





SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Dipartimento di Ingegneria Chimica Materiali Ambiente

**ATTIVITÀ DI RICERCA INERENTE LO
STUDIO DI SCENARI PROBABILISTICI SUL
RISCHIO DI INCIDENTI AEREI
PER L'AEROPORTO G. MARCONI DI
BOLOGNA (rif. Masterplan 2016-2030)
VALUTAZIONE DEL RISCHIO D'AREA E VERIFICA DI
ACCETTABILITÀ**

**Prof.ssa Ing. Mara Lombardi
Prof. Ing. Massimo Guarascio
Ing. Davide Berardi, PhD
dott. ing. Marta Galuppi
dott. ing. Vincenzo Mamuschia**

**Dipartimento di Ingegneria Chimica, Materiali, Ambiente
Facoltà di Ingegneria Civile e Industriale
Sapienza - Università di Roma
via Eudossiana, 18 - 00184 Roma**

Indice

VALUTAZIONE DEL RISCHIO D'AREA E VERIFICA DI ACCETTABILITÀ	2
Premessa allo studio	18
Struttura e articolazione dello studio.....	24
Modello di analisi quantitativo probabilizzato.....	25
1. Caratterizzazione territoriale	29
1.1. Aspetti generali.....	30
1.2. Censimento e caratterizzazione di attività di interesse strategico: ospedali, scuole.....	31
1.3. Carta unica del territorio – Scheda dei Vincoli	32
1.3.1. Tutele.....	36
1.4. Piano Strutturale Comunale e Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – Quadro conoscitivo.....	40
1.5. Quadro conoscitivo opere strategiche	41
1.5.1 Individuazione ospedali	41
1.5.2 Individuazione scuole	43
1.6. Censimento e caratterizzazione di opere infrastrutturali di interesse strategico: strade, autostrade, ferrovie, linee di distribuzione di energia elettrica	45
1.7. Idrografia superficiale per la valutazione degli effetti sulle acque superficiali	55
1.8. Componente suolo, zone potenzialmente soggette a rischio di incendio boschivo	56
1.9. Beni di interesse culturale e paesaggistico.....	56
1.9.1. Normativa di riferimento.....	59
1.9.2. Individuazione dei beni d'interesse.....	60
1.9.3. Beni architettonici	60
1.9.4. Beni paesaggistici	61
1.9.4.1. Alberi monumentali.....	61
1.10. Beni archeologici	62
1.10.1. Sedi di conservazione	63
1.11 Aree protette e aree naturali protette di interesse locale	63
2. La valutazione degli scenari di pericolo per la sicurezza e la salute e per il territorio (ambiente e beni) per effetto di un incidente aereo	77
2.1. Introduzione	77
2.2. Modello Chimico-Fisico dell'Irraggiamento (definizione della pericolosità specifica)	79
2.3. Caratterizzazione aeromobili (definizione della pericolosità specifica)	84
2.3.1. Famiglia di aeromobili Airbus:	84
2.3.1.1. Airbus 320 Neo	84
2.3.1.2. Airbus A300 B6 Freighter.....	85

2.3.1.3. Airbus A330	85
2.3.2 Famiglia di aeromobili Boeing:	86
2.3.2.1 Boeing 737-300.....	86
2.3.2.2. Boeing 757-200 Freighter Winglet	87
2.3.2.3. Boeing 767-200.....	87
2.3.2.4 Boeing 777-200 LR.....	88
2.3.2.5 Canadair Regional Jet 1000	88
2.4. Albero degli eventi.....	89
2.5. Analisi delle condizioni meteo climatiche	90
2.5.1 Specifica delle variabili inserite nel simulatore ALOHA.....	95
2.5.1.1 Selezione della località	96
2.5.1.2 Selezione del composto chimico	96
2.5.1.3 Selezione dei parametri meteorologici	96
2.5.1.4 Definizione del tipo di sorgente di emissione	97
2.5.2 Evoluzione degli scenari in riferimento all'albero degli eventi rappresentati sul software ALOHA	97
2.5.2.1 Valutazione del danno da radiazione termica	100
2.6. Valutazione dell'esposizione	102
2.7. Caratterizzazione della pericolosità: sintesi del modello e risultati ottenuti.....	104
3. Caratterizzazione impianti produttivi a rischio di incidente rilevante (RIR)	106
3.1. Normative di riferimento.....	106
3.2. Piano di emergenza esterno (PEE).....	107
3.3. Individuazione aziende RIR.....	107
3.4. Anagrafiche aziende e informazioni di dettaglio.....	111
3.4.1 BEYFIN S.p.A.	111
3.4.1.1 Possibili effetti domino.....	112
3.4.1.2 Stima delle conseguenze incidentali	112
3.4.2 BASF ITALIA S.p.A.....	114
3.4.2.1 Scenario incidentale	115
3.4.2.2 Condizioni meteo climatiche considerate	115
3.4.3 BASCHIERI & PELLAGRI	117
3.4.3.1 Scenari incidentali considerati.....	119
3.4.3.2 Condizioni meteorologiche e climatiche considerate	121
3.4.4 BRENNTAG S.p.A.....	122
3.4.4.1 Scenari incidentali considerati.....	123
3.4.4.2 Condizioni meteorologiche e climatiche considerate	125
3.4.5 F.lli RENZI LOGISTICA s.r.l.	126

