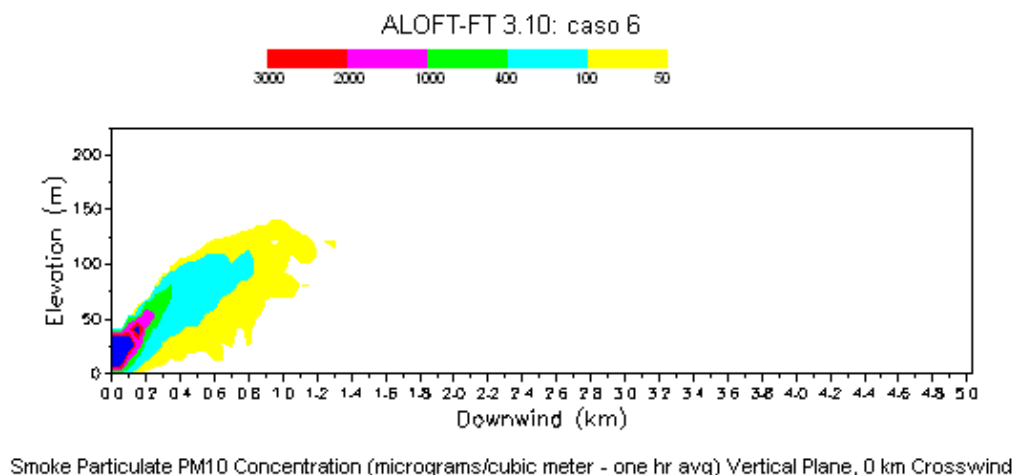
150m. Inizialmente si ha una concentrazione superiore ai 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 100 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 300 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 100 m, per poi scendere a 60 metri e restare più o meno costante, con concentrazioni inferiori a 1000 microgrammi/m³.

Figura 5.10: Caso 5



Nel caso 5, l'altezza del pennacchio iniziale è di 47 metri. Si osserva, per PM10, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi i 130 m. Inizialmente si ha una concentrazione superiore ai 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 350 metri essa si riduce notevolmente.

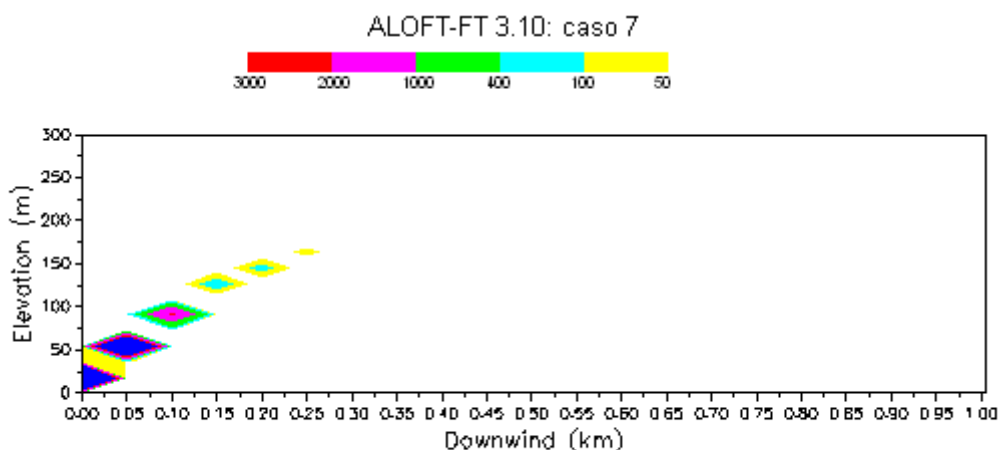
Figura 5.11: Caso 6



Nel caso 6, l'altezza del pennacchio iniziale è di 50 metri. Si osserva, per PM10, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi i

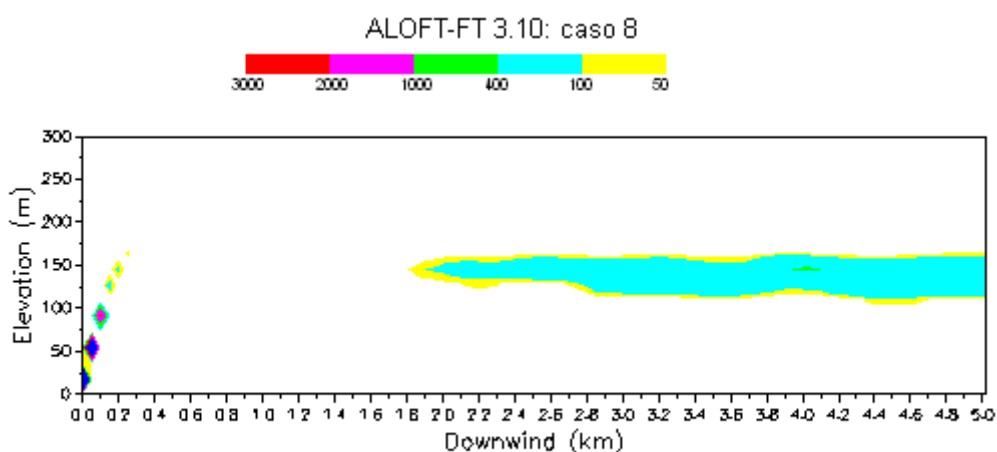
130m. Inizialmente si ha una concentrazione superiore ai 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 350 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 1200 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 120 m da terra con concentrazioni inferiori a 100 microgrammi/m³.

Figura 5.12: Caso 7



Nel caso 7, l'altezza del pennacchio iniziale è di 60 metri. Si osserva, per PM10, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi i 160 m. Inizialmente si ha una concentrazione superiore ai 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 150 metri essa si riduce notevolmente.

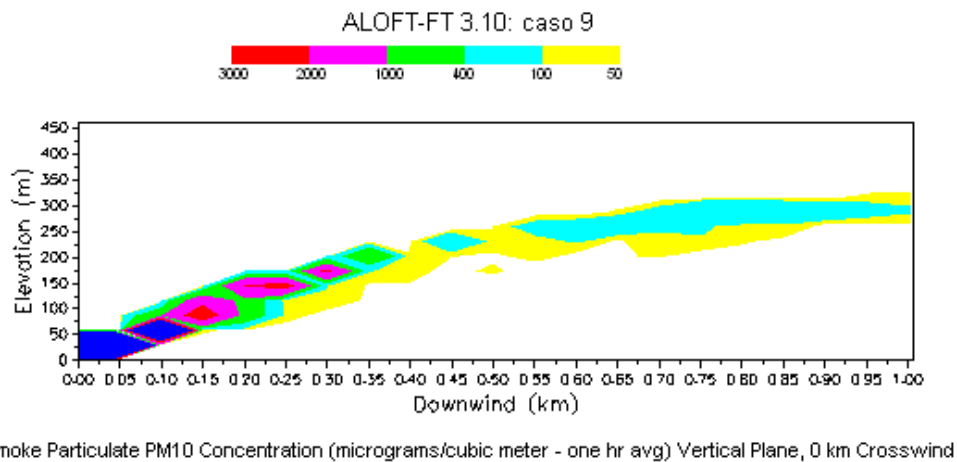
Figura 5.13: Caso 8



Nel caso 8, l'altezza del pennacchio iniziale è di 75 metri. Si osserva, per PM10, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi i

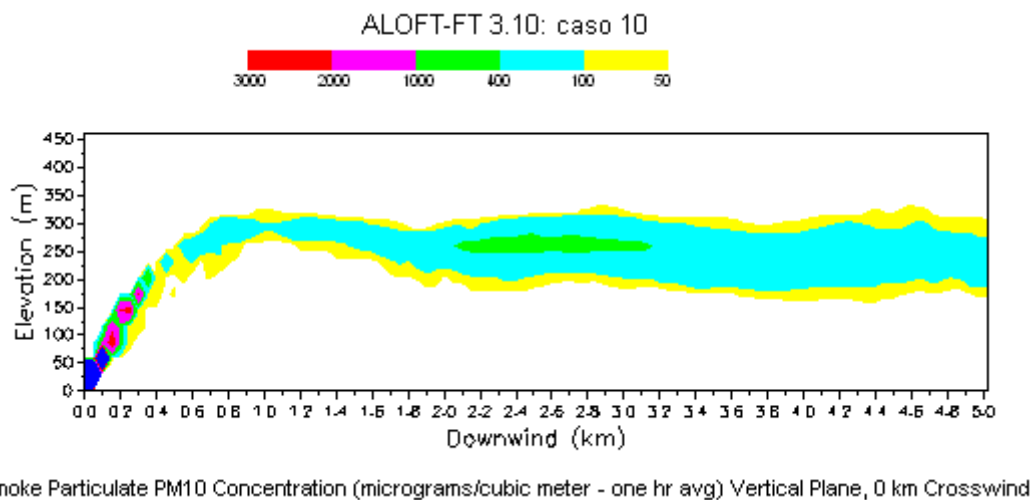
175 m. Inizialmente si ha una concentrazione superiore ai 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 250 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 1800 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 100 m da terra con concentrazioni inferiori a 1000 microgrammi/m³.

Figura 5.14: Caso 9



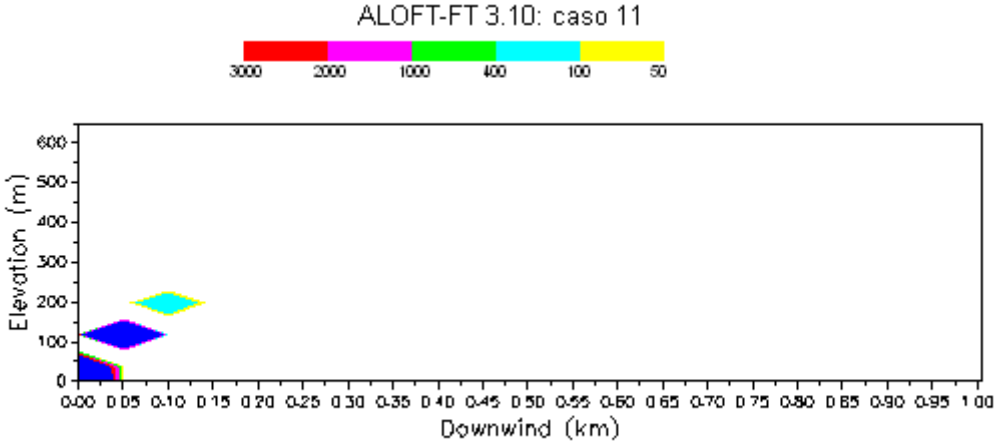
Nel caso 9, l'altezza del pennacchio iniziale è di 50 metri. Si osserva, per PM10, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi i 350 m. Inizialmente si ha una concentrazione superiore ai 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 350 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 450 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 150 m da terra con concentrazioni inferiori a 1000 microgrammi/m³.

Figura 5.15: Caso 10



Nel caso 10, l'altezza del pennacchio iniziale è di 50 metri. Si osserva, per PM10, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi i 350 m. Inizialmente si ha una concentrazione superiore ai 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 350 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 450 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 150 m da terra con concentrazioni inferiori a 1000 microgrammi/m³.

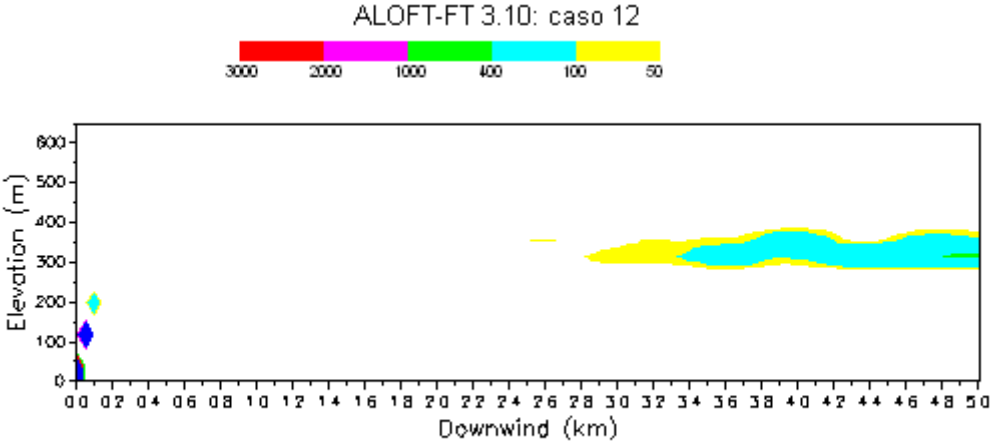
Figura 5.16: Caso 11



Smoke Particulate PM10 Concentration (micrograms/cubic meter - one hr avg) Vertical Plane, 0 km Crosswind

Nel caso 11, l'altezza del pennacchio iniziale è di 75 metri. Si osserva, per PM10, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi i 250 m. Inizialmente si ha una concentrazione superiore ai 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 120 metri essa si riduce notevolmente.

Figura 5.17: Caso 12



Smoke Particulate PM10 Concentration (micrograms/cubic meter - one hr avg) Vertical Plane, 0 km Crosswind

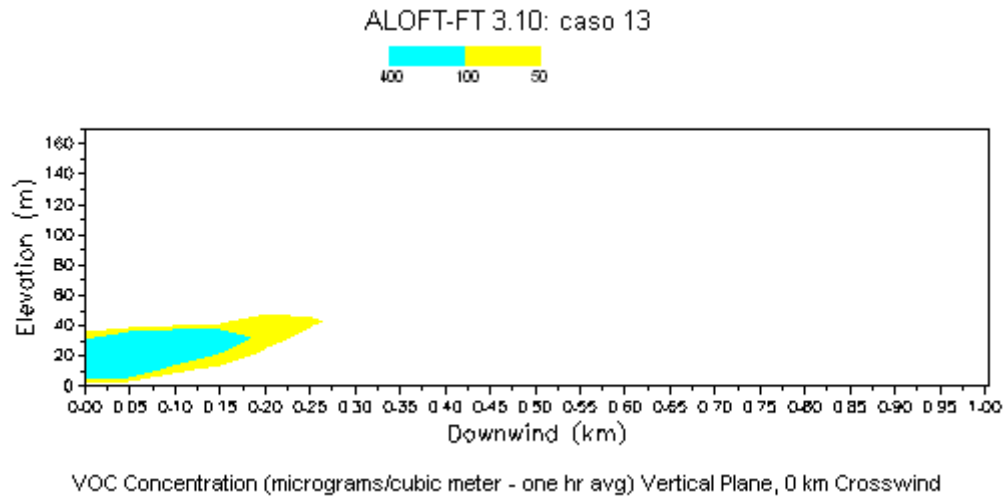
Nel caso 12, l'altezza del pennacchio iniziale è di 75 metri. Si osserva, per PM10, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi i 430 m. Inizialmente si ha una concentrazione superiore ai 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 250 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 3000 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 280 m da terra con concentrazioni inferiori a 1000 microgrammi/m³.

Analizzando i risultati prodotti per la dispersione del particolato si può osservare che:

- la distanza sottovento influisce parzialmente la dispersione;
- una classe di stabilità atmosferica più stabile (F) e velocità inferiori influiscono sulla dispersione rendendola più stabile e quindi in grado di disperdersi maggiormente e raggiungere distanze più elevate;
- infine l'aumento della superficie dei fuochi fa aumentare la produzione di prodotti della combustione e quindi le quantità del particolato e la sua dispersione risultano essere maggiori.

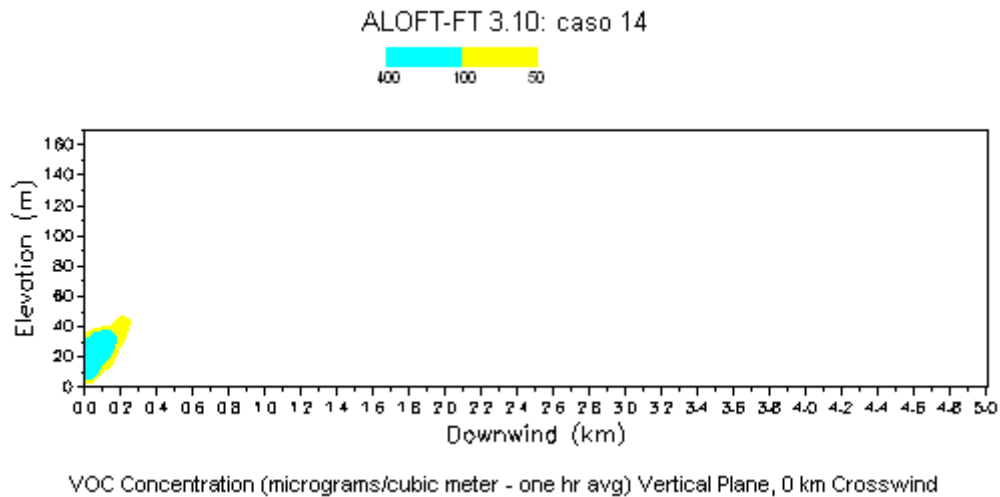
In tabella 5.8 sono riportati i dati di input dei casi studio effettuati per le emissioni di VOC nel caso di incendi di Polietilene. Nella tabella sono evidenziati i parametri che variano nelle simulazioni.

Figura 5.18: Caso 13



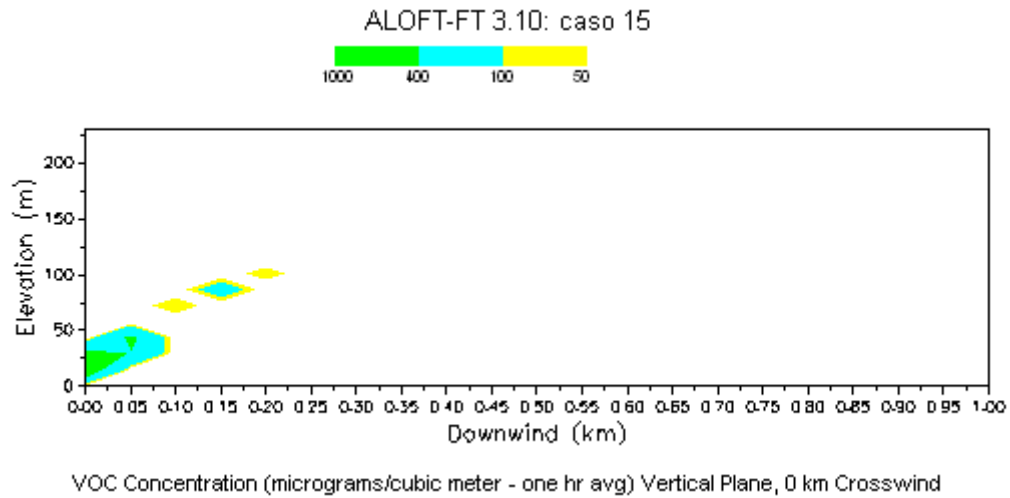
Nel caso 13, l'altezza del pennacchio iniziale è di 38 metri. Si osserva, per i VOC, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi i 45 m. Inizialmente si ha una concentrazione di 400 microgrammi/m³. Ad una distanza di 155 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 10 m da terra.