3.4.5.1	Scenari incidentali considerati.....	127
3.4.5.2	Condizioni meteorologiche e climatiche considerate	128
3.4.6	G.D. s.r.l. – Deposito e Distribuzione Merci.....	130
3.4.6.1	Scenari incidentali considerati.....	130
3.4.6.2	Condizioni meteorologiche e climatiche considerate	130
3.4.7	GOLDEN GAS S.p.A.....	132
3.4.7.1	Scenari incidentali considerati.....	132
3.4.7.2	Condizioni meteorologiche e climatiche considerate	133
3.4.8	EMILGAS s.r.l.....	134
3.4.8.1	Scenari incidentali considerati.....	135
3.4.8.2	Condizioni meteorologiche e climatiche considerate	136
3.4.9	LINDE GAS Italia S.r.l.....	137
3.4.9.1	Scenari incidentali considerati.....	138
3.4.9.2	Condizioni meteorologiche e climatiche considerate	138
3.4.10	LIQUIGAS S.p.A.	139
3.4.10.1	Scenari incidentali considerati.....	140
3.4.10.2	Condizioni meteorologiche e climatiche considerate	140
3.4.11	REAGENS S.p.A.....	141
3.4.11.1	Scenari incidentali considerati.....	142
3.4.11.2	Condizioni meteorologiche e climatiche considerate	142

4. La valutazione del rischio d'area: quantificazione della probabilità degli scenari di pericolo e dei danni alle persone (perdita di vite umane) 143

4.1.1	Event Tree Analysis crash primario (riferito all'incidente aereo durante le operazioni di decollo e atterraggio).....	143
4.1.2	Event Tree Analysis primario T12, T30 (valutazione dell'impatto compatibile con i flussi di traffico registrati e prevedibili in Testata 12 e Testata 30)	145
4.1.3	Event Tree Analysis secondario (crash) T12, T30 (individuazione degli scenari di impatto per le Zone di rischio - area ad alta tutela, area interna e area intermedia ed esterna - differenziati in funzione dei risultati espressi dall'ETA primario T12, T30)	147
4.1.4	Event Tree Analysis per innesco pozza (per aree di impatto in cui non risultano impianti RIR)	149
4.1.5	Event Tree Analysis Pool Fire T12, T30 (per gli scenari evolutivi nelle Zone di rischio - area ad alta tutela, area interna e area intermedia ed esterna) e stima dei danni alle persone (perdita di vite umane).....	153
4.1.6	Event Tree Analysis Flash Fire T12, T30 (per gli scenari evolutivi nelle Zone di rischio - area ad alta tutela, area interna e area intermedia ed esterna) e stima dei danni alle persone (perdita di vite umane).....	155
4.1.7	Event Tree Analysis secondario per aree con impianti RIR (per gli scenari evolutivi di pool fire e flash fire) e per gli scenari indotti da effetto domino e stima dei danni alle persone (perdita di vite umane).....	158

4.1.8 Event Tree Analysis crash secondario (per gli scenari evolutivi nelle Zone di rischio - area intermedia/esterna con insediamenti urbani) e stima dei danni alle persone (perdita di vite umane)	163
4.1.9 Event Tree Analysis (crash secondario e evoluzione in pool fire e flash fire) stradale (per gli scenari che interessano le infrastrutture di mobilità) e stima dei danni alle persone (perdita di vite umane)	166
4.1.10 Event Tree Analysis (crash secondario e evoluzione in pool fire e flash fire) ferroviario (per gli scenari che interessano le infrastrutture di mobilità) e stima dei danni alle persone (perdita di vite umane)	176
4.2 Modello di analisi per Rischio ambientale	182
4.2.1 Nota metodologica	182
4.2.2 Definizione del modello	183
4.2.3 Stima del danno ambientale	185
5. Risultati dell'analisi	189
Premessa	189
5.1 Impatto sulla sicurezza delle persone: perdita di vite umane	189
5.1.1 Premessa	189
5.1.2 Risultati	190
5.1.2.1 Event Tree Analysis crash primario (riferito all'incidente aereo durante le operazioni di decollo e atterraggio): valutazione del rischio di perdita di vite umane	190
5.1.2.2 Event Tree Analysis secondario (crash) T12, T30 ed evoluzione di scenari di incendio compatibili (pool fire e flash fire): valutazione del rischio di perdita di vite umane	193
5.1.2.3 Event Tree Analysis secondario per aree con impianti RIR (per gli scenari evolutivi di pool fire e flash fire) e per gli scenari indotti da effetto domino: valutazione del rischio di perdita di vite umane	199
5.1.2.4 Event Tree Analysis crash secondario (area intermedia/esterna con insediamenti urbani): valutazione del rischio di perdita di vite umane	201
5.1.2.5 Event Tree Analysis (crash secondario e evoluzione in pool fire e flash fire) stradale (per gli scenari che interessano le infrastrutture di mobilità): valutazione del rischio di perdita di vite umane	203
5.1.2.5 Event Tree Analysis (crash secondario e evoluzione in pool fire e flash fire) ferroviario (per gli scenari che interessano le infrastrutture di mobilità): valutazione del rischio di perdita di vite umane	207
5.1.3 Conclusioni	210
5.2 Rischio ambientale: risultati dell'analisi	212
Premessa	212
5.2.1 Componente atmosfera (esposizione a contaminanti rilasciati in atmosfera): effetti sulla salute umana	212
5.2.1.1 Aspetti generali	212
5.2.1.2 Modello di analisi	212
Scenari incidentali	213

Caratterizzazione della sorgente di inquinanti (sorgenti di contaminazione).....	213
Valori limiti di riferimento per l'inquinante considerato	213
Condizioni atmosferiche considerate	215
5.2.1.3 Scenari modellati nel software ALOHA.....	215
5.2.1.4 Risultati	215
5.2.1.5 Commento ai risultati	219
5.2.2 Componente suolo, sottosuolo e acque sotterranee.....	221
5.2.2.1 Premessa	221
5.2.2.2 Caratteristiche geologiche ed idrogeologiche	222
5.2.2.3 Dati di input del modello	222
Proprietà idrologiche e del terreno	222
Proprietà dell'idrocarburo (LNAPL) e caratteristiche del rilascio	223
Parametri di simulazione	224
Stima del danno: concentrazioni di carburante nel suolo.....	224
5.2.2.4 Risultati	225
5.2.2.5 Commento ai Risultati	227
5.3 Componente acque superficiali	230
5.3.1 Premessa	230
5.3.2 Definizione della morfologia e individuazione del reticolo idrografico	230
5.3.3 Tempi di percorrenza.....	233
5.3.3.1 Tempo di transito	233
5.3.4 Risultati: stima del danno	234
5.3.5 Conclusioni	235
5.4 Componente vegetazione (flora e fauna).....	236
5.4.1 Premessa	236
5.4.2 Caratterizzazione del contesto e delle condizioni di input.....	236
5.4.3 Modellazione e risultati dell'analisi.....	237
5.4.4 Conclusioni	239
5.5 Componente paesaggio e beni culturali	241
5.5.1 Premessa	241
5.5.2 Caratterizzazione dei beni di interesse.....	243
5.5.3 Analisi comparativa con il Rischio sismico d'area per la verifica di <i>compliance</i>	247
5.5.4 Conclusioni	249
6. Conclusioni.....	250
Premessa	250
6.1 Impatto sulla sicurezza delle persone (Effetti indotti dagli scenari di crash, pool fire e flash fire, rif. 5.1).....	253

6.1.1 Impatto incidente aereo su stabilimenti a rischio di incidente rilevante (Effetto domino, rif. 5.1): contributo all'indicatore di Rischio di perdita di vite umane	253
6.1.2 Impatto incidente aereo su reti di mobilità (Effetto diretto e indiretto, rif. 5.1): contributo all'indicatore di Rischio di perdita di vite umane	255
6.1.2.1 Rete stradale (rif. 5.1.2).....	255
6.1.2.1 Rete ferroviaria (rif. 5.1.2)	256
6.1.3 Impatto incidente aereo su aree residenziali (rif. 5.1.3): contributo all'indicatore di Rischio di perdita di vite umane	257
6.2 Impatto su Atmosfera e Salute umana (Effetti dell'esposizione a contaminanti rilasciati in atmosfera, rif. 5.2.1): contributo all'indicatore di Rischio di perdita di vite umane	258
6.3 Impatto sulle matrici ambientali	261
6.3.1 Suolo, Sottosuolo e Acque sotterranee (Effetti di contaminazione, Contaminazione della falda, rif. 5.2.2): contributo alla stima dei danni materiali.....	261
6.3.2 Impatto sulle Acque superficiali (rif. 5.3): contributo alla stima dei danni materiali.....	263
6.3.3 Impatto sulla Vegetazione (incendio delle aree boschive, impatto su Flora e Fauna, rif. 5.4): contributo alla stima dei danni materiali	265
6.4 Impatto sul Paesaggio e sui Beni Culturali (Distruzione per impatto meccanico, rif. 5.5.4): contributo alla stima dei danni materiali	267
6.5 Commenti finali	267
Bibliografia	270
Sitografia	271

Indice delle figure

Figura 1 – Iperspazio cindinico	26
Figura 2 – Bow-Tie Model.....	26
Figura 3 – Event Tree Analysis (ETA)	26
Figura 4 - Infrastrutture autostradali a servizio dell'aeroporto.....	29
Figura 5 - Trasporto pubblico a servizio dell'aeroporto	30
Figura 6 – Sedime aeroportuale	31
Figura 7 – Classificazione del territorio [fonte: http://sitmappe.comune.bologna.it/pucviewer/#!/app/map/default].....	33
Figura 8 - Perimetro del territorio urbanizzato	33
Figura 9 - Perimetro centro abitato.....	34
<i>Figura 10</i> - Perimetro ambiti per attività produttive.....	34
Figura 11 – Perimetri PTCP, Accordo territoriale	35
Figura 12 - Alvei attivi e invasi dei bacini idrici.....	37
Figura 13 – Tutela delle acque superficiali e sotterranee	37
Figura 14 – Aree forestali boschive	38
Figura 15 – Patrimonio archeologico.....	38
Figura 16 – Beni paesaggistici.....	39
Figura 17 – Patrimonio architettonico	39
Figura 18 – Alberi monumentali	40

Figura 19 – Densità demografica	41
Figura 20 – Infrastrutture di mobilità	41
Figura 21 – Rappresentazione strutture ospedaliere nell’area d’influenza	43
Figura 22 - Rappresentazione istituti scolastici nell’area d’influenza	44
Figura 23 – Classificazione reti di mobilità: quadro sinottico [fonte: http://sitmappe.comune.bologna.it/pucviewer/#!/app/map/default].....	45
<i>Figura 24 - Rappresentazione infrastrutture di mobilità nell’area d’influenza</i>	46
Figura 25 – Rete stradale	46
Figura 26 – Rete Autostrade	47
Figura 27 – Strade non a pedaggio	47
Figura 28 – Elettrodotti AT-MT, cabine di trasformazione primarie e secondarie [fonte: http://sitmappe.comune.bologna.it/pucviewer/#!/app/map/default].....	48
<i>Figura 29 – Elettrodotti AT-MT</i> [fonte: http://sitmappe.comune.bologna.it/pucviewer/#!/app/map/default].....	48
Figura 30 - Nodo di Bologna [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sistema_Autostradale_Bologna.svg].....	49
Figura 31 – Indicazioni su R A1	52
Figura 32 – Strada provinciale Padullese.....	52
Figura 33 – Strada provinciale di Crevalcore	53
Figura 34 – Strade Statali (competenza ANAS)	53
Figura 35 – Nodo ferroviario Bologna (SFM)	54
Figura 36 – Rete ferroviaria	55
Figura 37 – Rappresentazione acque superficiali e sotterranee nell’area d’influenza	55
Figura 38 – Aree forestali boschive nella zona di interesse	56
Figura 39 – Elementi naturali e paesaggistici [fonte: http://dru.iperbole.bologna.it/cartografia/contenuto?filter=Applicazioni].....	57
Figura 40 – Testimonianze storico-archeologiche [fonte: http://dru.iperbole.bologna.it/cartografia/contenuto?filter=Applicazioni].....	57
Figura 41 – Patrimonio architettonico	58
Figura 42 – Beni paesaggistici.....	58
Figura 43 – Beni archeologici.....	59
Figura 44 – Rappresentazione alberi monumentali nell’area d’influenza	59
Figura 45 – Rappresentazione beni architettonici nell’area d’influenza.....	60
Figura 46 – Rappresentazione dei beni paesaggistici nell’area d’influenza	61
Figura 47 – Rappresentazione degli alberi monumentali nell’area d’influenza	62
Figura 48 – Rappresentazione dei beni culturali nell’area d’influenza	62
Figura 49 – Archivi storici [fonte: Sistema archivistico nazionale (SAN)]	63
Figura 50 - Aree protette e aree naturali protette di interesse locale nella regione Emilia Romagna	64
Figura 51 – Parco Abbazia di Monteveglio	65
Figura 52 – Parco Corno alle Scale	66
<i>Figura 53 – Parco Gessi Bolognesi e Calanchi dell'Abbadessa</i>	67
Figura 54 - Parco Laghi Suviana e Brasimone	67
<i>Figura 55 - Parco Monte Sole</i>	68
<i>Figura 56 - Parco Vena del Gesso Romagnola</i>	68
<i>Figura 57 - Bosco della Frattona</i>	69
<i>Figura 58 - Contrafforte Pliocenico</i>	69
<i>Figura 59 - Colline di San Luca</i>	70
<i>Figura 60 - Bisana</i>	71
<i>Figura 61 - Collettore delle Acque Alte</i>	71