Figura 5.19: Caso 14



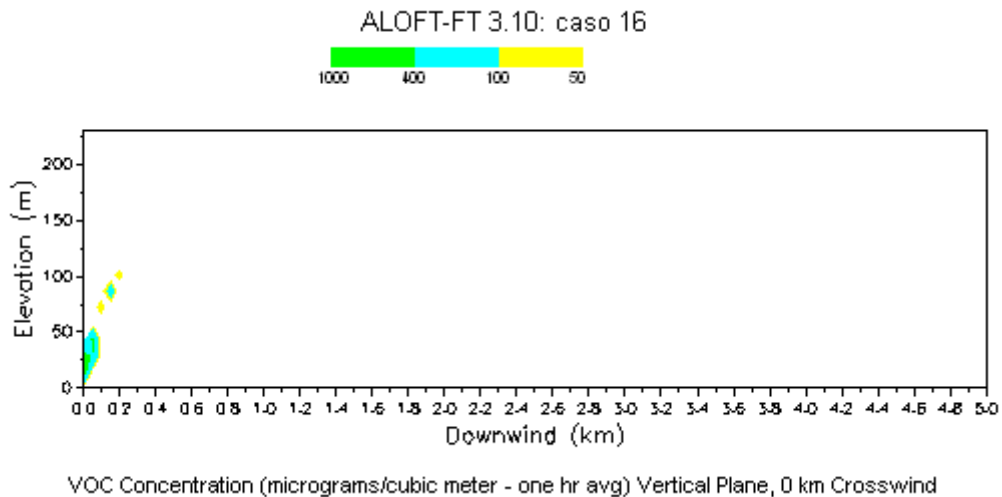
Nel caso 14, l'altezza del pennacchio iniziale è di 38 metri. Si osserva, per i VOC, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi i 45 m. Inizialmente si ha una concentrazione di 400 microgrammi/m³. Ad una distanza di 155 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 10 m da terra.

Figura 5.20: Caso 15



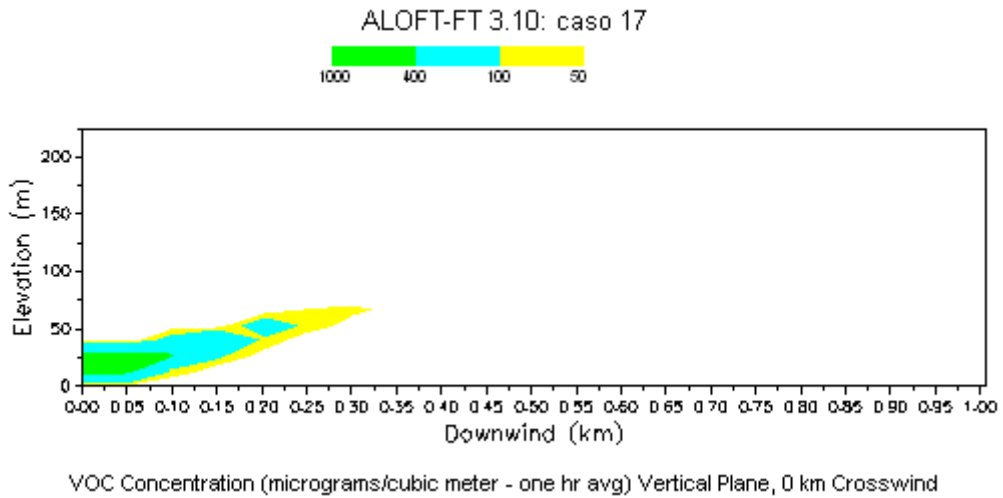
Nel caso 15, l'altezza del pennacchio iniziale è di 50 metri. Si osserva, per i VOC, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 120m. Inizialmente si ha una concentrazione di 1000 microgrammi/m³; già dopo i primi 100 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 150 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 80 m.

Figura 5.21: Caso 16



Nel caso 16, l'altezza del pennacchio iniziale è di 50 metri. Si osserva, per i VOC, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 120 m. Inizialmente si ha una concentrazione di 1000 microgrammi/m³; già dopo i primi 100 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 150 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 80 m.

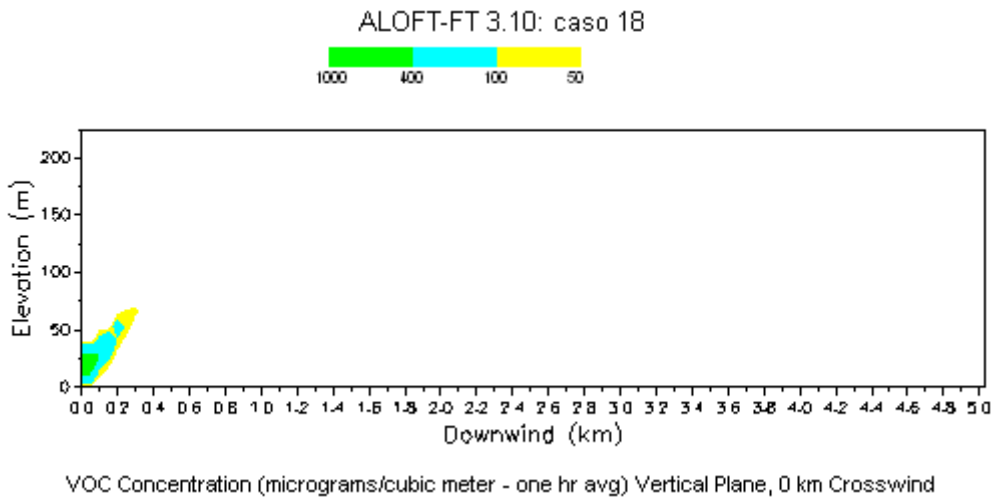
Figura 5.22: Caso 17



Per il caso 17, l'altezza del pennacchio iniziale è di 48 metri. Si osserva, per i VOC, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 80 m. Inizialmente si ha una concentrazione di 1000 microgrammi/m³; già dopo i primi 200 metri essa si riduce notevolmente.

Ad una distanza di 200 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 25 m.

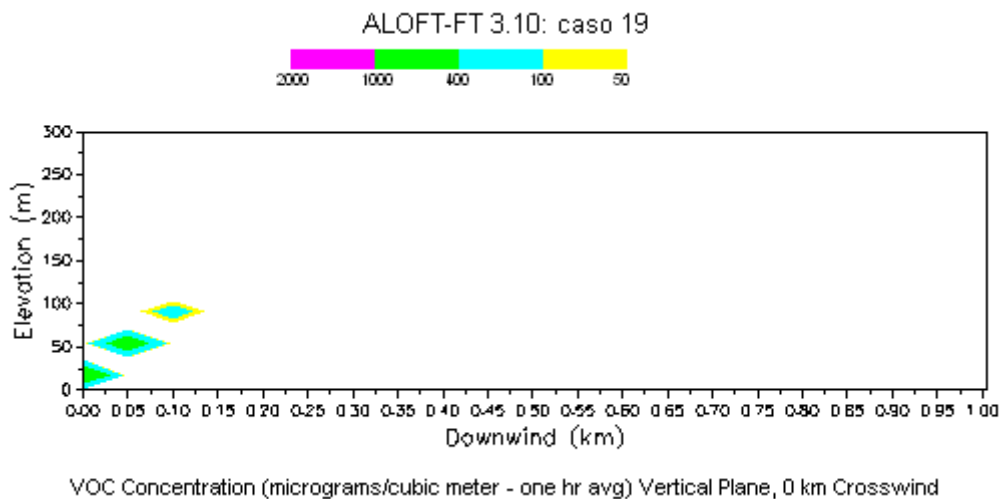
Figura 5.23: Caso 18



Nel caso 18, l'altezza del pennacchio iniziale è di 48 metri. Si osserva, per i VOC, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 80 m. Inizialmente si ha una concentrazione di 1000 microgrammi/m³; già dopo i primi 200 metri essa si riduce notevolmente.

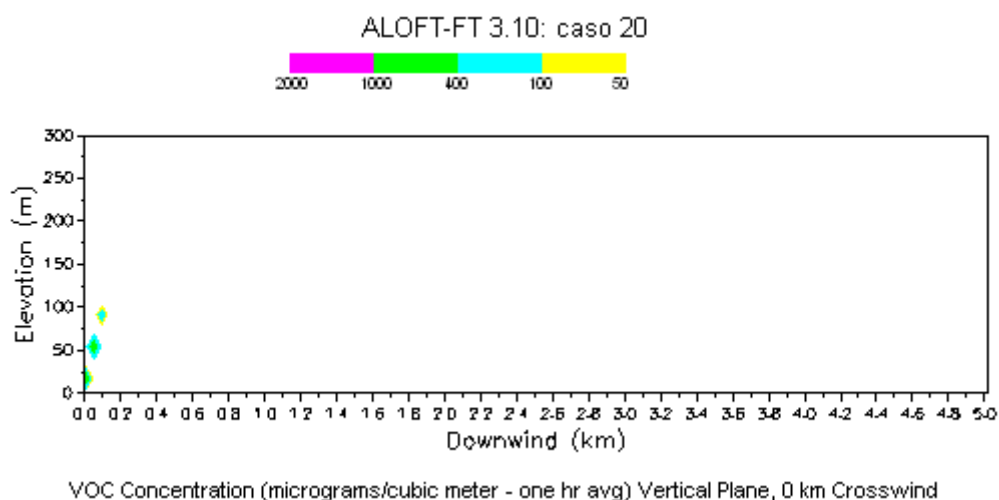
Ad una distanza di 200 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 25 m.

Figura 5.24: Caso 19



Per il caso 19, l'altezza del pennacchio iniziale è di 35 metri. Si osserva, per i VOC, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 100 m. Inizialmente si ha una concentrazione di 1000/1500 microgrammi/m³; già dopo i primi 50 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 100 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 50 m.

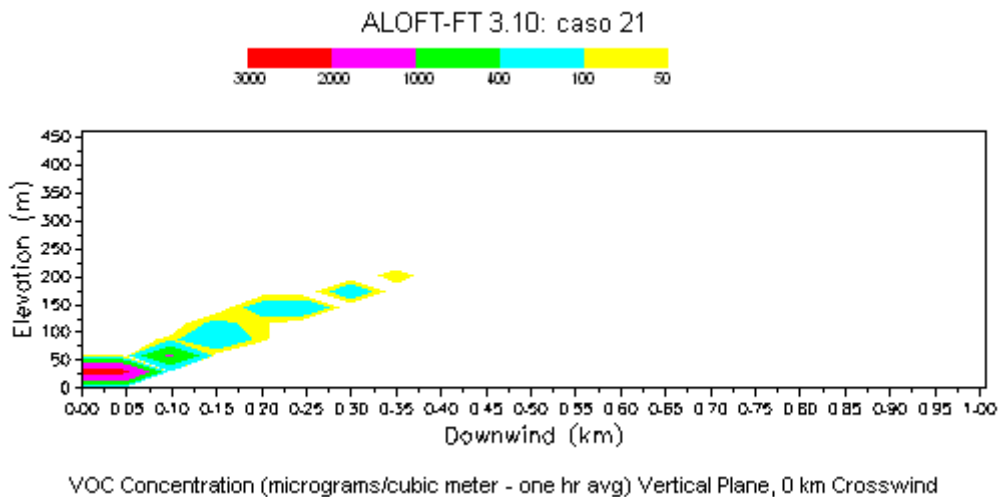
Figura 5.25: Caso 20



Per il caso 20, l'altezza del pennacchio iniziale è di 35 metri. Si osserva, per i VOC, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 100 m. Inizialmente si ha una concentrazione di 1000/1500 microgrammi/m³; già dopo i primi 50 metri

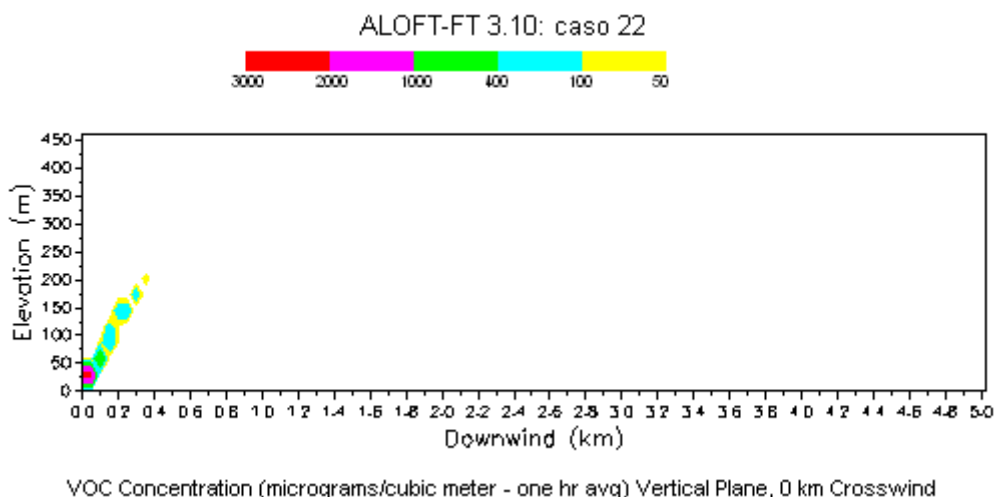
metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 100 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 50 m.

Figura 5.26: Caso 21



Nel caso 21, l'altezza del pennacchio iniziale è di 55 metri. Si osserva, per i VOC, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 200 m. Inizialmente si ha una concentrazione di 2000/3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 150 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 200 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 100 m.

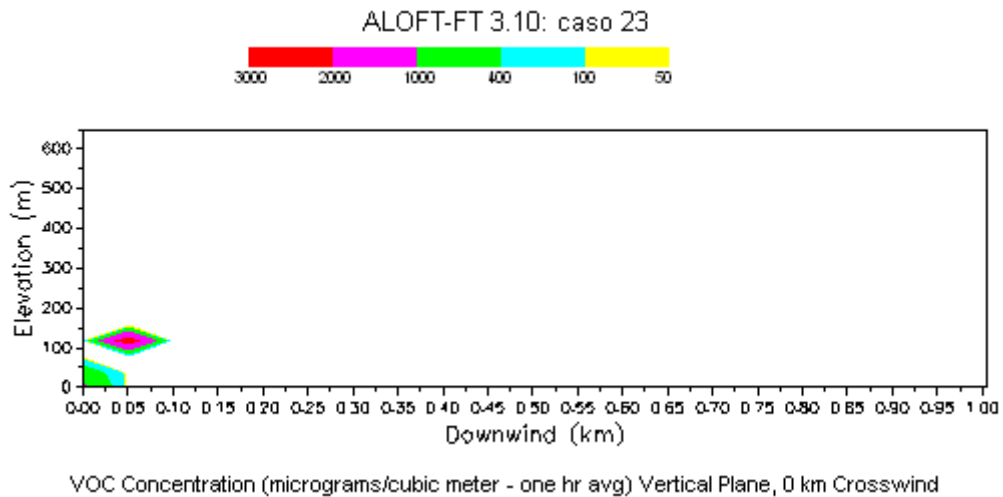
Figura 5.27: Caso 22



Per il caso 22, l'altezza del pennacchio iniziale è di 55 metri. Si osserva, per i VOC, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 200 m. Inizialmente si ha una concentrazione di 2000/3000 microgrammi/m³; già dopo i primi

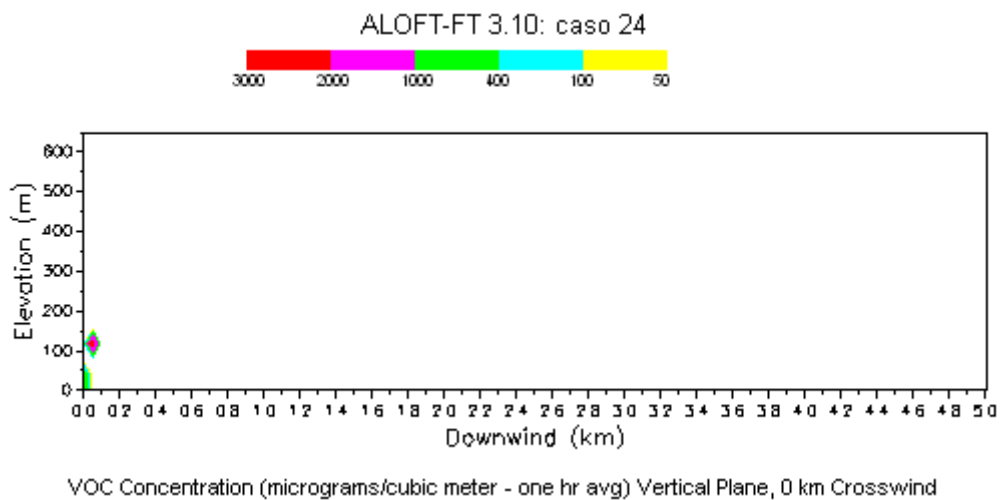
150 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 200 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 100 m.

Figura 5.28: Caso 23



Per il caso 23, l'altezza del pennacchio iniziale è di 65 metri. Si osserva, per i VOC, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 150 m. Ad una distanza di 50 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 80 m.

Figura 5.29: Caso 24



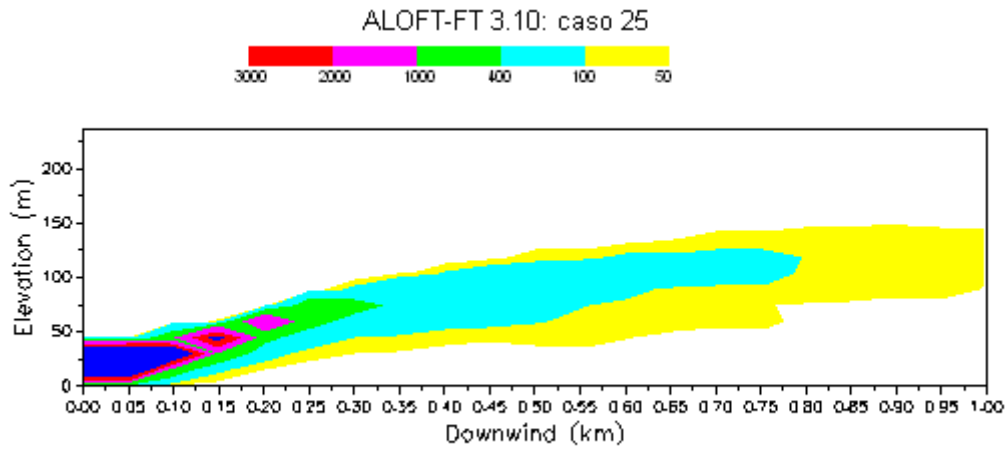
Per il caso 24, l'altezza del pennacchio iniziale è di 65 metri. Si osserva, per i VOC, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 150 m. Ad una distanza di 50 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 80 m.

Osservando i risultati è possibile affermare che in condizioni più stabili e con minor velocità del vento la presenza di VOC risulta essere ad altezze maggiori rispetto al caso di classi di stabilità più turbolenti e con velocità del vento maggiori. Quindi si può affermare che maggiore è l'instabilità maggiore sarà la presenza di VOC ad altezze rispetto al suolo più basse.

5.3.4 Casi studio: Polistirene (PS)

I casi studio presenti in questo paragrafo si riferiscono agli effluenti tossici rilasciati in incendi riguardanti il polistirene. In tabella 5.9 sono riportati i dati di input dei casi studio effettuati per le emissioni di PM10 nel caso di incendi di Polistirene. Nella tabella sono evidenziati i parametri che variano nelle simulazioni.