<i>Figura 62</i> - Dosolo.....	72
<i>Figura 63</i> - Ex risaia di Bentivoglio.....	72
<i>Figura 64</i> - Golena San Vitale	73
<i>Figura 65</i> - La Bora.....	73
<i>Figura 66</i> - Torrente Idice	74
<i>Figura 67</i> - Vasche ex zuccherificio di Crevalcore	75
<i>Figura 68</i> - Siti Natura 2000 nella Provincia di Bologna	76
<i>Figura 69</i> - Design del serbatoio Airbus 320 Neo	84
<i>Figura 70</i> - Design del serbatoio Airbus B6 Freighter	85
<i>Figura 71</i> - Design del serbatoio Airbus A330	85
<i>Figura 72</i> - Design del serbatoio Boeing 737-300.....	86
<i>Figura 73</i> - Design del serbatoio 757-200 Freighter Winglet.....	87
<i>Figura 74</i> - Design del serbatoio Boeing 767-200.....	87
<i>Figura 75</i> - Design del serbatoio Boeing 777-200 LR.....	88
<i>Figura 76</i> - Design del serbatoio Canadair Regional Jet 1000	88
<i>Figura 77</i> – ETA primario flow-chart.....	90
<i>Figura 78</i> – Direzione del vento prevalente nel corso dell’anno	91
<i>Figura 79</i> – Direzione del vento prevalente per stagioni	92
<i>Figura 80</i> – Andamento delle temperature rilevate (istogrammi di frequenza), In rosso le condizioni idonee	94
<i>Figura 81</i> - Thermal Radiation Threat Zone (Airplane model: Boeing 777-200 – Scenario S3: TotalTank - Meteo: D5).....	99
<i>Figura 82</i> - Flammable Threat Zone (Airplane model: Boeing 777-200 – Scenario S3: Total Tank - Meteo: D5)	100
<i>Figura 83</i> - Toxic Threat Zone (Airplane model: Boeing 777-200 – Scenario S3: Total Tank - Meteo: D5).....	100
<i>Figura 84</i> - Mappa centrata su aeroporto di Bologna scala [1:5000].....	108
<i>Figura 85</i> - Condizioni meteo climatiche Basf Italia S.p.a.....	116
<i>Figura 86</i> - Direzione del vento prevalente in BASCHIERI & PELLAGRI	121
<i>Figura 87</i> - Direzione del vento prevalente in BRENNTAG S.p.a	125
<i>Figura 88</i> - Direzione del vento prevalente in F.Ili RENZI LOGISTICA s.r.l.....	129
<i>Figura 89</i> - Direzione del vento prevalente in G.D. s.r.l. – Deposito e Distribuzione Merci.....	131
<i>Figura 90</i> - Direzione principale del vento in GOLDEN GAS S.p.a.....	133
<i>Figura 91</i> - Direzione del vento prevalente in L'EMILGAS s.r.l.	136
<i>Figura 92</i> - Direzione prevalente del vento in LINDE GAS Italia S.r.l.	139
<i>Figura 93</i> - Direzione prevalente del vento in LIQUIGAS S.p.a.	141
<i>Figura 94</i> - Direzione prevalente del vento in REAGENS S.p.a.	142
<i>Figura 95</i> - Event Tree Analysis (flow-chart) crash primario	144
<i>Figura 96</i> - Event Tree Analysis (modello di calcolo) crash primario T12	145
<i>Figura 97</i> - Event Tree Analysis (modello di calcolo) crash primario T30	146
<i>Figura 98</i> - Event Tree Analysis (modello di calcolo) crash primario T12: Aree di impatto	147
<i>Figura 99</i> - Event Tree Analysis (modello di calcolo) crash primario T30: : Aree di impatto	148
<i>Figura 100</i> – Event Tree Analysis per aree no RIR con innesco della pozza	149
<i>Figura 101</i> – Valutazione delle probabilità di impatto in funzione degli aeromobili rappresentativi del traffico aeroportuale e delle zone d’impatto individuate nello studio Sapienza-ENAC 2011 (T 12)	151
<i>Figura 102</i> – Valutazione delle probabilità di impatto in funzione degli aeromobili rappresentativi del traffico aeroportuale e delle zone d’impatto individuate nello studio Sapienza-ENAC 2011 (T 30)	152
<i>Figura 103</i> – Valutazioni degli scenari di pericolosità per il pool fire (T_12)	153
<i>Figura 104</i> – Valutazioni degli scenari di pericolosità per il pool fire (T_30)	153
<i>Figura 105</i> – Valutazioni degli scenari di danno per il pool fire (T_12).....	154