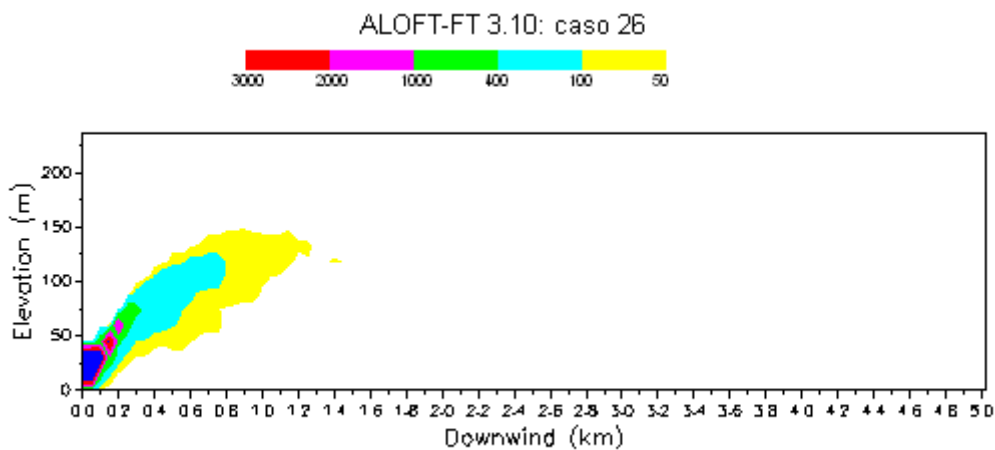
Figura 5.30: Caso 25



Smoke Particulate PM10 Concentration (micrograms/cubic meter - one hr avg) Vertical Plane, 0 km Crosswind

Per il caso 25, l'altezza del pennacchio iniziale è di 48 metri. Si osserva, per PM10, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi i 150 m. Inizialmente si ha una concentrazione superiore ai 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 250 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 450 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 20 m da terra con concentrazioni inferiori a 1000 microgrammi/m³.

Figura 5.31: Caso 26

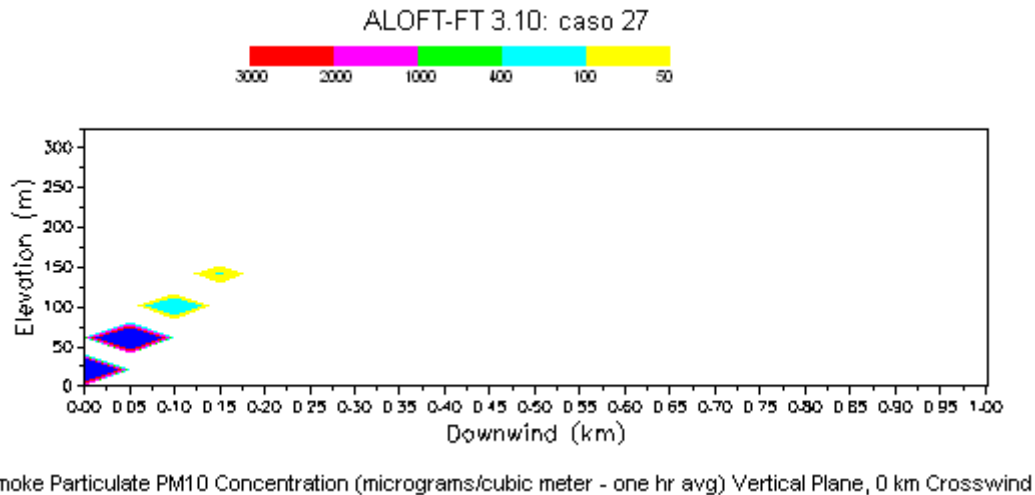


Smoke Particulate PM10 Concentration (micrograms/cubic meter - one hr avg) Vertical Plane, 0 km Crosswind

Per il caso 26, l'altezza del pennacchio iniziale è di 48 metri . Si osserva, per PM10, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi i 150 m. Inizialmente si ha una concentrazione superiore ai 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 250 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 450 metri sottovento la

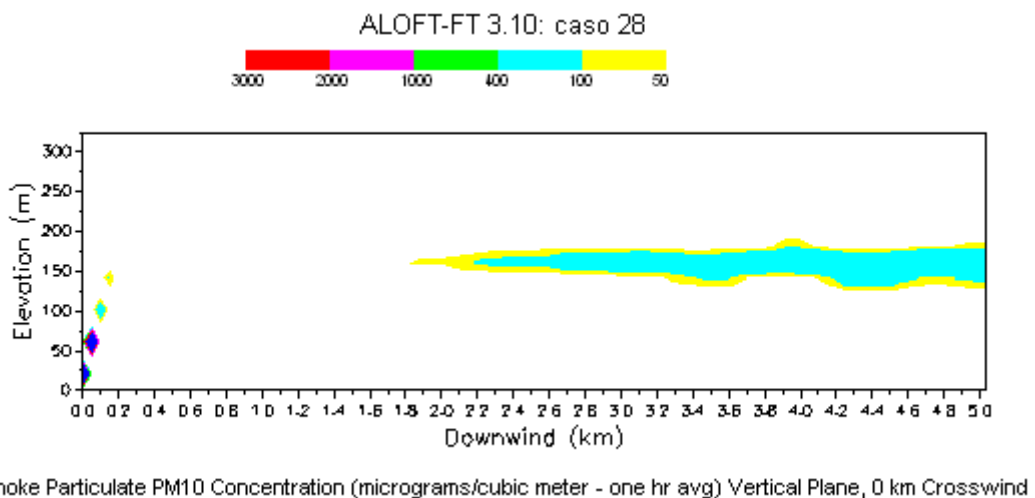
nube si trova ad un'altezza di oltre 20 m da terra con concentrazioni inferiori a 1000 microgrammi/m³.

Figura 5.32: Caso 27



Per il caso 27, l'altezza del pennacchio iniziale è di 40 metri. Si osserva, per PM10, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi i 160 m. Inizialmente si ha una concentrazione superiore ai 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 100 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 100 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 50 m da terra con concentrazioni inferiori a 1000 microgrammi/m³.

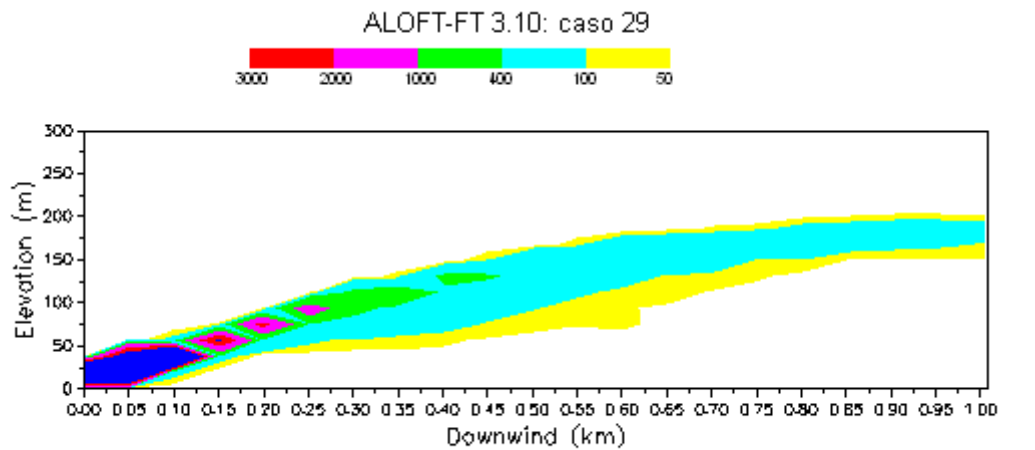
Figura 5.33: Caso 28



Per il caso 28, l'altezza del pennacchio iniziale è di 40 metri. Si osserva, per PM10, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi i

200 m. Inizialmente si ha una concentrazione superiore ai 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 100 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 2000 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 120 m da terra con concentrazioni inferiori a 1000 microgrammi/m³.

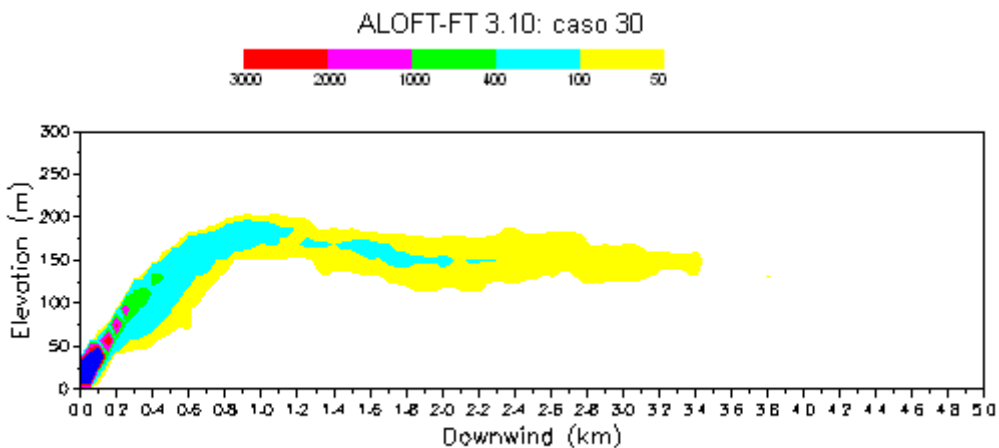
Figura 5.34: Caso 29



Smoke Particulate PM10 Concentration (micrograms/cubic meter - one hr avg) Vertical Plane, 0 km Crosswind

Nel caso 29, l'altezza del pennacchio iniziale è di 45 metri. Si osserva, per PM10, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 200 m. Inizialmente si ha una concentrazione superiore ai 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 300 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 300 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 25 m da terra con concentrazioni inferiori a 1000 microgrammi/m³.

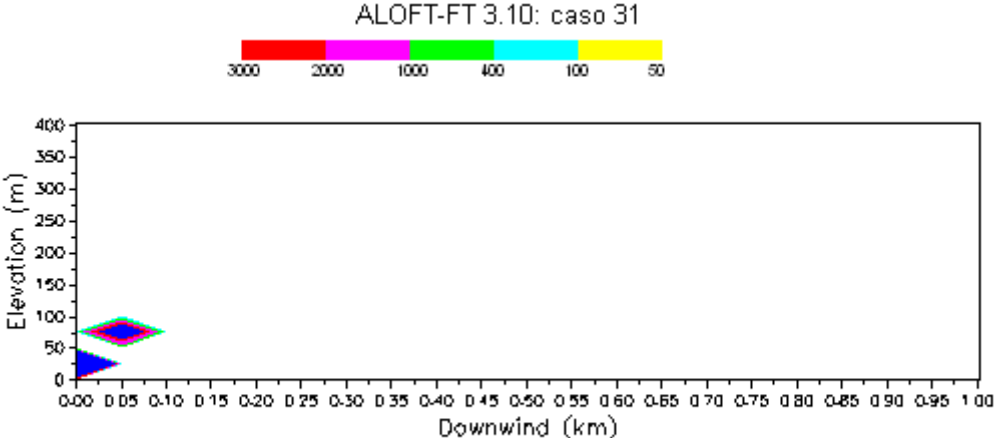
Figura 5.35: Caso 30



Smoke Particulate PM10 Concentration (micrograms/cubic meter - one hr avg) Vertical Plane, 0 km Crosswind

Per il caso 30, l'altezza del pennacchio iniziale è di 45 metri. Si osserva, per PM10, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 200 m. Inizialmente si ha una concentrazione superiore ai 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 300 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 1000 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 100 m da terra con concentrazioni inferiori a 1000 microgrammi/m³.

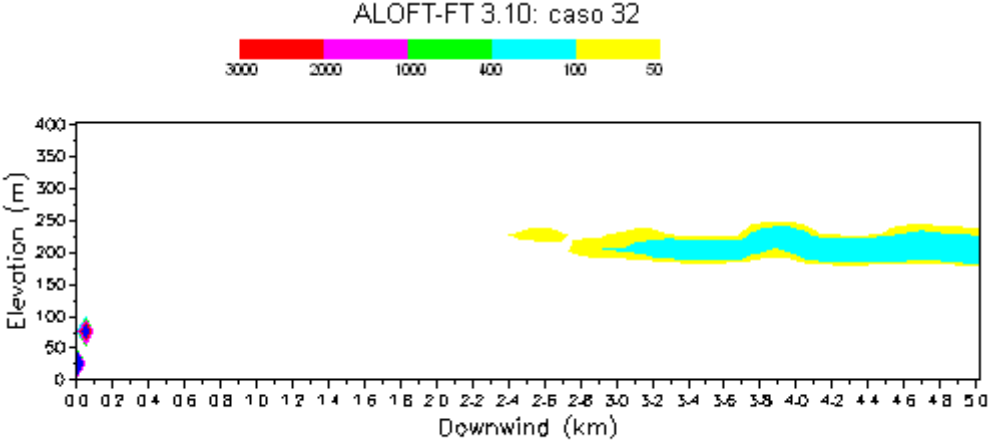
Figura 5.36: Caso 31



Smoke Particulate PM10 Concentration (micrograms/cubic meter - one hr avg) Vertical Plane, 0 km Crosswind

Per il caso 31, l'altezza del pennacchio iniziale è di 50 metri. Si osserva, per PM10, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 100 m. Inizialmente si ha una concentrazione superiore ai 3000 microgrammi/m³.

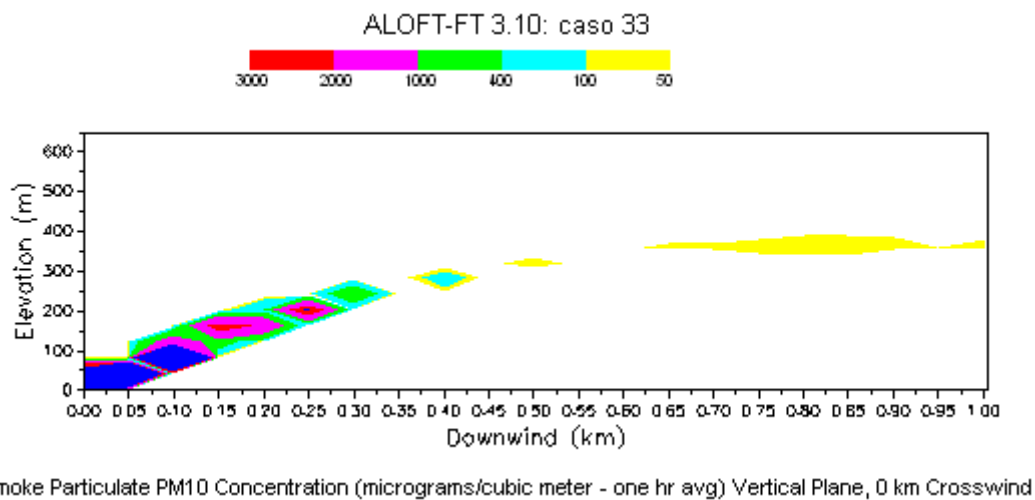
Figura 5.37: Caso 32



Smoke Particulate PM10 Concentration (micrograms/cubic meter - one hr avg) Vertical Plane, 0 km Crosswind

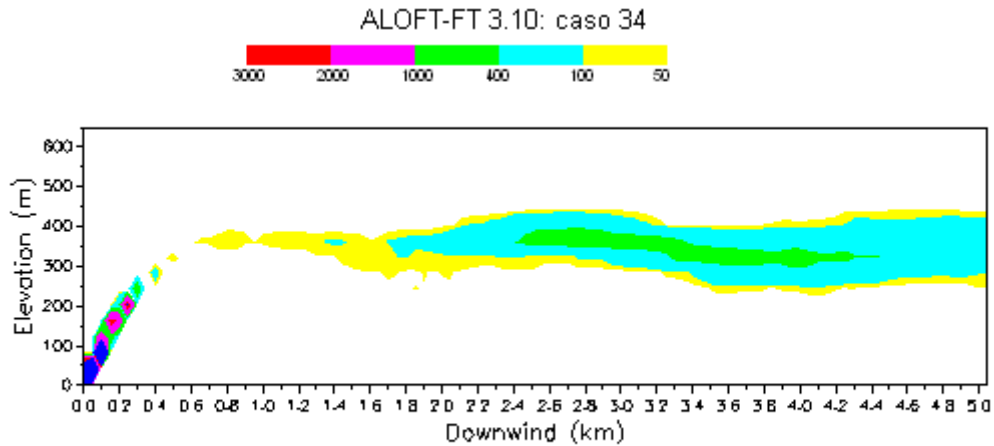
Per il caso 32, l'altezza del pennacchio iniziale è di 50 metri. Si osserva, per PM10, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 250 m. Inizialmente si ha una concentrazione superiore ai 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 2000 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 2000 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 180 m da terra con concentrazioni inferiori a 1000 microgrammi/m³.

Figura 5.38: Caso 33



Per il caso 33, l'altezza del pennacchio iniziale è di 75 metri. Si osserva, per PM10, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 400 m. Inizialmente si ha una concentrazione superiore ai 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 350 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 300 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 250 m da terra con concentrazioni inferiori a 1000 microgrammi/m³.

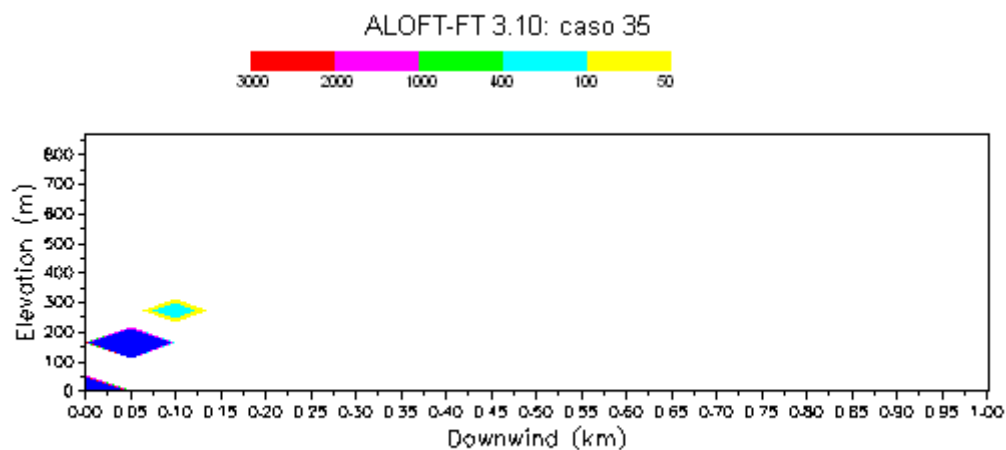
Figura 5.39: Caso 34



Smoke Particulate PM10 Concentration (micrograms/cubic meter - one hr avg) Vertical Plane, 0 km Crosswind

Per il caso 34, l'altezza del pennacchio iniziale è di 75 metri. Si osserva, per PM10, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 450 m. Inizialmente si ha una concentrazione superiore ai 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 350 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 1000 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 200 m da terra con concentrazioni inferiori a 1000 microgrammi/m³.

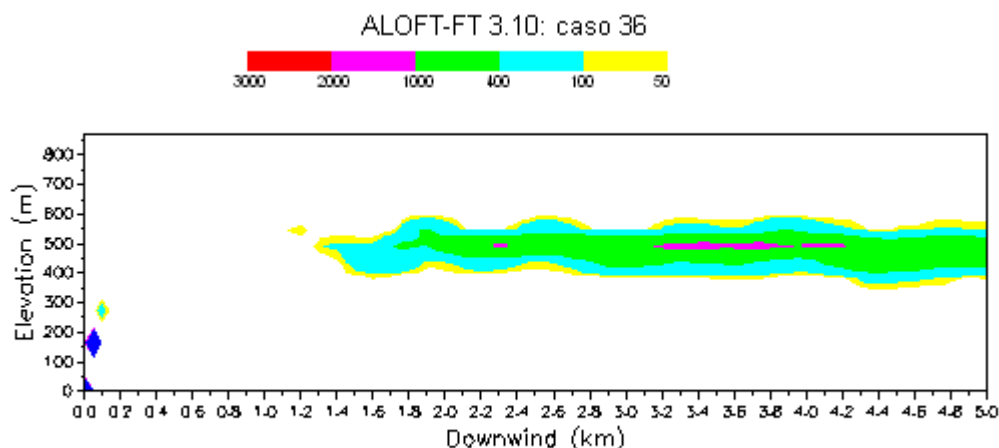
Figura 5.40: Caso 35



Smoke Particulate PM10 Concentration (micrograms/cubic meter - one hr avg) Vertical Plane, 0 km Crosswind

Per il caso 35, l'altezza del pennacchio iniziale è di 120 metri. Si osserva, per PM10, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 300 m. Inizialmente si ha una concentrazione superiore ai 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 100 metri essa si riduce notevolmente.

Figura 5.41: Caso 36



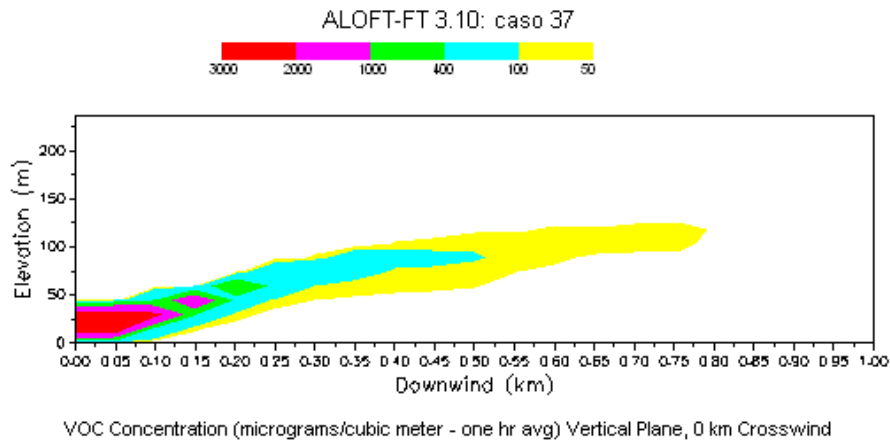
Per il caso 36, l'altezza del pennacchio iniziale è di 120 metri. Si osserva, per PM10, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 650 m. Inizialmente si ha una concentrazione superiore ai 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 100 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 1300 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 400 m da terra con concentrazioni inferiori a 2000 microgrammi/m³.

Analizzando i risultati prodotti per la dispersione del particolato, in un incendio di polistirene, si può osservare che:

- la distanza sottovento influisce parzialmente la dispersione;
- una classe di stabilità atmosferica più stabile (F) e velocità inferiori influiscono sulla dispersione rendendola più stabile e quindi in grado di disperdersi maggiormente e raggiungere distanze più elevate;
- infine l'aumento della superficie dei fuochi fa aumentare la produzione di prodotti della combustione e quindi le quantità del particolato e la sua dispersione risultano essere maggiori.

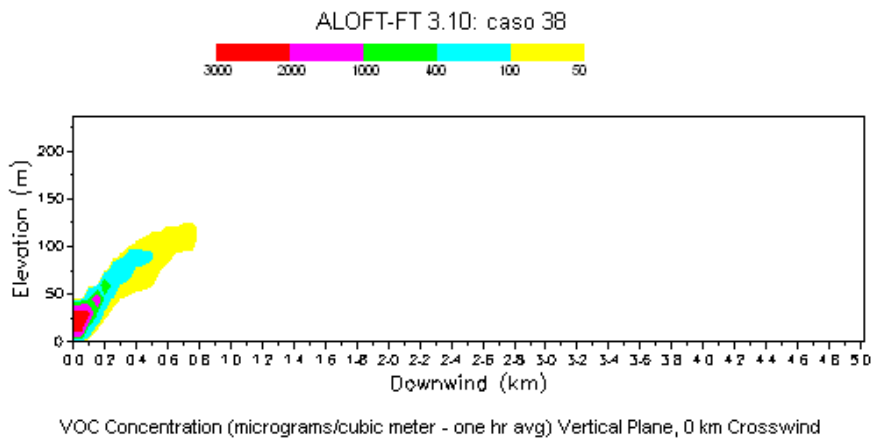
In tabella 5.10 sono riportati i dati di input dei casi studio effettuati per le emissioni di VOC nel caso di incendi di PS. Nella tabella sono evidenziati i parametri che variano nelle simulazioni.

Figura 5.42: Caso 37



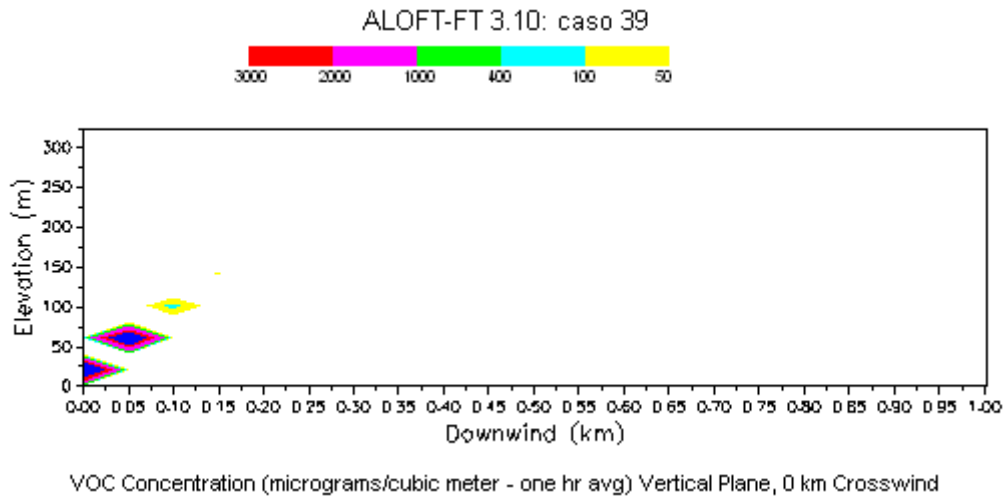
Per il caso 37, l'altezza del pennacchio iniziale è di 48 metri. Si osserva, per i VOC, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 120 m. Inizialmente si ha una concentrazione di 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 200 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 300 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 25 m.

Figura 5.43: Caso 38



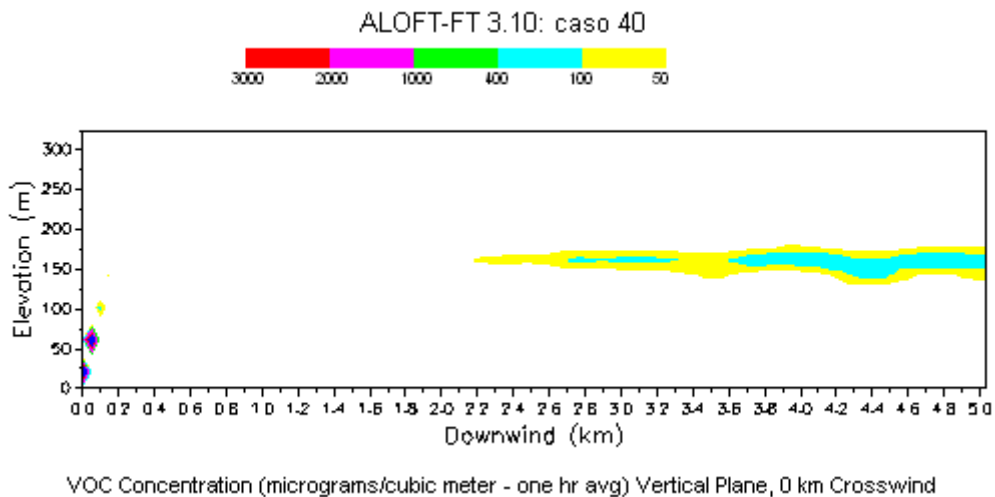
Per il caso 38, l'altezza del pennacchio iniziale è di 48 metri. Si osserva, per i VOC, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 120 m. Inizialmente si ha una concentrazione di 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 200 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 300 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 25 m.

Figura 5.44: Caso 39



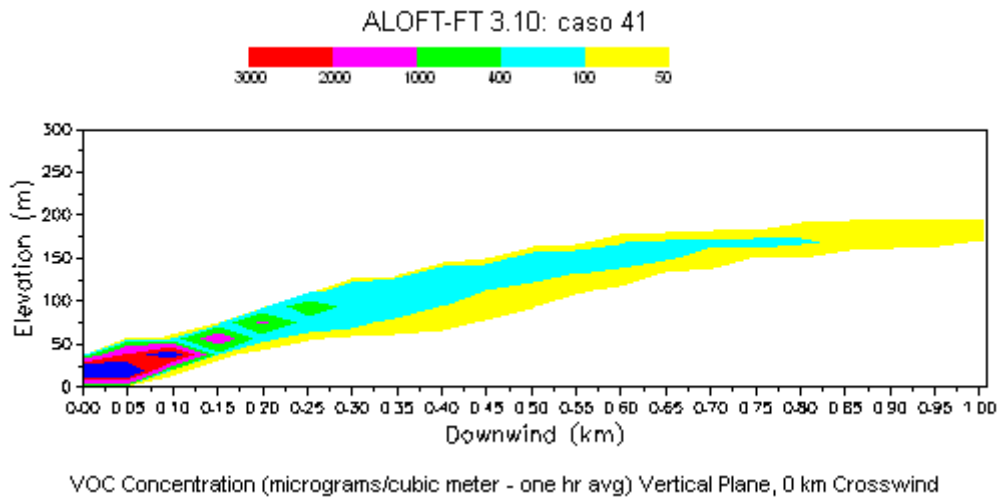
Nel caso 39, l'altezza del pennacchio iniziale è di 30 metri. Si osserva, per i VOC, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 120 m. Inizialmente si ha una concentrazione di oltre 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 100 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 100 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 25 m.

Figura 5.45: Caso 40



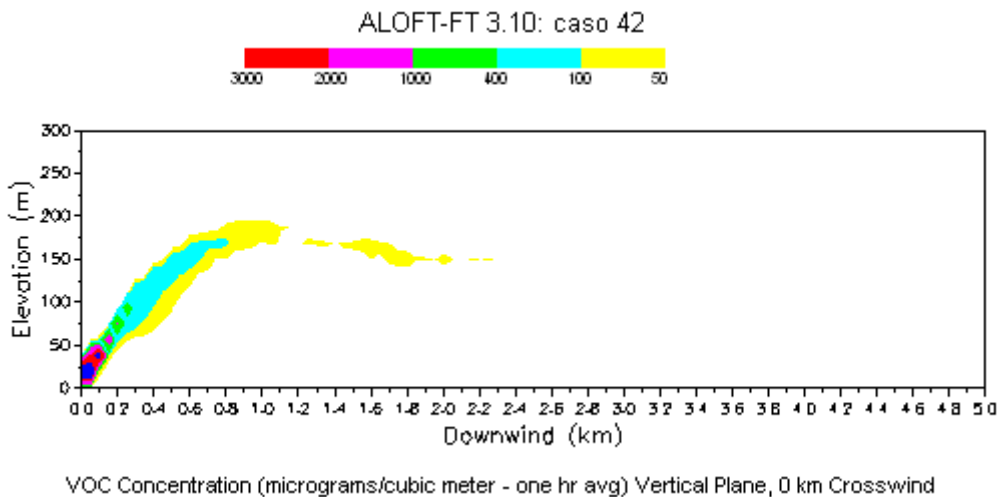
Per il caso 40, l'altezza del pennacchio iniziale è di 30 metri. Si osserva, per i VOC, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 180 m. Inizialmente si ha una concentrazione di oltre 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 100 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 2000 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 100 m.

Figura 5.46: Caso 41



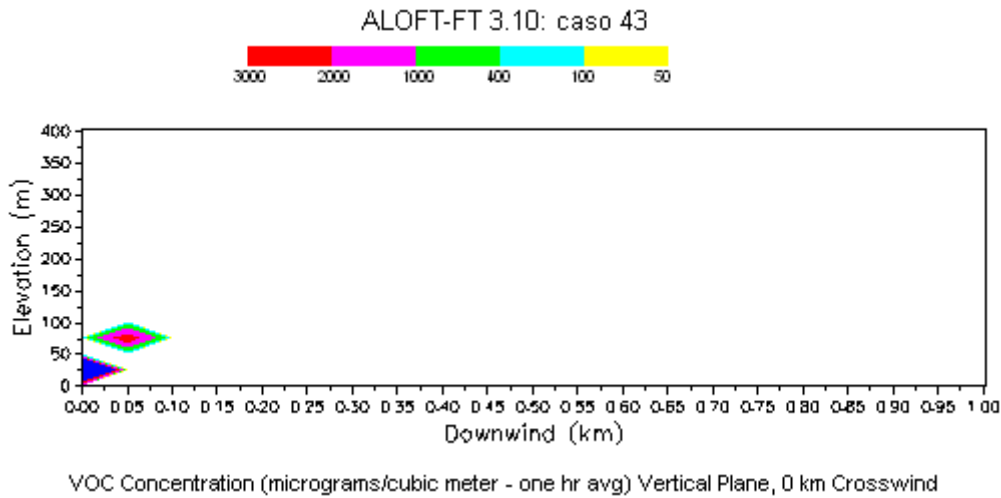
Nel caso 41, l'altezza del pennacchio iniziale è di 45 metri. Si osserva, per i VOC, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 200 m. Inizialmente si ha una concentrazione di oltre 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 200 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 300 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 25 m.

Figura 5.47: Caso 42



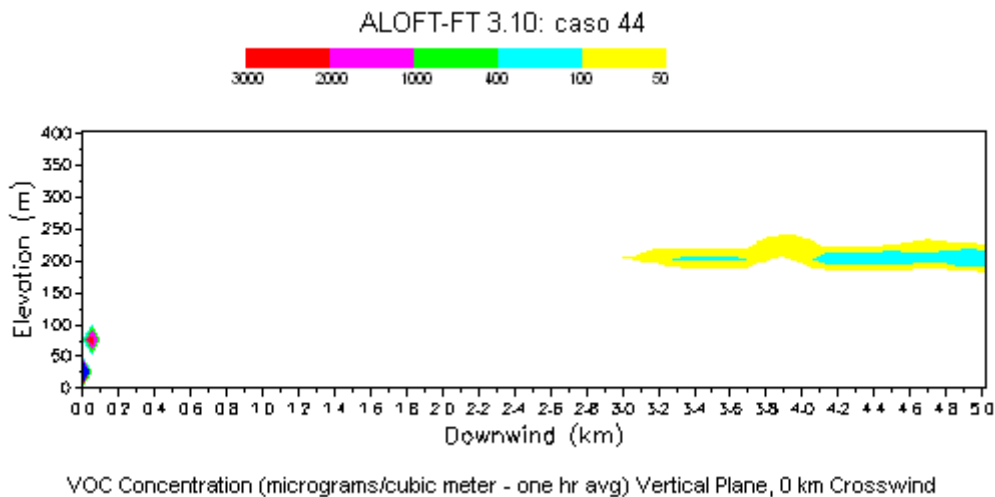
Per il caso 42, l'altezza del pennacchio iniziale è di 45 metri. Si osserva, per i VOC, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 200 m. Inizialmente si ha una concentrazione di oltre 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 200 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 500 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 100 m.

Figura 5.48: Caso 43



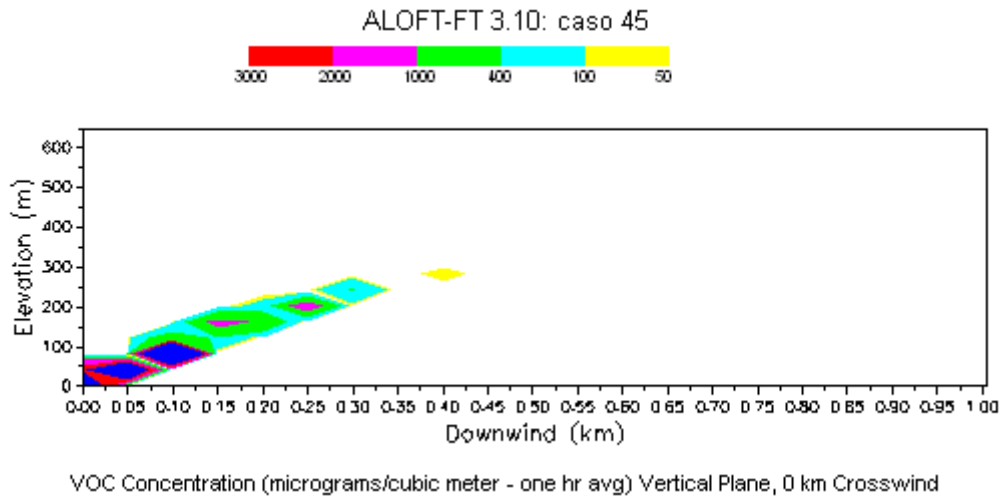
Per il caso 43, l'altezza del pennacchio iniziale è di 50 metri. Si osserva, per i VOC, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 100 m. Inizialmente si ha una concentrazione di oltre 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 50 metri essa si riduce notevolmente.

Figura 5.49: Caso 44



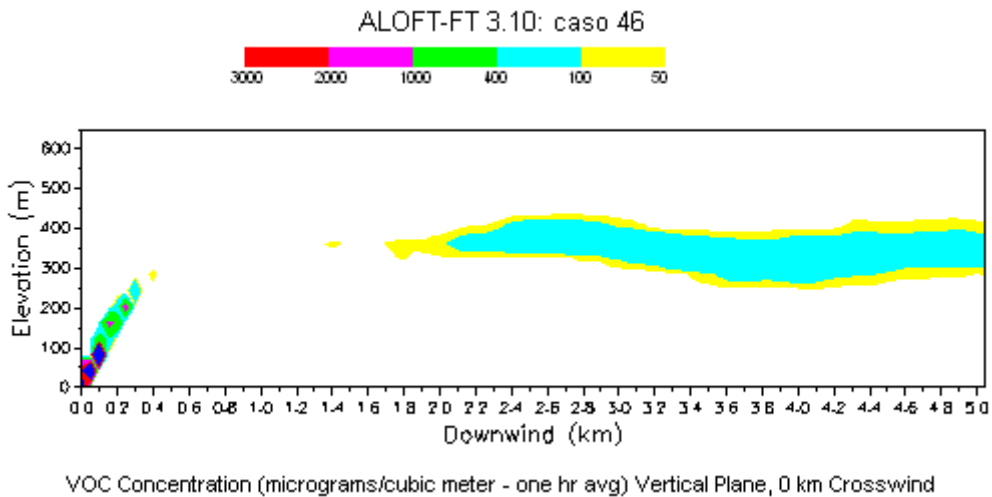
Nel caso 44, l'altezza del pennacchio iniziale è di 50 metri. Si osserva, per i VOC, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 260 m. Inizialmente si ha una concentrazione di oltre 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 50 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 3000 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 150 m.