Figura 106 – Valutazioni degli scenari di danno per il pool fire (T_30).....	154
Figura 107 – Valutazioni degli scenari di pericolosità per il flash fire (T_12): effetto di irraggiamento termico	155
Figura 108 – Valutazioni degli scenari di pericolosità per il flash fire (T_30): effetto di irraggiamento termico	156
Figura 109 – Valutazioni degli scenari di pericolosità per il flash fire (T_12): effetto di dispersione prodotti tossici (Toxic Threat Zone).....	156
Figura 110 – Valutazioni degli scenari di pericolosità per il flash fire (T_30): effetto di dispersione prodotti tossici (Toxic Threat Zone).....	156
Figura 111 – Valutazioni degli scenari di danno per il flash fire (T_12)	157
Figura 112 – Valutazioni degli scenari di danno per il flash fire (T_30)	157
Figura 113 – Event Tree Analysis (flow-chart) evento secondario (effetto domino) impianti RIR.....	159
Figura 114 – Quadro sinottico delle valutazioni di rischio per gli impianti RIR censiti nell’area di interesse con stima dei danni alle persone.....	161
Figura 115 - Flash Fire (Toxic Threat Zone): definizione danno (D5, F2 – Testata T_12)	165
Figura 115 - Flash Fire (Toxic Threat Zone): definizione danno (D5, F2 – Testata T_30)	166
Figura 117 – ETA Incendio	173
Figura 118 – ETA Liquido infiammabile	173
Figura 119 - ETA Gas compresso infiammabile	174
Figura 120 – ETA Gas compresso tossico	174
Figura 121 – ETA Materiale esplosivo	174
Figura 122 – Analisi completa per il caso di trasporto liquido infiammabile con stima dei danni alle persone e quantificazione del rischio.....	175
Figura 123 – Valutazione del danno e del rischio utenti per impatto meccanico (crash).....	175
Figura 124 – Flow-chart Valutazione Rischio Ambientale (stima degli effetti sulla salute umana e sull’ecosistema)	182
Figura 125 – Fattori della VRA	182
Figura 126 – Modello concettuale del sito: percorsi di dispersione del contaminante.....	183
Figura 127 – Diagramma di flusso del modello concettuale[fonte: https://www.isprambiente.gov.it/files/temi/siti-contaminati-02marzo08.pdf]	184
Figura 128 – Identificazione del prodotto	185
Figura 129 – Identificazione dei pericoli associati all’utilizzo del prodotto	186
Figura 130 – Pittogrammi e indicazioni di pericolo del prodotto.....	186
Figura 131 – Misure per il contenimento e la bonifica in caso di spandimento del prodotto.....	187
Figura 132 – Concentrazione di non effetto sulle matrici ambientali (acque, sedimenti, suolo)	187
Figura 133 – Informazioni ecologiche.....	188
Figura 134 – Classificazione del prodotto rispetto all’utilizzo	188
Figura 135 – Stima del danno (perdita di vite) – Scenari Pool fire	192
Figura 136 – Stima del danno (perdita di vite) – Scenari Flash fire.....	192
Figura 137 – Valutazione delle probabilità di impatto in funzione degli aeromobili rappresentativi del traffico aeroportuale e delle zone d’impatto individuate nello studio Sapienza-ENAC 2011 (T_12)	193
Figura 138 – Valutazione delle probabilità di impatto in funzione degli aeromobili rappresentativi del traffico aeroportuale e delle zone d’impatto individuate nello studio Sapienza-ENAC 2011 (T_30)	194
Figura 139 – Valutazioni degli scenari di pericolosità per il pool fire (T_12)	194
Figura 140 – Valutazioni degli scenari di pericolosità per il pool fire (T_30)	195
Figura 141 – Valutazione del danno – Scenari Pool fire (T_12).....	195
Figura 142 -- Valutazione del danno – Scenari Pool fire (T_30).....	195
Figura 143 – Valutazioni degli scenari di pericolosità per il flash fire (T_12): effetto di irraggiamento termico	196

Figura 144 – Valutazioni degli scenari di pericolosità per il flash fire (T_30): effetto di irraggiamento termico	196
Figura 145 – Valutazioni degli scenari di pericolosità per il flash fire (T_12): effetto di dispersione prodotti tossici (Toxic Threat Zone).....	197
Figura 146 – Valutazioni degli scenari di pericolosità per il flash fire (T_30): effetto di dispersione prodotti tossici (Toxic Threat Zone).....	197
Figura 147 – Valutazioni del danno (perdita di vite umane) per il pool fire (T_12)	197
Figura 148 – Valutazioni del danno (perdita di vite umane) per il pool fire (T_30)	198
Figura 149 – Determinazione delle probabilità di impatto sull’area stradale (scenario Pool fire T_12)	204
Figura 150 – Determinazione del danno (perdita di vite umane) sull’area stradale (scenario Pool fire T_12)	204
Figura 151 – Determinazione delle probabilità di impatto sull’area stradale (scenario Pool fire T_30) ...	204
Figura 152 – Determinazione del danno (perdita di vite umane) sull’area stradale (scenario Pool fire T_30)	204
Figura 153 – Determinazione delle probabilità di impatto sull’area stradale (scenario Flash fire T_12) ...	205
Figura 154 – Determinazione del danno (perdita di vite umane) sull’area stradale (scenario Flash fire T_12)	205
Figura 155 – Determinazione delle probabilità di impatto sull’area stradale (scenario Flash fire T_30) ...	205
Figura 156 – Determinazione del danno (perdita di vite umane) sull’area stradale (scenario Flash fire T_30)	205
Figura 157 – Determinazione delle probabilità di impatto sull’area stradale (scenario Flash fire TTZ T_12)	206
Figura 158 – Determinazione del danno (perdita di vite umane) sull’area stradale (scenario Flash fire TTZ T_12).....	206
Figura 159 – Determinazione delle probabilità di impatto sull’area stradale (scenario Flash fire TTZ T_30)	206
Figura 160 – Determinazione del danno (perdita di vite umane) sull’area stradale (scenario Flash fire TTZ T_30).....	206
Figura 161 – Determinazione delle probabilità di impatto sull’area ferroviaria (scenari di rilascio T_12) .	208
Figura 162 – Determinazione delle probabilità di impatto sull’area ferroviaria (scenari di rilascio T_30) .	208
Figura 163 – Determinazione delle aree di danno per gli scenari evolutivi di Pool fire, Flash fire e TTZ....	209
Figura 164 – Determinazione del danno (perdita di vite umane) sull’area ferroviaria	209
Figura 165 – Concentrazioni di monossido di carbonio da combustione di pozza di cherosene su cemento con condizioni meteo D5	216
Figura 166 – Concentrazioni di monossido di carbonio da combustione di pozza di cherosene su cemento con condizioni meteo F2	216
Figura 167 – Concentrazioni di monossido di carbonio da combustione di pozza di cherosene su terreno con condizioni meteo D5	217
Figura 168 – Concentrazioni di monossido di carbonio da combustione di pozza di cherosene su terreno con condizioni meteo F2	217
Figura 169 – Concentrazioni a 1 km dalla fonte di dispersione (transitorio con superamento delle soglie inferiore a 30 minuti).....	218
Figura 170 – Concentrazioni a 2 km dalla fonte di dispersione (transitorio con superamento delle soglie inferiore a 30 minuti).....	218
Figura 171 – Concentrazioni a 3 km dalla fonte di dispersione (transitorio con superamento delle soglie inferiore a 50 minuti).....	218
Figura 172 – Rappresentazione delle curve di isoconcentrazione nel quadrante Sud-Est comprensivo della testata T30.....	219

Figura 173 – Parte dell’alveo fluviale del fiume Reno posto perpendicolarmente alla pista di atterraggio	221
Figura 174 – Proprietà idrogeologiche	223
Figura 175 – Proprietà dell’idrocarburo e caratteristiche del rilascio	223
Figura 176 – Parametri di simulazione utilizzati	224
Figura 177 – Andamento della concentrazione di inquinante nel tempo (periodo di simulazione: 1 anno, saturazione zona vadosa 30%)	225
Figura 178 – Ubicazione pozzi profondi	226
Figura 179 – Profilo di saturazione relativo alle prime 8 settimane dal rilascio con saturazione in acqua della zona vadosa del 30 % (valutazione a 1 anno dal rilascio)	227
Figura 180 – Andamento delle concentrazioni di inquinante nel tempo periodo di simulazione: 1 anno, saturazione zona vadosa 10%-60%)	228
Figura 181 – Layer vettoriale del reticolo idrografico dell’area oggetto di studio	231
Figura 182 – Modello Digitale del Terreno dell’area interessata dallo studio (in rossa il segmento analizzato del torrente Lavino)	231
Figura 183 – Modello Digitale del Terreno dell’area interessata dallo studio (in rossa il segmento analizzato del fiume Reno)	232
Figura 184 – Profilo altimetrico e pendenza del torrente Lavino (Inizio: punto di sversamento - Fine: confluenza con il fiume del Reno)	232
Figura 185 – Profilo altimetrico e pendenza del fiume Reno (Inizio: punto di sversamento - Fine: Scolmatore del Reno, Cavo Napoleonico)	233
Figura 186 – Direzione dei venti	236
Figura 187 – Risorse ambientali [fonte: PTCP Tavola 1, http://cartografia.cittametropolitana.bo.it/ptcptav1/]	237
Figura 188 – Fattori che influenzano lo sviluppo dell’incendio	239
Figura 189 – Patrimonio archeologico	242
Figura 190 – Beni paesaggistici	242
Figura 191 – Patrimonio architettonico	243
Figura 192 – Risorse storiche e archeologiche	244
Figura 193 - Tav.II Tutela dei sistemi ambientali e delle risorse naturali e storici culturali - Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale	244
Figura 194 - Tav.III Tutela dei sistemi ambientali e delle risorse naturali e storici culturali - Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale	245
Figura 195 - Tav.IV Tutela dei sistemi ambientali e delle risorse naturali e storici culturali - Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale	245
Figura 196 – Individuazione del bene sul sistema informativo Vincoli in rete MIBACT	246
Figura 197 – Individuazione del bene sul sistema informativo Vincoli in rete MIBACT	246
Figura 198 – Individuazione del bene sul sistema informativo Vincoli in rete MIBACT	247
Figura 199 – Sistema aree suscettibili di effetti locali (Rischio sismico, zona 3) [fonte: http://dru.iperbole.bologna.it/cartografia/contenuto?filter=Applicazioni]	249
Figura 200 - Assetto strategico funzionale della rete viaria [https://www.cittametropolitana.bo.it/pianificazione/PTCP_-_documenti_di_piano]	255
Figura 201 - Assetto strategico funzionale della rete ferroviaria [https://www.cittametropolitana.bo.it/pianificazione/PTCP_-_documenti_di_piano]	256
Figura 202 – Sistema insediativo [https://www.cittametropolitana.bo.it/pianificazione/PTCP_-_documenti_di_piano]	257
Figura 203 – Rappresentazione delle curve di isoconcentrazione nel quadrante Sud-Est comprensivo della testata T30	260