Figura 5.50: Caso 45



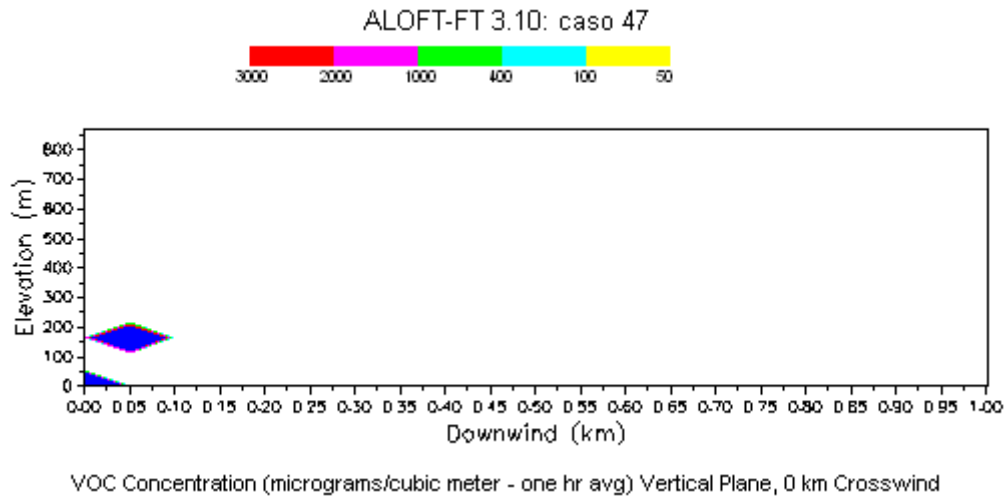
Per il caso 45, l'altezza del pennacchio iniziale è di 80 metri. Si osserva, per i VOC, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 300 m. Inizialmente si ha una concentrazione di oltre 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 250 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 250 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 150 m.

Figura 5.51: Caso 46



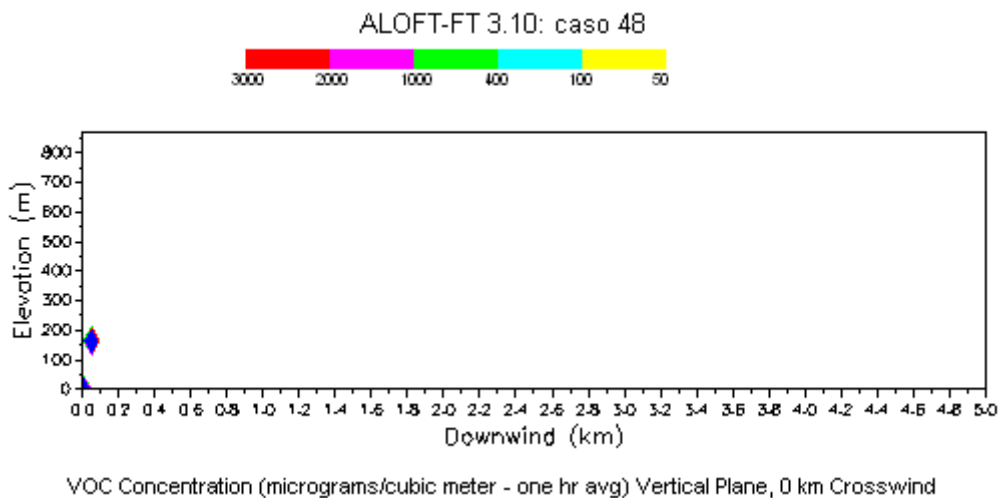
Nel caso 46, l'altezza del pennacchio iniziale è di 80 metri. Si osserva, per i VOC, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 430 m. Inizialmente si ha una concentrazione di oltre 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 250 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 2000 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 280 m.

Figura 5.52: Caso 47



Per il caso 47, l'altezza del pennacchio iniziale è di 200 metri. Si osserva, per i VOC, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 210 m. Inizialmente si ha una concentrazione di oltre 3000 microgrammi/m³.

Figura 5.53: Caso 48



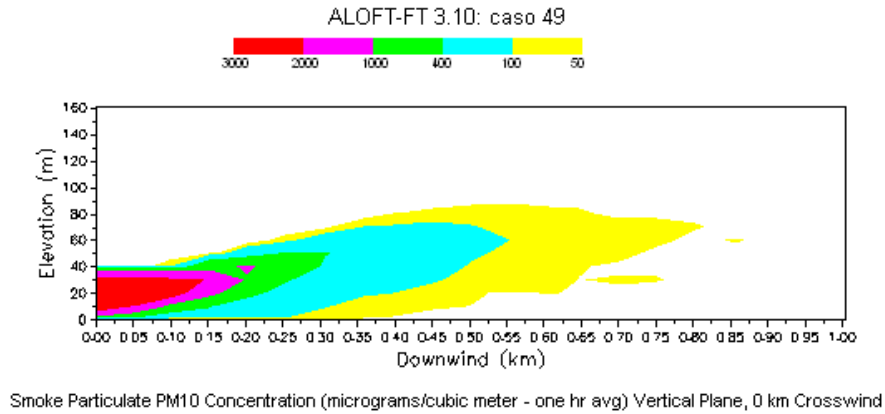
Per il caso 48, l'altezza del pennacchio iniziale è di 200 metri. Si osserva, per i VOC, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 210 m. Inizialmente si ha una concentrazione di oltre 3000 microgrammi/m³.

Osservando i risultati per il polistirene è possibile affermare che in condizioni più stabili e con minor velocità del vento la presenza di VOC risulta essere ad altezze pari /inferiori rispetto al caso di classi di stabilità più turbolenti e con velocità del vento maggiori.

5.3.5 Casi studio: Cloruro di Polivinile (PVC)

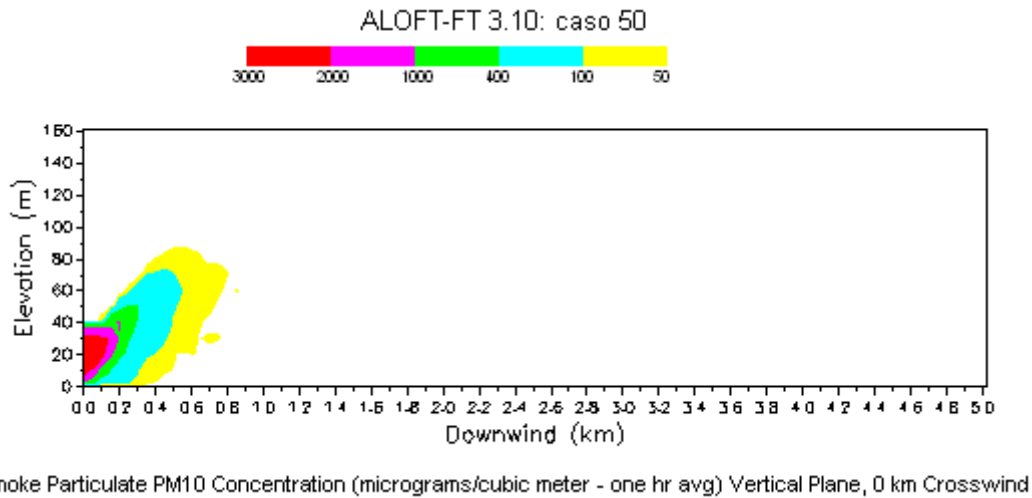
I casi studio presenti in questo paragrafo si riferiscono agli effluenti tossici rilasciati in incendi riguardanti il cloruro di polivinile. In tabella 5.11 sono riportati i dati di input dei casi studio effettuati per le emissioni di PM10 nel caso di incendi di PVC. Nella tabella sono evidenziati i parametri che variano nelle simulazioni.

Figura 5.54: Caso 49



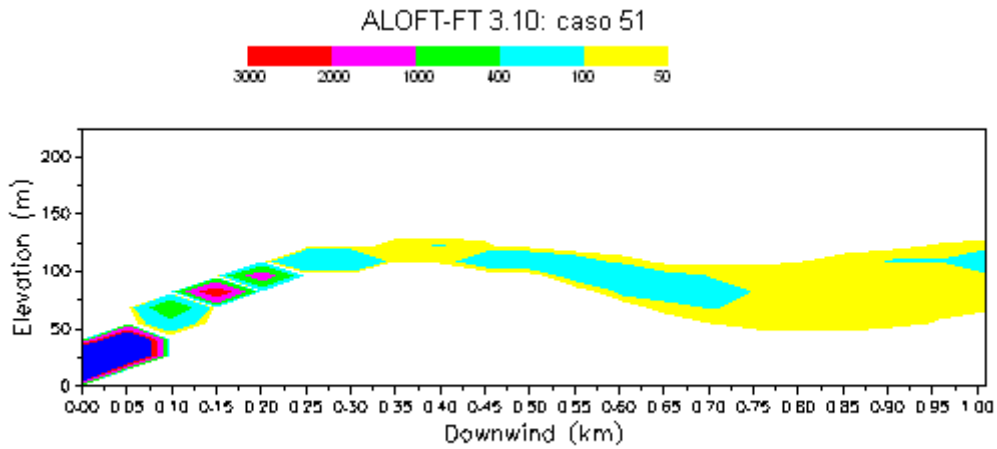
Per il caso 49, l'altezza del pennacchio iniziale è di 40 metri. Si osserva, per PM10, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 100 m. Inizialmente si ha una concentrazione di 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 250 metri essa si riduce notevolmente.

Figura 5.55: Caso 50



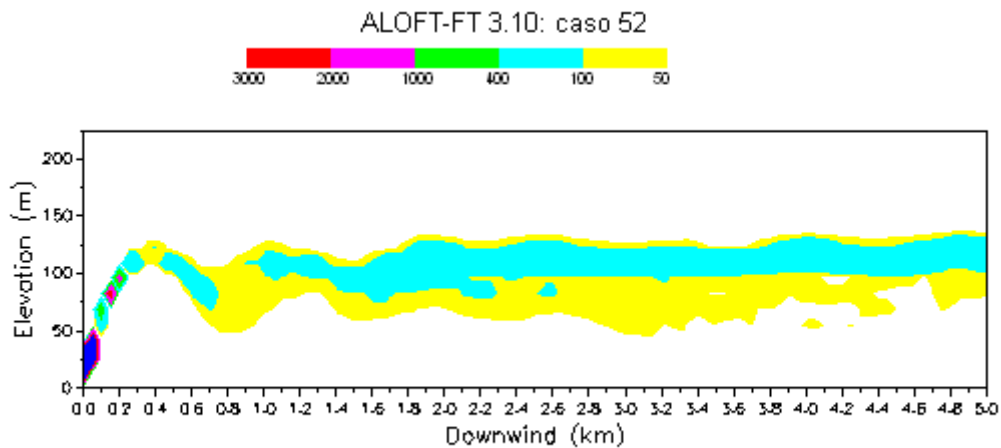
Nel caso 50, l'altezza del pennacchio iniziale è di 40 metri. Si osserva, per PM10, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 100 m. Inizialmente si ha una concentrazione di 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 250 metri essa si riduce notevolmente.

Figura 5.56: Caso 51



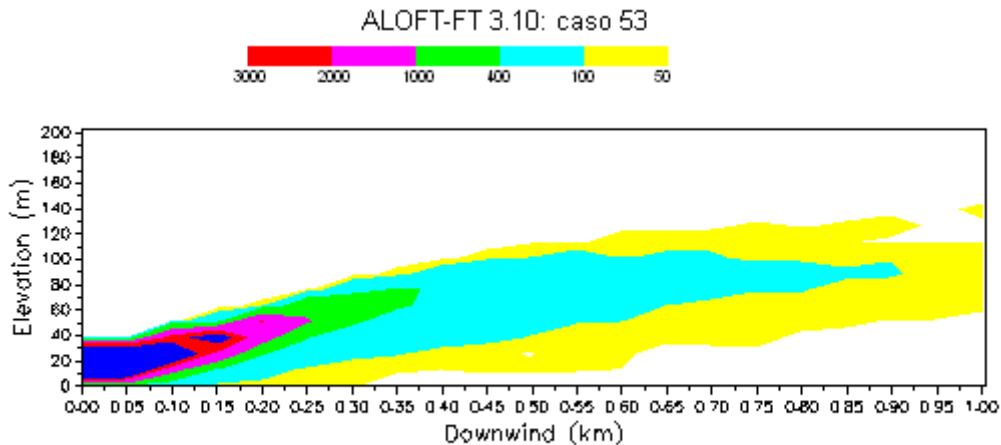
Per il caso 51, l'altezza del pennacchio iniziale è di 50 metri. Si osserva, per i PM10, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 140 m. Inizialmente si ha una concentrazione di oltre 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 250 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 200 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 75 m.

Figura 5.57: Caso 52



Nel caso 52, l'altezza del pennacchio iniziale è di 50 metri. Si osserva, per i PM10, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 140 m. Inizialmente si ha una concentrazione di oltre 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 250 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 200 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 75 m.

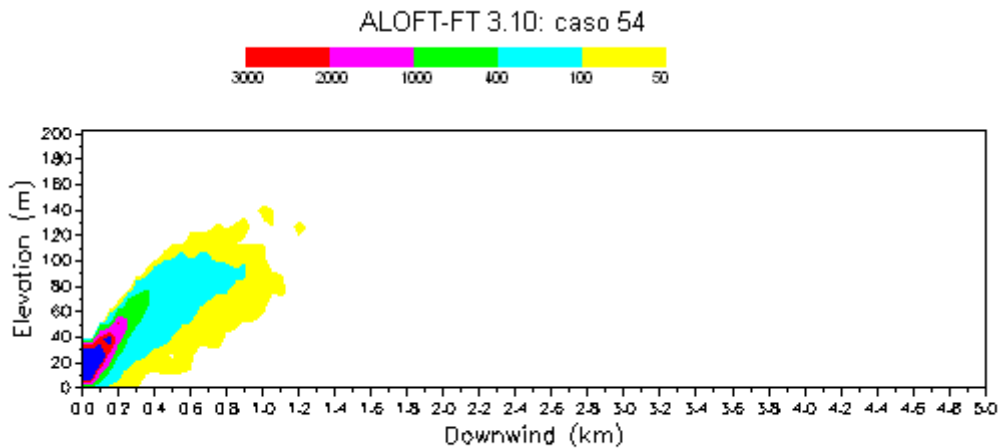
Figura 5.58: Caso 53



Smoke Particulate PM10 Concentration (micrograms/cubic meter - one hr avg) Vertical Plane, 0 km Crosswind

Per il caso 53, l'altezza del pennacchio iniziale è di 40 metri. Si osserva, per i PM10, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 140 m. Inizialmente si ha una concentrazione di oltre 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 250 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 650 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 20 m.

Figura 5.59: Caso 54

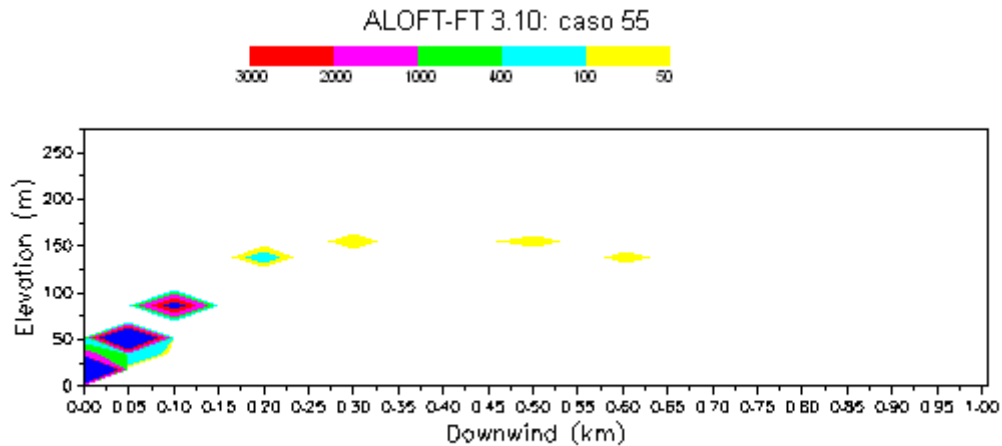


Smoke Particulate PM10 Concentration (micrograms/cubic meter - one hr avg) Vertical Plane, 0 km Crosswind

Per il caso 54, l'altezza del pennacchio iniziale è di 40 metri. Si osserva, per i PM10, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 140 m. Inizialmente si ha una concentrazione di oltre 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi

250 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 650 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 20 m.

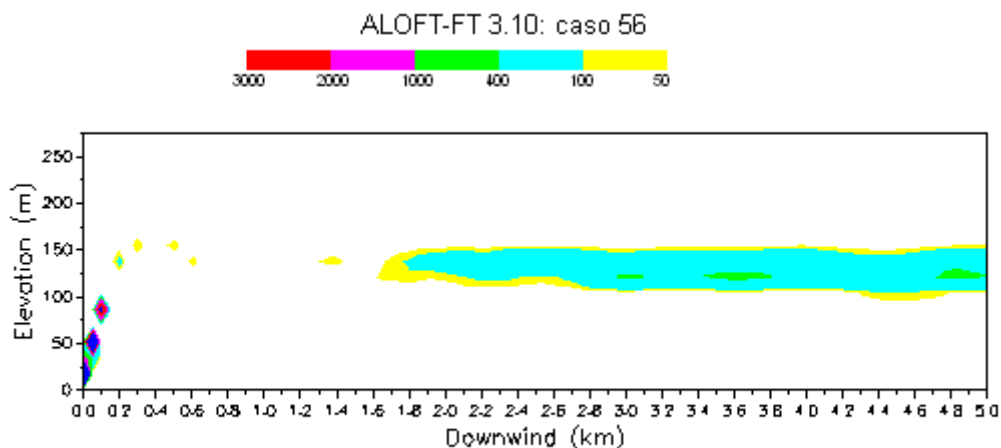
Figura 5.60: Caso 55



Smoke Particulate PM10 Concentration (micrograms/cubic meter - one hr avg) Vertical Plane, 0 km Crosswind

Per il caso 55, l'altezza del pennacchio iniziale è di 50 metri. Si osserva, per i PM10, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 160 m. Inizialmente si ha una concentrazione di oltre 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 150 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 150 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 100 m.

Figura 5.61: Caso 56

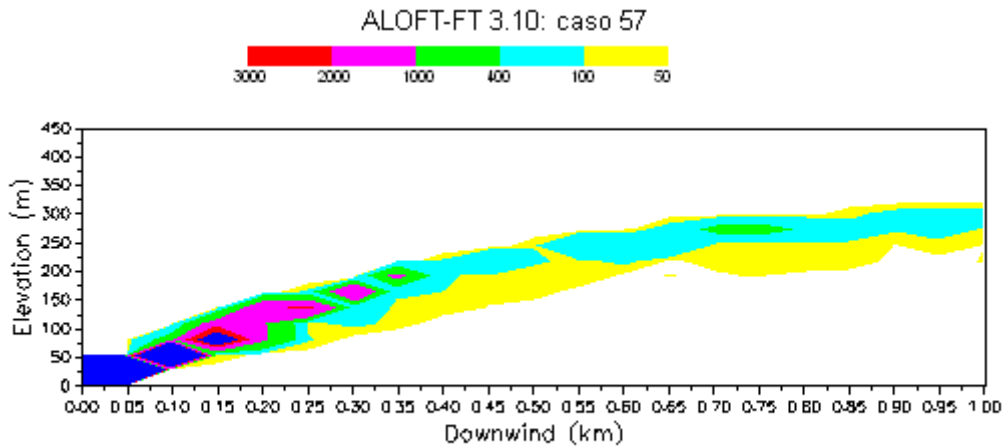


Smoke Particulate PM10 Concentration (micrograms/cubic meter - one hr avg) Vertical Plane, 0 km Crosswind

Per il caso 56, l'altezza del pennacchio iniziale è di 50 metri. Si osserva, per i PM10, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 160 m. Inizialmente si ha una concentrazione di oltre 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi

150 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 150 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 100 m.