Indice delle tabelle

Tabella 1- <i>Modelli degli aeromobili individuati con riferimento alle capacità di serbatoi carburante</i>	80
Tabella 2 - Capacità serbatoio Airbus 320 Neo	84
Tabella 3 - Capacità serbatoio Airbus B6 Freighter	85
Tabella 4 - Capacità serbatoio Airbus A330.....	86
Tabella 5 - Capacità serbatoio Boeing 737-300.....	86
Tabella 6 - Capacità serbatoio Boeing 737-200 Freighter Winglet.....	87
Tabella 7 - Capacità serbatoio Boeing 737-200.....	87
Tabella 8 - Capacità serbatoio Boeing 777-200 LR	88
Tabella 9 - Capacità serbatoio Canadair Regional Jet 1000.....	88
<i>Tabella 10</i> - Caratteristiche meteoclimatiche	93
<i>Tabella 11</i> – Rilevazione Temperature.....	93
<i>Tabella 12</i> – Scenari termofluidodinmici rappresentativi dell’analisi	98
Tabella 13 – Valori di soglia per la radiazione termica dovuti a pool fire	98
Tabella 14 – Valori di soglia (Lower Explosive Limit) per l’infiammabilità dovuta a flash fire	99
Tabella 15 – Valori di soglia (Level Of Concern) per la tossicità dovuta a flash fire.....	99
Tabella 16 – Danni indotti dal flusso termico (kW/m ²).....	101
Tabella 17 - Elenco aziende RIR	108
Tabella 18 – Analisi scenari incidentali aziende RIR	110
Tabella 19 - Anagrafica Beyfin S.p.a.	111
Tabella 20 - Sostanze pericolose presenti in Beyfin S.p.a.	112
Tabella 21 - Eventi caratterizzanti l'azienda Beyfin S.p.a.	112
Tabella 22 - Possibili scenari accidentali Beyfin S.p.a.....	113
Tabella 23 - Eventi accidentali Beyfin S.p.a.	113
Tabella 24 - Anagrafica Basf Italia S.p.a.....	115
Tabella 25 - Scenari incidentali Basf Italia S.p.a.	115
Tabella 26 - Anagrafica BASCHIERI & PELLAGRI	117
Tabella 27 - Principali sostanze detenute in BASCHIERI & PELLAGRI	118
Tabella 28 - Sintesi della valutazione delle conseguenze per lo scenario Top1, esplosione di un locale destinato all'attività di deposito in BASCHIERI & PELLAGRI	120
Tabella 29 - Sintesi della valutazione delle conseguenze per il top event: esplosione in locale destinato ad attività di lavorazione o manipolazione in BASCHIERI & PELLAGRI.....	121
Tabella 30 - Dati anagrafici BRENNTAG S.p.a.	122
Tabella 31 - Principali sostanze detenute in BRENNTAG S.p.a.....	123
Tabella 32 - Eventi incidentali identificati in BRENNTAG S.p.a.....	124
Tabella 33 - Dati anagrafici F.Ili RENZI LOGISTICA s.r.l.	126
Tabella 34 - Principali sostanze detenute in F.Ili RENZI LOGISTICA s.r.l.	126
Tabella 35 - Eventi incidentali identificati in F.Ili RENZI LOGISTICA s.r.l.....	127
Tabella 36 - Scenario più gravoso identificato in F.Ili RENZI LOGISTICA s.r.l.....	128
Tabella 37 - Anagrafica G.D. s.r.l. – Deposito e Distribuzione Merci.....	130
Tabella 38 - Sostanze pericolose identificate in G.D. s.r.l. – Deposito e Distribuzione Merci.....	130
Tabella 39 - Scenari incidentali identificati in G.D. s.r.l. – Deposito e Distribuzione Merci	130
Tabella 40 - Sostanze pericolose identificate in GOLDEN GAS S.p.a.	132
Tabella 41 - Scenari incidentali identificati in GOLDEN GAS S.p.a.....	132
Tabella 42 - Anagrafica L'EMILGAS s.r.l.	134
Tabella 43 - Sostanze pericolose identificate in L'EMILGAS s.r.l.	134
Tabella 44 - Scenari incidentali identificati in L'EMILGAS s.r.l.....	135

Tabella 45 - Top event identificato in L'EMILGAS s.r.l.....	135
Tabella 46 - Anagrafica LINDE GAS Italia S.r.l.	137
Tabella 47 - Principali sostanze identificate in LINDE GAS Italia S.r.l.	137
Tabella 48 - Scenari incidentali identificati in LINDE GAS Italia S.r.l.....	138
Tabella 49 - Anagrafica LIQUIGAS S.p.a.	139
Tabella 50 - Principali sostanze identificate in LIQUIGAS S.p.a.	139
Tabella 51 - Scenari incidentali identificati in LIQUIGAS S.p.a.	140
Tabella 52 - Anagrafica REAGENS S.p.a.	141
Tabella 53 - Sostanze pericolose identificate in REAGENS S.p.a.	141
Tabella 54 - Scenari incidentali identificati in REAGENS S.p.a.....	142
Tabella 55 – Valutazione della probabilità di impatto dell’aeromobile in funzione del tipo e della destinazione d’uso delle aree di impatto (T 12).....	150
Tabella 56 – Valutazione della probabilità di impatto dell’aeromobile in funzione del tipo e della destinazione d’uso delle aree di impatto (T 30).....	151
Tabella 57 – Caratteristiche degli aeromobili rappresentativi del traffico aeroportuale	152
Tabella 58 – Eventi Iniziatori (primari e secondari) dell’incidentalità aeroportuale (senza effetto domino)	160
Tabella 59 – Valori Indicatore di Rischio Totale e Tempo di Ritorno per impianti RIR.....	160
Tabella 60 – Distribuzione superfici in funzione della destinazione d’uso nell’area di studio (T 12).....	163
Tabella 61 – Distribuzione superfici in funzione della destinazione d’uso nell’area di studio (T 30).....	163
Tabella 62 – Pool Fire: definizione Aree di pericolosità (D5, F2, cemento, suolo – Testata T12)	164
Tabella 63 – Flash Fire: definizione Aree di pericolosità (D5, F2 – Testata T12).....	164
Tabella 64 – Flash Fire (Toxic Threat Zone): definizione Aree di pericolosità (D5, F2 – Testata T12).....	164
Tabella 65 – Pool Fire: definizione Aree di pericolosità (D5, F2, cemento, suolo – Testata T30)	164
Tabella 66 – Flash Fire: definizione Aree di pericolosità (D5, F2 – Testata T30).....	165
Tabella 67 – Flash Fire (Toxic Threat Zone): definizione Aree di pericolosità (D5, F2 – Testata T30).....	165
Tabella 68 – Rischio residenziale (derivante da Crash, Pool Fire, Flash Fire (e Toxic Threat Zone), T 12 ...	166
Tabella 69 – Rischio residenziale (derivante da Crash, Pool Fire, Flash Fire (e Toxic Threat Zone), T 30 ...	166
Tabella 70 – Rischio residenziale totale e relativo Tempo di Ritorno	166
Tabella 71 – Dati di traffico SS e SP nell’area di interesse (periodo: 03-09/2020) [Fonte: Istat e Osservatorio metropolitano dell’incidentalità stradale].....	167
Tabella 72 – Dati di traffico A13, Bollettino AISCAT IV trimestre 2019.....	167
Tabella 73 – Studio delle condizioni di traffico NSA 313 - Prosecuzione tangenziale di Bologna complanare sud alla A 14.....	168
Tabella 74 – Studio delle condizioni di traffico SP 18 tra Bargellino e Calderara di Reno (c/o Variante SP18)	168
Tabella 75 – Studio delle condizioni di traffico SS 9 tra Anzola dell'Emilia e Bologna	168
Tabella 76 – Studio delle condizioni di traffico Via Porrettana (ex SS 64).....	169
Tabella 77 – Studio delle condizioni di traffico SS 64 variante di Riola di Vergato	169
Tabella 78 – Studio delle condizioni di traffico A1 MI-BO	170
Tabella 79 – Studio delle condizioni di traffico A13 BO PD	170
Tabella 80 – Studio delle condizioni di traffico A14 BO AN.....	170
Tabella 81 – Studio delle condizioni di traffico A14 RA1.....	171
Tabella 82 – Parametri di traffico e incidentalità assunti per la NSA 313 – Prosecuzione tangenziale di Bologna compl. Sud A14.....	171
Tabella 83 – Materiale ADR: classificazione	171
Tabella 84 – Determinazione delle probabilità di accadimento di eventi coinvolgenti sostanze ADR (effetto domino)	172
Tabella 85 – Componenti dell’indicatore di rischio stradale per effetto del traffico aeroportuale.....	175