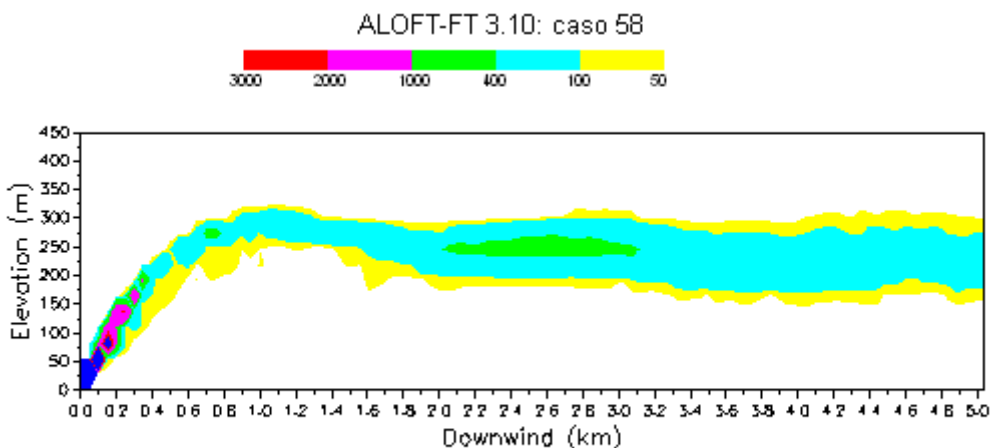
Figura 5.62: Caso 57



Smoke Particulate PM10 Concentration (micrograms/cubic meter - one hr avg) Vertical Plane, 0 km Crosswind

Per il caso 57, l'altezza del pennacchio iniziale è di 55 metri. Si osserva, per i PM10, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 310 m. Inizialmente si ha una concentrazione di oltre 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 350 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 350 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 100 m.

Figura 5.63: Caso 58

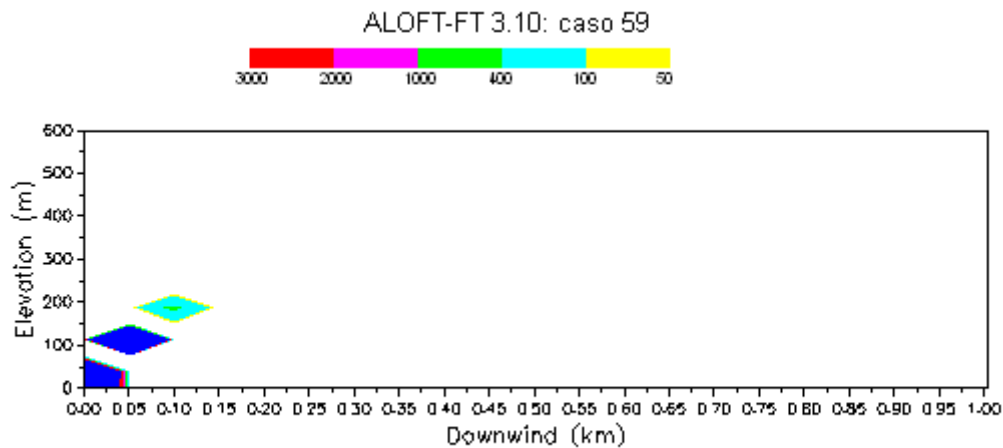


Smoke Particulate PM10 Concentration (micrograms/cubic meter - one hr avg) Vertical Plane, 0 km Crosswind

Per il caso 58, l'altezza del pennacchio iniziale è di 55 metri. Si osserva, per i PM10, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 330 m. Inizialmente si ha una concentrazione di oltre 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi

350 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 500 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 150 m.

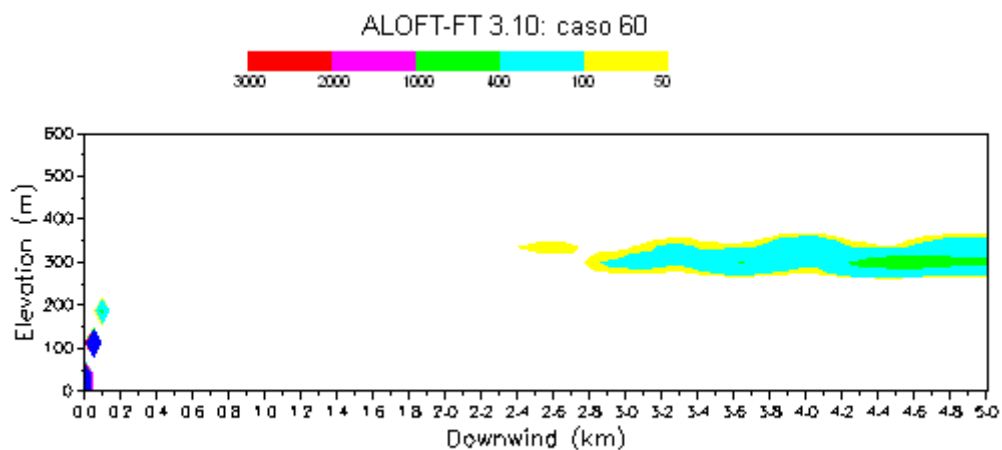
Figura 5.64: Caso 59



Smoke Particulate PM10 Concentration (micrograms/cubic meter - one hr avg) Vertical Plane, 0 km Crosswind

Per il caso 59, l'altezza del pennacchio iniziale è di 75 metri. Si osserva, per i PM10, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 220 m. Inizialmente si ha una concentrazione di oltre 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 100 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 100 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 80 m.

Figura 5.65: Caso 60



Smoke Particulate PM10 Concentration (micrograms/cubic meter - one hr avg) Vertical Plane, 0 km Crosswind

Per il caso 60, l'altezza del pennacchio iniziale è di 75 metri. Si osserva, per i PM10, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 400 m. Inizialmente si ha una concentrazione di oltre 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 100

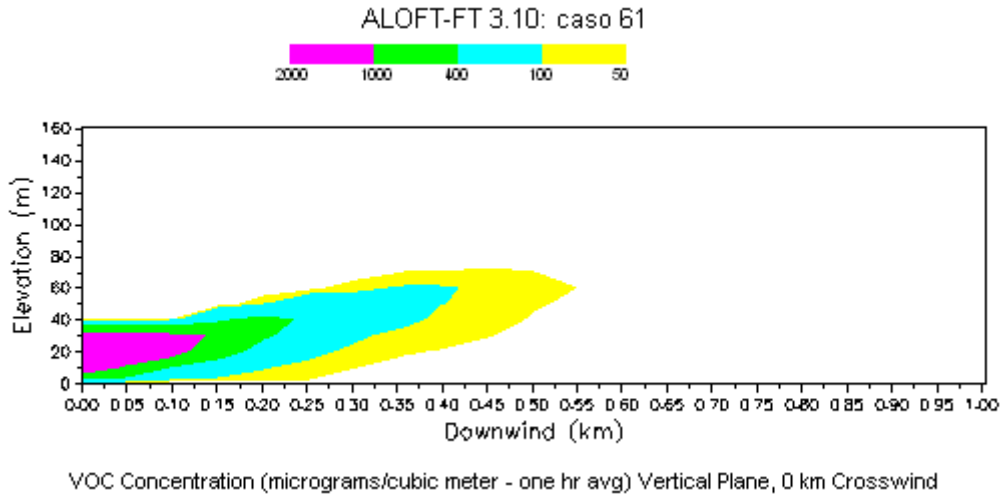
metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 2000 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 200 m.

Analizzando i risultati prodotti per la dispersione del particolato si può osservare che:

- la distanza sottovento influisce parzialmente la dispersione;
- una classe di stabilità atmosferica più stabile (F) e velocità inferiori influiscono sulla dispersione rendendola più stabile e quindi in grado di disperdersi maggiormente e raggiungere distanze più elevate;
- infine l'aumento della superficie dei fuochi fa aumentare la produzione di prodotti della combustione e quindi le quantità del particolato e la sua dispersione risultano essere maggiori.

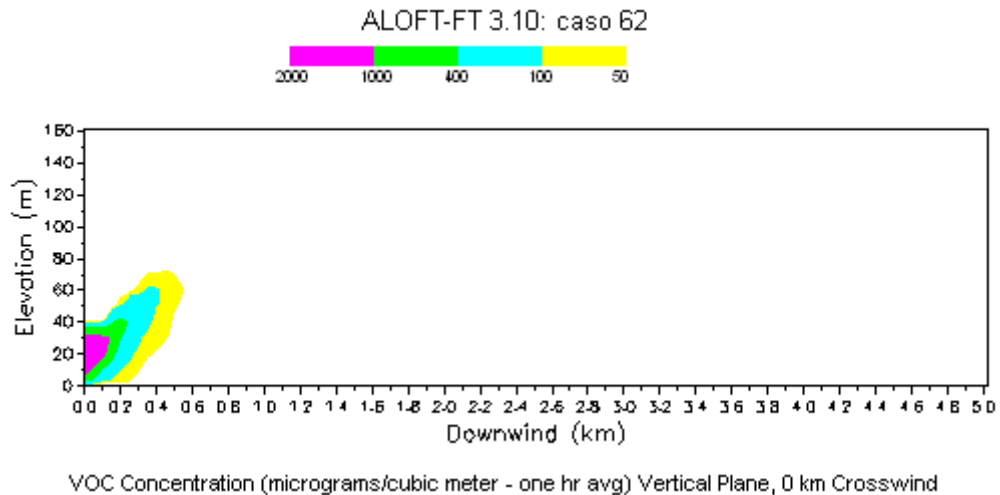
In tabella 5.12 sono riportati i dati di input dei casi studio effettuati per le emissioni di VOC nel caso di incendi di PVC. Nella tabella sono evidenziati i parametri che variano nelle simulazioni.

Figura 5.66: Caso 61



Per il caso 61, l'altezza del pennacchio iniziale è di 40 metri. Si osserva, per i VOC, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 70 m. Inizialmente si ha una concentrazione di 2000 microgrammi/m³; già dopo i primi 15 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 400 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 10 m.

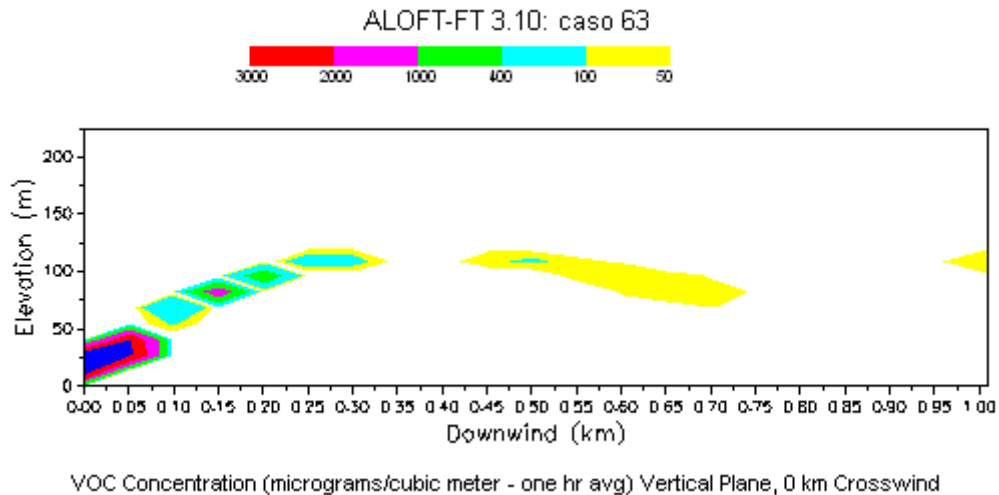
Figura 5.67: Caso 62



Per il caso 62, l'altezza del pennacchio iniziale è di 40 metri. Si osserva, per i VOC, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 70 m. Inizialmente si ha una concentrazione di 2000 microgrammi/m³; già dopo i primi 15 metri

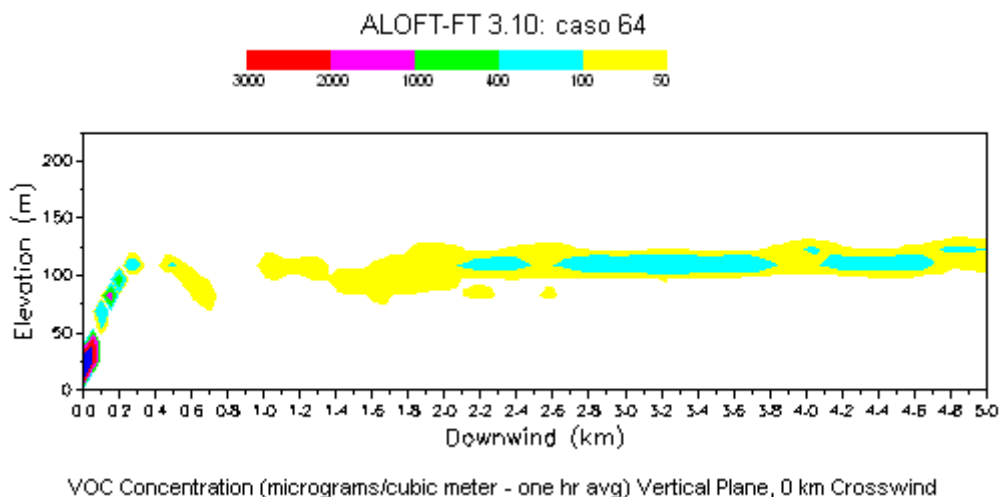
essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 400 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 10 m.

Figura 5.68: Caso 63



Nel caso 63, l'altezza del pennacchio iniziale è di 45 metri. Si osserva, per i VOC, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 130 m. Inizialmente si ha una concentrazione di 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 150 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 200 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 75 m.

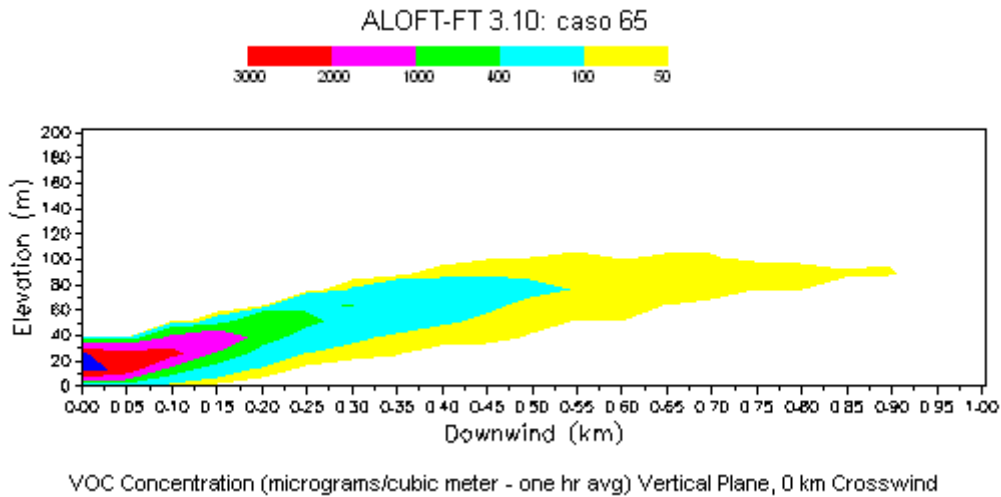
Figura 5.69: Caso 64



Per il caso 64, l'altezza del pennacchio iniziale è di 45 metri. Si osserva, per i VOC, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 130 m. Inizialmente si ha una concentrazione di 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 150

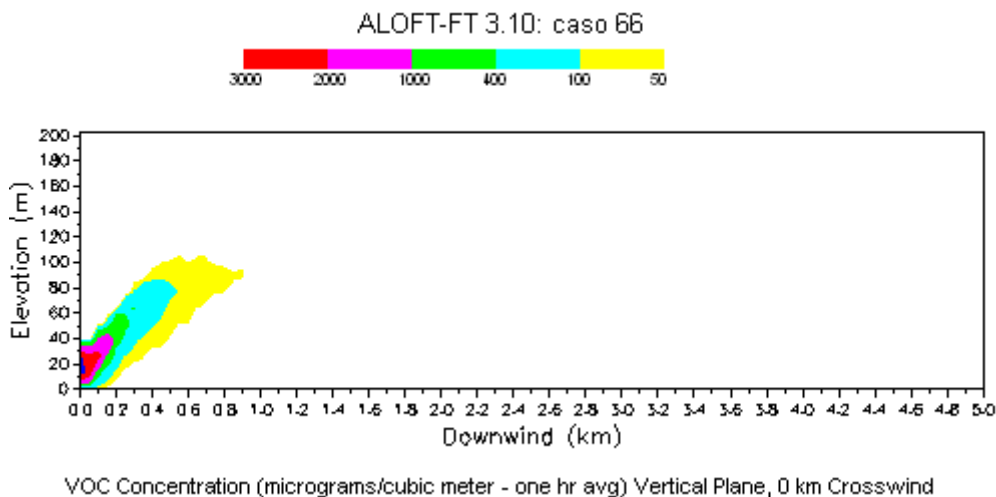
metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 1000 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 75 m.

Figura 5.70: Caso 65



Nel caso 65, l'altezza del pennacchio iniziale è di 45 metri. Si osserva, per i VOC, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 110 m. Inizialmente si ha una concentrazione di 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 250 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 400 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 15 m.

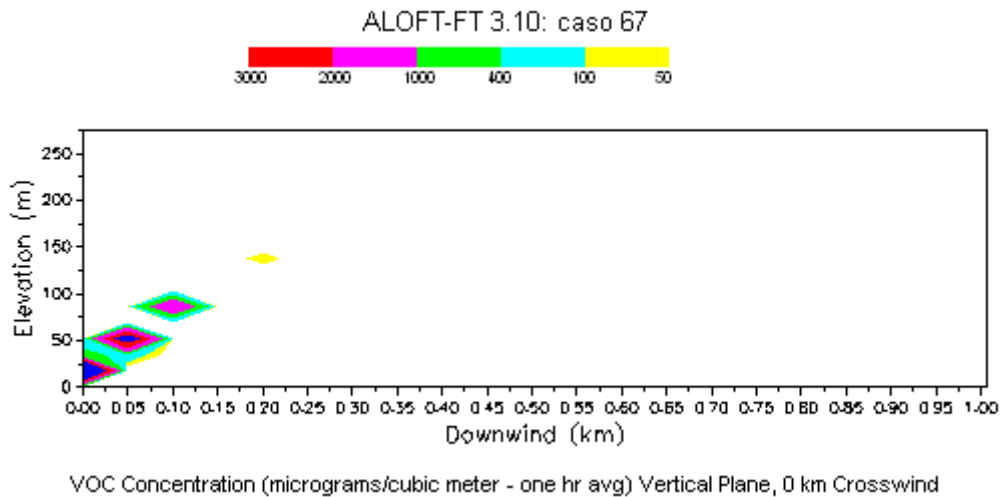
Figura 5.71: Caso 66



Per il caso 66, l'altezza del pennacchio iniziale è di 45 metri . Si osserva, per i VOC, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 110 m. Inizialmente si ha una concentrazione di 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 250

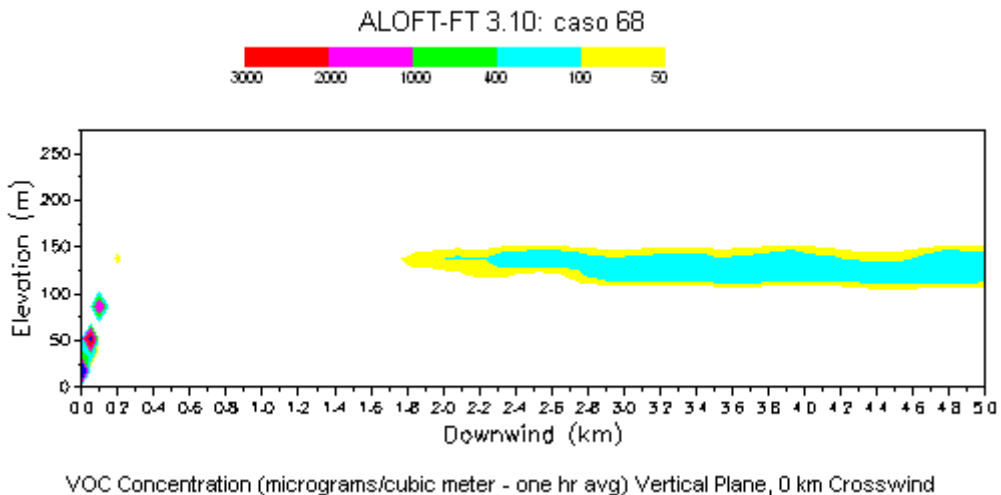
metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 400 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 15 m.

Figura 5.72: Caso 67



Per il caso 67, l'altezza del pennacchio iniziale è di 55 metri. Si osserva, per i VOC, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 150 m. Inizialmente si ha una concentrazione di 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 150 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 100 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 45 m.

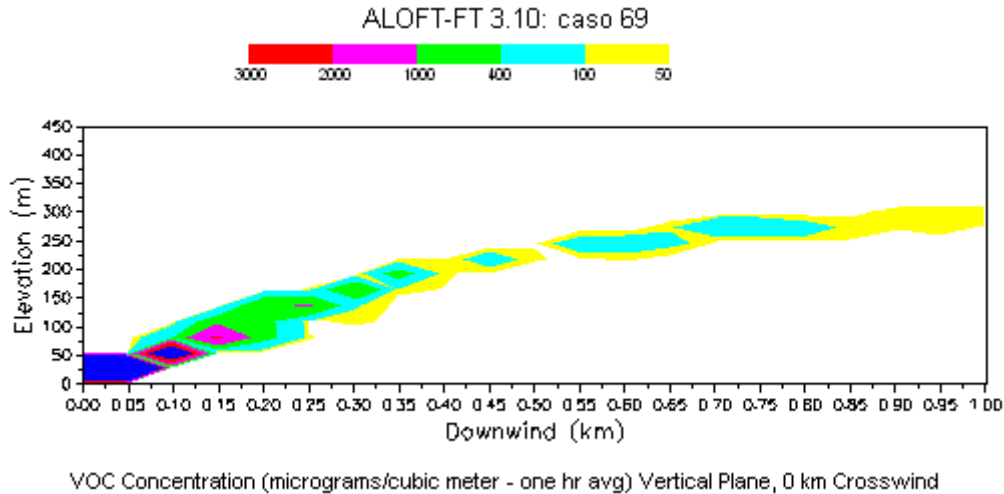
Figura 5.73: Caso 68



Nel caso 68, l'altezza del pennacchio iniziale è di 55 metri. Si osserva, per i VOC, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 175 m. Inizialmente si ha una concentrazione di 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 150

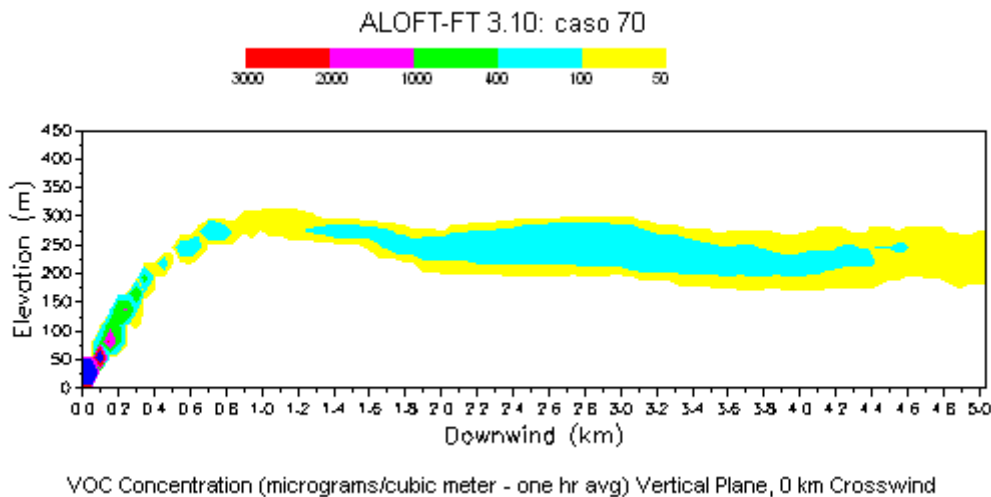
metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 2000 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 100 m.

Figura 5.74: Caso 69



Per il caso 69, l'altezza del pennacchio iniziale è di 55 metri. Si osserva, per i VOC, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 325 m. Inizialmente si ha una concentrazione di 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 250 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 300 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 100 m.

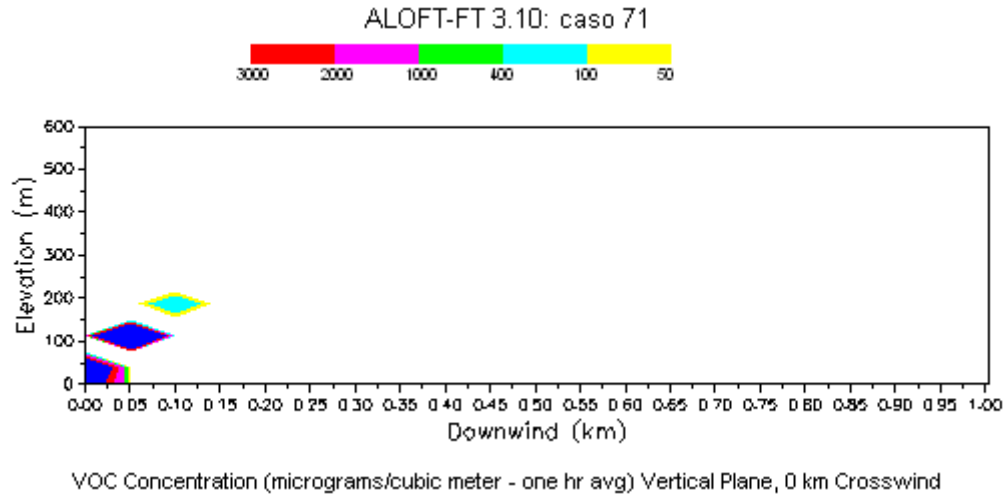
Figura 5.75: Caso 70



Per il caso 70, L'altezza del pennacchio iniziale è di 55 metri. Si osserva, per i VOC, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 325 m. Inizialmente si ha una concentrazione di 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 250

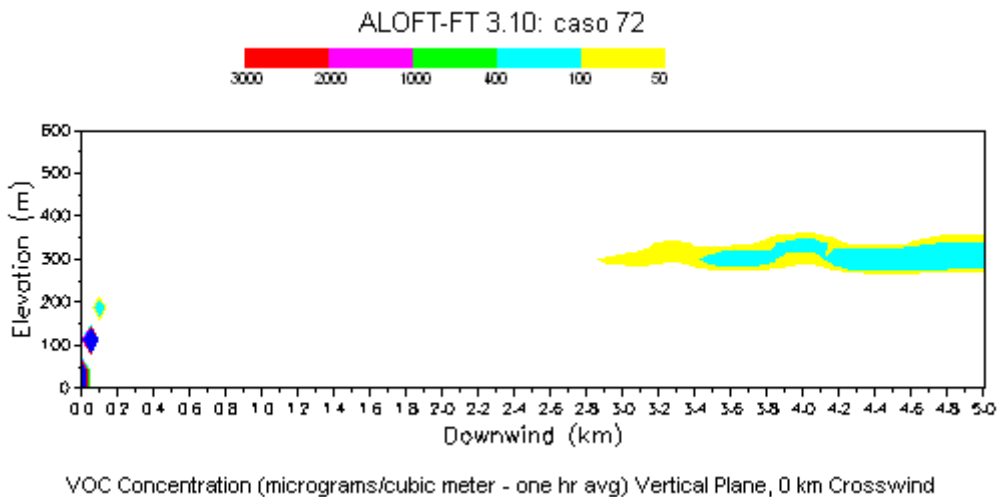
metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 1400 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 200 m.

Figura 5.76: Caso 71



Per il caso 71, l'altezza del pennacchio iniziale è di 65 metri . Si osserva, per i VOC, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 225 m. Inizialmente si ha una concentrazione di 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 150 metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 100 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 85 m.

Figura 5.77: Caso 72



Per il caso 72, l'altezza del pennacchio iniziale è di 65 metri. Si osserva, per i VOC, che all'aumentare della distanza aumenta anche l'altezza della nube fino a raggiungere quasi 400 m. Inizialmente si ha una concentrazione di 3000 microgrammi/m³; già dopo i primi 150

metri essa si riduce notevolmente. Ad una distanza di 2500 metri sottovento la nube si trova ad un'altezza di oltre 275 m.

Osservando i risultati è possibile affermare che in condizioni più stabili e con minor velocità del vento la presenza di VOC risulta essere ad altezze maggiori rispetto al caso di classi di stabilità più turbolenti e con velocità del vento maggiori. Quindi si può affermare che maggiore è l'instabilità maggiore sarà la presenza di VOC ad altezze rispetto al suolo più basse.

CAPITOLO 6: Conclusioni

Risulta evidente come la mancanza di un testo legislativo che disciplini la materia dei rifiuti trasversalmente crei non poche difficoltà già nella corretta progettazione delle strutture per lo stoccaggio dei rifiuti. L'applicazione della regola tecnica orizzontale ha evidenziato i seguenti limiti:

- Per la REAZIONE AL FUOCO il livello di prestazione è I. Essendo il carico d'incendio del materiale del compartimento assai elevato il livello di prestazione I, che non prevede indicazioni per quanto concerne la classe dei materiali da utilizzare, risulta essere poco consono;
- Per quanto riguarda la RESISTENZA AL FUOCO se fosse applicato alla lettera il Codice nei casi di studio presentati in questa tesi sarebbe stato possibile avere un livello di prestazione II con livello di rischio ambiente non significativo. Nel caso studio non è stato considerato "non significativo" e quindi il livello di prestazione assegnato è stato il III. Sarà dunque necessario non permettere la discrezionalità del progettista;
- Per la COMPARTIMENTAZIONE il caso studio prevedeva un unico compartimento. Il livello scelto nel caso studio è il 2. Esso ammette "*comunicazioni tra le diverse attività presenti nella stessa opera*", che nel caso di (ad es.) ufficio adiacente al deposito creerebbe delle problematiche. Da valutare l'obbligatorietà di elementi a tenuta di fumo (Sa) per la chiusura dei vani di comunicazione fra i compartimenti;
- la GESTIONE DELLA SICUREZZA ANTINCENDIO dovrà essere implementata con la Gestione della sicurezza prevista dalle Linee guida del ministero dell'ambiente del 15 marzo 2018. Si potrebbe prevedere in caso di stabilimento molto grande quanto previsto dal livello di prestazione III: centro di gestione dell'emergenza.
- Per il CONTROLLO DELL'INCENDIO il codice, nel caso studio, prevede la presenza di estintori. La tipologia è designata dalla materia contenuta nel compartimento. Nel caso in esame la tipologia di estintore è B. Per superficie lorda del compartimento non superiore a 200 mq devono essere installati almeno 2 estintori di classe non inferiore a 144 B, in prossimità delle sorgenti di rischio ed in posizione contrapposta. Sarà necessaria una maggiorazione della quantità di estintori minimi necessari anche per aree di compartimenti inferiori a 200mq. Obbligo di estintori carrellati. La quantità di essi sarà determinata in base all'area del compartimento.

- Per la RIVELAZIONE ED ALLARME Si potrebbe prevedere l'introduzione di termo camere per la prevenzione e il rilevamento degli incendi.
- Per il CONTROLLO DEI FUMI, indipendentemente dal livello di prestazione, bisognerebbe rendere obbligatoria la seguente prescrizione: in presenza di IRAI devono essere previste funzioni di comunicazione controllo dello dell'impianto SEFC. Inoltre prevedere una maggiorazione della percentuale di S_{sm} di tipo SEa/SEb/Sec.
- Per l'OPERATIVITÀ ANTINCENDIO non ammissibili i livelli I e II.

Mediante ALOFT sono state eseguite delle simulazioni mirate alla valutazione dei possibili scenari di incendio di PE, PS e PET. Per ogni materiale si sono studiati 24 scenari: 12 per i rilasci di PM10 (particolato) e 12 per i VOC (composti organici volatili). Nei 12 casi è stato variato:

- Distanza sottovento (1 e 5 km);
- Superficie del fuoco (50, 100 e 1000);
- Velocità del vento e relativa classe di Pasquill (D5 e F2).

Sono stati mantenuti costanti il valore della temperatura (25°C) e la classe di stabilità relativa alla temperatura (D).

Il software presenta dei limiti relativi agli intervalli di inserimento dei dati. Un possibile sviluppo futuro potrebbe essere quello di eseguire le stesse simulazioni con degli altri software e paragonare i risultati ottenuti.

I dati ottenuti dalle simulazioni potrebbero essere utilizzati da enti come i Vigili del Fuoco e ARPAV. Il software infatti definisce dopo quanti metri e a quale altezza la nube dei rilasci si alza. Questo dato potrebbe essere utile a questi enti per determinare la corretta posizione a cui effettuare i rilevamenti.

I campionatori PM10/PUF alto volume sono campionatori di particolato atmosferico in cui un flusso d'aria viene convogliato forzatamente, con l'uso di una pompa aspirante, in un sistema di ugelli acceleratori. Grazie a questo sistema, solo le particelle con un diametro aerodinamico inferiore ad un certo valore riescono a seguire il flusso di aria e ad essere campionate/ trattenute su un filtro posto a valle. La massa di particolato è determinata mediante pesatura del filtro con bilancia analitica.

Il Canister, invece, è un campionatore al cui interno è stato creato il vuoto. Tramite l'attivazione del comando a distanza, l'aria dall'esterno viene "risucchiata" nel contenitore rimanendovi intrappolata in attesa delle analisi senza modificare il suo contenuto, in termini qualitativi e quantitativi. La struttura in acciaio inox viene sottoposta a procedimenti di elettropassivazione, inertizzazione e pulizia, che rendono il canister adatto al campionamento istantaneo dell'aria ambiente; se il canister è dotato di specifico riduttore il campionamento può avere la durata di alcune ore.

Inoltre in fase di emergenza attraverso le simulazioni è possibile determinare zone di pericolosità ed eventualmente predisporre un piano di emergenza per la popolazione interessata.

Glossario

In questo capitolo sono stati inserite le definizioni ed i termini relative ad espressioni specifiche della prevenzione incendi. Le definizioni qui riportate sono state estrapolate dal capitolo G del DM 3 agosto 2015.

- **Prevenzione incendi:** funzione preminente di interesse pubblico diretta a conseguire, secondo criteri uniformi sul territorio italiano, gli obiettivi di sicurezza della vita umana, di incolumità delle persone e di tutela dei beni e dell'ambiente attraverso la promozione, lo studio, la predisposizione e la sperimentazione di norme, misure antincendio, provvedimenti, accorgimenti e modi di azione intesi ad evitare l'insorgenza di un incendio e degli eventi ad esso comunque connessi o a limitarne le conseguenze.
- **Beni economici (o beni):** mezzi materiali o immateriali in grado di soddisfare i bisogni dell'uomo e dotato di un prezzo positivo.
- **Regola tecnica di prevenzione incendi (o regola tecnica):** disposizione normativa cogente in materia di prevenzione incendi.
- **Regola tecnica orizzontale (RTO):** regola tecnica di prevenzione incendi applicabile a tutte le attività. Nota Ai fini del presente documento è considerata regola tecnica orizzontale l'insieme dei capitoli compresi nelle sezioni Generalità, Strategia antincendio e Metodi.
- **Regola tecnica verticale (RTV):** regola tecnica di prevenzione incendi applicabile ad una specifica attività o ad ambiti di essa, con specifiche indicazioni, complementari o sostitutive a quelle previste nella regola tecnica orizzontale .
- **Profilo di rischio:** indicatore speditivo della gravità di rischio di incendio associata all'esercizio ordinario di una qualsiasi attività.
- **Strategia antincendio:** combinazione delle misure antincendio finalizzate al raggiungimento degli obiettivi di sicurezza antincendio.
- **Misura antincendio:** categoria omogenea di strumenti di prevenzione, protezione e gestionali per la riduzione del rischio di incendio
- **Protezione attiva:** insieme delle misure antincendio atte a ridurre le conseguenze di un incendio, che richiedono l'azione dell'uomo o l'attivazione di un impianto.

- **Protezione passiva:** insieme delle misure antincendio atte a ridurre le conseguenze di un incendio, non incluse nella definizione di protezione attiva.
- **Livello di prestazione (performance requirement):** specificazione oggettiva della prestazione richiesta all'attività per realizzare la misura antincendio.
- **Soluzione conforme (deemed to satisfy provision):** soluzione progettuale di immediata applicazione nei casi specificati, che garantisce il raggiungimento del collegato livello di prestazione. Nota Le soluzioni conformi sono soluzioni progettuali prescrittive che non richiedono ulteriori valutazioni tecniche (es. "La distanza di protezione è pari a 5 m.").
- **Soluzione alternativa (alternative solution):** soluzione progettuale alternativa alle soluzioni conformi. Il progettista è tenuto a dimostrare il raggiungimento del collegato livello di prestazione impiegando uno dei metodi di progettazione della sicurezza antincendio ammessi.
- **Soluzione in deroga:** soluzione progettuale per la quale è richiesta l'attivazione del procedimento di deroga, così come previsto dalla normativa vigente. Il progettista è tenuto a dimostrare il raggiungimento degli obiettivi di sicurezza antincendio impiegando uno dei metodi di progettazione della sicurezza antincendio ammessi.
- **Attività soggetta:** attività soggetta ai controlli di prevenzione incendi di competenza del Corpo nazionale dei Vigili del fuoco. Nota: Le attività soggette sono riportate nell'allegato I del D.P.R. 1 agosto 2011 n° 151.
- **Attività con valutazione del progetto:** attività soggetta il cui progetto antincendio è valutato, anche in deroga, dal Corpo nazionale dei Vigili del fuoco. Nota Sono incluse nella definizione sia le attività soggette di categoria B o C dell'allegato III del DM 7 agosto 2012, per le quali è prevista la valutazione del progetto antincendio, che le attività soggette di categoria A, del medesimo allegato, nel caso in cui il progetto antincendio è sottoposto alla valutazione in deroga secondo le procedure previste dalla vigente normativa.
- **Attività senza valutazione del progetto:** attività soggetta il cui progetto antincendio non è valutato, neanche in deroga, dal Corpo nazionale dei Vigili del fuoco
- **Attività non normata:** attività regolamentata dalla regola tecnica orizzontale.

- **Attività normata:** attività provvista di regola tecnica verticale, regolamentata anche dalla regola tecnica orizzontale.
- **Attività esistente:** attività in esercizio alla data di entrata in vigore della regola tecnica di riferimento.

Sigle

SIGLE	
ASET	Tempo disponibile per l'esodo, Available Safe Egress Time
CE	Comunità Europea, Communauté Européenne
CFD	Fluidodinamica computazionale, metodologia di risoluzione numerica delle equazioni della fluidodinamica, Computational Fluid Dynamics
EVAC	Sistema di allarme vocale per scopi di emergenza
FSE	Ingegneria della sicurezza antincendio, Fire Safety Engineering
GSA	Gestione della sicurezza antincendio
IRAI	Impianti di rivelazione incendio e segnalazione allarme incendio
RHR (o HRR)	Rate of Heat Released (o Heat Released Rate). Funzione che esprime l'andamento temporale della potenza termica rilasciata dall'incendio
RI	Rete di idranti
RSET	Tempo richiesto per l'esodo, Required Safe Egress Time
RTV	Regola tecnica verticale
RTO	Regola tecnica orizzontale
SEFC	Sistema per l'evacuazione del fumo e del calore
SEFFC	Sistema forzato per l'evacuazione del fumo e del calore
SENFC	Sistema naturale per l'evacuazione del fumo e del calore.
SPK	Sistema sprinkler

Riferimenti normativi

- Circolare ministeriale (marzo 2018). Linee guida per la gestione operativa degli stoccaggi negli impianti di gestione dei rifiuti e per la prevenzione dei rischi.
- F. Dattilo, C. Pulito (2015). Codice di Prevenzione incendi commentato, EPC.
- D.P.R. 151/2011
- D.M. 10/03/1998
- IL DECRETO LEGISLATIVO 139/2006

Eventi di incendio in impianti di trattamento, smaltimento, recupero dei rifiuti verificatisi nel periodo 2014-2017

Regione	Provincia	Comune	Ditta	Attività	Data
Piemonte	Novara	Barengo	A2A discarica di Barengo	Discarica rifiuti speciali non pericolosi	23 giugno 2015
	Biella	Vigliano Biellese	Autodemolizione eredi di Mazzilli Francesco	Autodemolitore	31 agosto 2016
	Asti	Sommariva del Bosco	Str società trattamento rifiuti	Tmb e valorizzazione rifiuti da raccolte differenziate	3 luglio 2016
	Biella	Biella	Autodemolizione abc	Autodemolitore	27 gennaio 2017
	Torino	Castellamonte	Agrigarden ambiente	Trattamento rifiuti urbani	26 maggio 2017
Lombardia	Brescia	Calcinato	Special rifiuti s.r.l.	stoccaggio rifiuti pericolosi e non, cernita e recupero non pericolosi	3 settembre 2015
	Brescia	Calcinato	Special rifiuti s.r.l.	stoccaggio rifiuti pericolosi e non, cernita e recupero non pericolosi	16 marzo 2017
	Brescia	Bedizzole	Faeco srl (ora Green up)	Discarica	17 marzo 2017

	Brescia	Bedizzole	Faeco srl (ora Green up)	Discarica	24 maggio 2017
	Brescia	Bedizzole	Faeco srl (ora Green up)	Discarica	30 maggio 2017
	Milano	Bruzzano	Carluccio s.r.l.	Stoccaggio, cernita e recupero rifiuti non pericolosi	24 luglio 2017
	Milano	Cinisello Balsamo	Carluccio s.r.l.	Stoccaggio, cernita e recupero rifiuti non pericolosi	2 ottobre 2017
	Pavia	Mortara	Eredi Bertè Antonino s.r.l.	Recupero rifiuti non pericolosi e stoccaggio rifiuti pericolosi e non	
Veneto	Vicenza	Cornedo Vicentino	ECO.EL. s.r.l.	Impianto trattamento e/o recupero	14 marzo 2013
	Treviso	San Biagio di Callalta	Bigaran s.r.l.	Impianto trattamento rifiuti	26 febbraio 2014
	Padova	Sant'Angelo di Piove di Sacco	Intercommercio di Coccarelli Guerrino & C snc	Impianto di recupero	21 marzo 2015
	Treviso	Castelfranco Veneto	Ceccato	Impianto trattamento recupero	26 settembre 2015
	Treviso	Mogliano Veneto	Veritas spa		17 settembre 2016
	Padova	Monselice	Nek s.r.l		4 ottobre 2016
	Vicenza	Rossano Veneto	Fiorese Ecologica s.r.l.	Stoccaggio, raccolta e	25 marzo 2017

				trasportazione di rifiuti speciali e tossico nocivi	
	Vicenza	Torrebelvicino	Vallortigara servizi ambientali S.p.a	Stoccaggio, raccolta e trasporto di rifiuti speciali e tossico nocivi	25 marzo 2017
	Treviso	Vidor	Vidori servizi ambientali S.p.a	Gestione e trattamento di rifiuti speciali pericolosi e non pericolosi	17 agosto 2017
Trentino Alto Adige	Bolzano	Bolzano	Eco-center s.p.a – termovalorizzatore di Bolzano	Triturazione di rifiuti ingombranti	11 settembre 2014
	Trento	Lavis	Ricicla Trentino 2 srl	Rifiuti urbani e rifiuti speciali non pericolosi	5 agosto 2015
	Trento	Faedo	Autodemolizioni Dallago	Recupero dei materiali e rottamazione di veicoli a motore e rimorchi	14 dicembre 2016
Friuli Venezia Giulia	Pordenone	Aviano	Snua srl	Rifiuti urbani	16 dicembre 2014
	Pordenone	Spilimbergo	Mistral s.r.l.	Rifiuti sanitari	29 luglio 2015
Liguria	Savona	Cisano sul Neva	S.a.r.r. srl	Recupero rifiuti non pericolosi	3 settembre 2014
	Genova	Genova	F.i.d.eco S.r.l.	Stoccaggio e recupero rifiuti speciali e pericolosi	15 aprile 2016
	Savona	Stella	Comet recycling srl	Smaltimento e recupero rottami, rifiuti da demolizione	18 aprile 2016

				e non pericolosi	
	Savona	Cisano sul Neva	S.a.r.r. srl	Recupero rifiuti non pericolosi	19 febbraio 2017
	La Spezia	Follo	Ferdeghini s.a.s	Stoccaggio, selezione e cernita con recupero di rifiuti industriali non pericolosi	16 aprile 2017
	Savona	Cisano sul Neva	S.a.r.r. srl	Recupero rifiuti non pericolosi	6 giugno 2017
Emilia Romagna	Bologna	Sant'Agata Bolognese	Herambiente spa	Impianto di stoccaggio	17 gennaio 2014
	Reggio Emilia	Cadelbosco di Sopra	Idealservice	Servizio pulizia	Ottobre 2015
	Reggio Emilia	Novellara	S.a.ba.r. spa	Gestione rifiuti	Aprile 2015
	Bologna	Zola Predosa	Zola Predosa teleriscaldamento s.r.l.	Impianto di recupero	17 maggio 2015
	Bologna	Granarolo Emilia	Herambiente spa	Selezione e recupero	29 luglio 2016
	Piacenza	Piacenza	Inceneritore comunale	Inceneritore	31 agosto 2016
	Ravenna	Ravenna	Herambiente spa	Centro stoccaggio	1 luglio 2017
Toscana	Livorno	Rosignano Marittimo	Rea	Rifiuti urbani e speciali non pericolosi	04 aprile 2014
	Livorno	Rosignano Marittimo	Rea	Rifiuti urbani e speciali non pericolosi	13 aprile 2014
	Firenze	Empoli	Mazzoni Ferro srl	Recupero e messa in riserva di rifiuti speciali pericolosi e non pericolosi	03 luglio 2014
	Pisa	Pontedera	Mansider	Impianto	27

				demolizione rifiuti metallici pericolosi e non pericolosi	maggio 2015
	Livorno	Livorno	Ra.ri s.r.l.	Gestione rifiuti speciali pericoli e non pericolosi	03 marzo 2015
	Livorno	Piombino	Asiu s.p.a.	Rifiuti non pericolosi	21 luglio 2015
	Livorno	Livorno	Lonzi metalli	Stoccaggio e trattamento rifiuti pericolosi e non pericolosi	08 agosto 2015
	Livorno	Livorno	Trend livorno s.p.a.	Recupero raee	11 settembr e 2015
	Livorno	Piombino	Asiu s.p.a.	Rifiuti non pericolosi	11 settembr e 2015
	Pisa	Ponsacco	Ferretti Autodemolizioni	Gestione rifiuti pericolosi e non pericolosi	17 marzo 2016
	Pistoia	Serravalle Pistoiese	Pistoiamambiente	Rifiuti speciali non pericolosi	4 luglio 2016
	Pisa	Castelfranco di Sotto	Waste Recycling	Gestione rifiuti speciali pericolosi e non pericolosi	10 settembr e 2016
	Pistoia	San Marcello Pistoiese	Sistemi biologici s.r.l.	Compostaggio	12 maggio 2017
	Pistoia	San Marcello Pistoiese	Sistemi biologici s.r.l.	Compostaggio	19 giugno 2017
Marche	Fermo	Torre San Patrizio località San Pietro	Ditta s.a.m.	Discarica di rifiuti non pericolosi	23 luglio 2014
	Fermo	Torre San Patrizio località San	Ditta s.a.m.	Discarica di rifiuti non pericolosi	30 luglio 2016

		Pietro			
	Macerata	Montecassino	Giustozzi ambiente srl	Rifiuti speciali pericolosi	9 luglio 2015
	Macerata	Tolentino	Cosmari	RSU	09 luglio 2015
Umbria	Terni	Narni	Ternienergia spa	Recupero di pneumatici fuori uso	24 ottobre 2014
	Terni	Narni	Ternienergia spa	Recupero di pneumatici fuori uso	18 luglio 2015
	Terni	Orvieto	Discarica Rsu di Le Crete	Discarica	15 luglio 2017
Lazio	Viterbo	Viterbo	Trattamento rifiuti ecologia	Tmb	31 maggio 2014
	Roma	Colleferro	Lazio ambiente spa	Discarica	11 giugno 2014
	Latina	Aprilia	Kyklos	Rifiuti organici	1 novembre 2014
	Roma	Albano Laziale	Pontina ambientale	TMB rifiuti solidi urbani	30 giugno 2016
	Viterbo	Onano	Cite	Trattamento e stoccaggio rifiuti	3 settembre 2016
	Rieti	Cittaducale	Ternipolimeri	Rifiuti plastici	4 dicembre 2016
	Roma	Pomezia	Ecoservizi per l'ambiente	Trattamento rifiuti speciali non pericolosi	7 maggio 2017
Abruzzo	Teramo	Scerne di Pineto	AM Consorzio ambiente	Selezione rifiuti	16 novembre 2016
Molise	Isernia	Pozzilli-Venafro	Smaltimenti Sud s.r.l.	Selezione dei rifiuti derivanti dalla raccolta differenziata	3 settembre 2015
Campania	Avellino	Montefredan	Novolegno spa	Recupero di	11 giugno

		e		materia ed energetico	2014
	Caserta	Villa Literno	Polo Nautico	Falegnameria	15 ottobre 2014
	Caserta	Caserta	Campo nomadi	Rifiuti campo nomadi	11 novembre 2014
	Caserta	Santa Maria Capua Vetere	Sponda destra canale Regi Lagni		21 agosto 2015
	Avellino	Atripalda	C. e. r. v. u. s.r.l.	Automolazione	12 giugno 2016
	Napoli	Marcianise	Sud Asi	Deposito incotrollata	30 agosto 2016
Puglia	Bari	Giovinazzo	Discarica	Discarica	4 agosto 2015
	Lecce	Lecce	Recycling srl	Trattamento rifiuti	19 novembre 2015
	Foggia	Foggia	Terreno agricolo	Capannone e serre dismesse	24 maggio 2017
	Bari	Giovinazzo	Discarica	Discarica	23 agosto 2016
Calabria	Crotone	Curbo	Pentabloc	Deposito pneumatici usati	27 giugno 2015
	Crotone	Cirò Marina	Ecoemme srl	Riciclaggio di materie plastiche	8 luglio 2015
	Crotone	San Mauro Marchesato	Rocca s.r.l.	Impianto di trattamento rifiuti	24 novembre 2016
	Reggio Calabria	Gioia Tauro	Eco. Ra.d.	Raccolta differenziata rifiuti non pericolosi	8 agosto 2017
	Reggio Calabria	Gioia Tauro	Ecoservizi s.r.l.	Trasformazione e smaltimento di rottami	14 ottobre 2017

				ferrosi	
Sicilia	Palermo	Palermo	Discarica Rsu di Bellolampo	Rifiuti solidi urbani	7 luglio 2015
	Caltanissetta	Gela	Discarica dismessa C. da Cipollina	Rifiuti solidi urbani	15 agosto 2015
	Palermo	Palermo	F.lli Montalto – centro di rottamazione	Deposito di mezzi da rottamare previa bonifica e di materiali e parti di veicoli	24 maggio 2016
	Agrigento	Aragona – Favara	Società Progeo srl	Raccolta differenziata della frazione secca dei rifiuti urbani	26 giugno 2016
	Palermo	Caltavuturo	Discarica di Caltavuturo	Rifiuti solidi urbani	19 ottobre 2016
	Palermo	Carini	Ecofarma srl	Incenerimento rifiuti speciali pericolosi e non pericolosi	22 marzo 2017
	Messina	Messina	Messinambinete spa in liquidazione	Recupero rifiuti non pericolosi	18 aprile 2017
	Palermo	Carini	Sidermetal s.r.l.	Triturazione dei rifiuti	2 maggio 2017
	Siracusa	Melilli	Discarica Andolina	Rifiuti speciali	9 giugno 2017
Sardegna	Olbia-Tempio	Tempio Pausania	Unione Comuni Alta Gallura	Discarica rifiuti solidi urbani	7 novembre 2014
	Cagliari	Quartucciu	Ri.me.fe	Autodemolizione	18 maggio 2015
	Oristano	Arborea	Consorzio Industriale Provinciale	Trattamento rifiuti solidi urbani	1 agosto 2015

			Oristanese		
Sud Sardegna	Serramanna	Cisa service	Compostaggio e depurazione	12 luglio 2016	
Olbia-Tempio	Olbia	Cipnes, Spiritu Santu	Impianto di compostaggio	20 agosto 2016	
Oristano	Arborea	Consorzio industriale Provinciale Oristanese	Trattamento rifiuti solidi urbani	21 ottobre 2016	
Sassari	Sassari	Siget	Discarica RSU	28 giugno 2014	
Sassari	Chilivani-Ozieri	Secit	Impianto compostaggio	15 luglio 2014	
Sassari	Sassari	Riccoboni	Discarica RSU	18 maggio 2015	
Sassari	Alghero	Ecopramal srl	Recupero e trattamento di rifiuti speciali non pericolosi	28 marzo 2016	
Sassari	Sassari	Riccoboni	Discarica RSU	29 maggio 2016	
Sassari	Sassari	-	Discarica dismessa di inerti	27 febbraio 2017	
Cagliari	Capoterra	Tecnocasic	Trattamento rifiuti solidi urbani, pericolosi e acque reflue urbane e domestiche	30 aprile 2017	
Sud Sardegna	Villacidro	Villaservice s.p.a.	Smaltimento rifiuti solidi	14 giugno 2017	
Olbia-Tempio	Olbia	Cipnes Spiritu Santu	Impianto di compostaggio	26 giugno 2017	
Cagliari	Capoterra	Tecnocasic	Trattamento rifiuti solidi urbani,	23 giugno 2017	

				pericolosi e acque reflue urbane e domestiche	
	Sassari	Villacidro	Villaservice spa	Smaltimento rifiuti solidi	14 giugno 2017
	Sassari	Villacidro	Villaservice spa	Smaltimento rifiuti solidi	21 luglio 2016
	Sassari	Villacidro	Villaservice spa	Smaltimento rifiuti solidi	28 agosto 2017

Riferimenti bibliografici

1. S. Beltrame (2000). **Gestione dei rifiuti e sistema sanzionario**, Padova.
2. G. Giomi (2016). **Tutte le norme di prevenzione incendi, EPC**.
3. G. Bottino - R. Federici (2007). **Rifiuti**, in M. P. Chiti – G. Greco (a cura di), **Trattato di diritto amministrativo europeo**, Milano.
4. F. Sgubbi - M. Franzoni (2000). **Diritto dell'ambiente: le discipline di settore**, Torino.
5. M. Santoloci - V. Vattani (2011). **Rifiuti e non rifiuti, Percorso trasversale tra prassi di fatto e regole formali nel campo della gestione di rifiuti**, Roma.
6. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) 2010. **Rapporto rifiuti urbani**.
7. Circolare ministeriale (marzo 2018). **Linee guida per la gestione operativa degli stoccaggi negli impianti di gestione dei rifiuti e per la prevenzione dei rischi**.
8. Fabio Dattilo e Cosimo Pulito, **Codice di prevenzione incendi commentato**. EPC editore
9. Commissione parlamentare di inchiesta sulle attività illecite connesse al ciclo dei rifiuti e su illeciti ambientali ad esse correlati. **Il fenomeno degli incendi negli impianti di trattamento e smaltimento di rifiuti**
10. **SFPE Handbook of Fire Protection Engineering**
11. Tripli, Cecchin. **Impianti di trattamento, smaltimento, recupero rifiuti e rivelazione precoce degli incendi**. Antincendio 7/18 EPC

Siti web

www.vigilfuoco.it/sitiVVF/ascolipiceno

<https://www.ambientesicurezzaweb.it/rifiuti-le-linee-guida-per-la-prevenzione-degli-incendi-nei-depositi/>

<http://www.comune.nuoro.it/media/altri/Differenziamoci/Documents/Plastiche.htm>

<http://www.arpa.piemonte.it/news/incendi-in-impianti-di-trattamento-rifiuti-legalita-e-pianificazione-per-la-prevenzione>

<http://www.arpa.veneto.it/servizi-ambientali/rischio-industriale/simage/monitoraggio-ambientale>

Ringraziamenti

Desidero innanzitutto ringraziare il Professor Giuseppe Maschio, presidente del corso di Laurea magistrale in Ingegneria della Sicurezza civile ed industriale dell'Università degli studi di Padova, per aver fortemente voluto e creato questo nuovo corso di laurea. È principalmente grazie ad una Sua idea se oggi per me è possibile conseguire questo titolo.

Un sentito ringraziamento va al mio relatore l'Ingegnere Fabio Dattilo, direttore Interregionale VV.F. Veneto e T.A.A., per l'attenzione dedicata al mio lavoro e alla mia correlatrice l'Ingegnere Chiara Vianello per il tempo e i validi consigli dedicati a sostegno di questa tesi. Un grazie anche all'Ingegnere Loris Tomiato, Direttore del Dipartimento Provinciale di Venezia di ARPAV, per il prezioso materiale fornitomi.

Un pensiero va ai miei genitori che sono il mio punto di riferimento e che mi hanno sostenuta sia economicamente che emotivamente. Mi hanno permesso di percorrere e concludere questo cammino vivendo il mio percorso universitario come se fosse un po' anche il loro, condividendo l'ansia e le gioie. Grazie anche a mia sorella Martina che pur essendo più "piccola" è sempre stata pronta ad aiutarmi, ascoltarmi e darmi consigli. Un grazie di cuore anche a mio zio Claudio e alla mia nonna Bruna, che è stata sicuramente la fan numero 1 di questo percorso universitario.

Un grazie anche a Giovanni che mi ha supportata e sopportata in questo mio percorso universitario e non. Alla mia Amica Eleonora, che fa sì che il pregiudizio sull'incompatibilità tra ingegneri e architetti sia definitivamente superato, va il mio più sincero grazie per tutti questi anni di vera amicizia. Grazie a Federico, Greta e Alice per le esperienze divertenti condivise. Grazie ai miei compagni e amici di coro con i quali ho condiviso le mie "pause" dallo studio, rilassandomi e divertendomi. Grazie ad Arianna ed ai miei amici dell'UNITN, con i quali ho condiviso la laurea triennale e la meccanica dei solidi. Grazie a Maurizio per i preziosi consigli, a Matteo per il supporto informatico e a tutti i miei amici e compagni dell'UNIPD.