Tabella 86 – Parametri caratteristici delle linee ferroviarie che insistono nell’area di studio.....	176
Tabella 87 – Definizione delle probabilità di impatto meccanico sulla linea ferroviaria per traffico aeroportuale in testata T 12.....	177
Tabella 88 – Definizione delle probabilità di impatto meccanico sulla linea ferroviaria per traffico aeroportuale in testata T 30.....	178
Tabella 89 – Aree di impatto degli scenari di crash, pool fire e flash fire	179
Tabella 90 – Caratteristiche del materiale rotabile impiegato sulle tratte di interesse.....	179
Tabella 91 – Risultati dell’analisi di impatto (danno alle persone - numero di vittime potenziali) in funzione della pericolosità degli scenari e delle condizioni di esposizione	180
Tabella 92 – Contributi all’indicatore di rischio ferroviario per singolo scenario simulato (T 12)	180
Tabella 93 – Contributi all’indicatore di rischio ferroviario per singolo scenario simulato (T 30)	181
Tabella 94 – Valori dell’indicatore di rischio totale e del tempo medio di ritorno dovuto alle attività aeroportuali per la rete ferroviaria	181
Tabella 95 – Caratteristiche degli aeromobili.....	191
Tabella 96 – Rischio passeggeri per impatto meccanico dell’aeromobile	191
Tabella 97 - – Rischio visitatori e personale di terra per effetto domino	191
Tabella 98 – Flussi di passeggeri e visitatori in transito nell’aeroporto di Bologna (2019).....	191
Tabella 99 – Rischio individuale di morte per crash ed effetto domino	191
Tabella 100 – Rischio d’area per effetto del pool fire	196
Tabella 101 – Contributo al Rischio d’area del Flash fire	198
Tabella 102 – Eventi Iniziatori (primari e secondari) dell’incidentalità aeroportuale (senza effetto domino)	200
Tabella 103 – Valori Indicatore di Rischio Totale e Tempo di Ritorno per impianti RIR	200
Tabella 104 – Contributo all’indicatore di Rischio d’area per effetto di impianti RIR.....	200
Tabella 105 – Distribuzione superfici in funzione della destinazione d’uso nell’area di studio (T 12).....	201
Tabella 106 – Distribuzione superfici in funzione della destinazione d’uso nell’area di studio (T 30).....	201
Tabella 107 – Pool Fire: definizione Aree di pericolosità (D5, F2, cemento, suolo – Testata T12)	201
Tabella 108 – Flash Fire: definizione Aree di pericolosità (D5, F2 – Testata T12).....	201
Tabella 109 – Flash Fire (Toxic Threat Zone): definizione Aree di pericolosità (D5, F2 – Testata T12).....	202
Tabella 110 – Pool Fire: definizione Aree di pericolosità (D5, F2, cemento, suolo – Testata T30)	202
Tabella 111 – Flash Fire: definizione Aree di pericolosità (D5, F2 – Testata T30).....	202
Tabella 112 – Flash Fire (Toxic Threat Zone): definizione Aree di pericolosità (D5, F2 – Testata T30).....	202
Tabella 113 – Rischio residenziale (derivante da Crash, Pool Fire, Flash Fire (e Toxic Threat Zone), T 12 .	203
Tabella 114 – Rischio residenziale (derivante da Crash, Pool Fire, Flash Fire (e Toxic Threat Zone), T 30 .	203
Tabella 115 – Rischio residenziale totale e relativo Tempo di Ritorno	203
Tabella 116 – Materiale ADR: classificazione	203
Tabella 117 – Componenti dell’indicatore di rischio stradale per effetto del traffico aeroportuale.....	207
Tabella 118 – Parametri caratteristici delle linee ferroviarie che insistono nell’area di studio.....	207
Tabella 119 – Valori dell’indicatore di rischio totale e del tempo medio di ritorno dovuto alle attività aeroportuali con effetto sulla rete ferroviaria	210
Tabella 120 – Sintesi dei risultati della valutazione di rischio (per la sicurezza)	211
Tabella 121 – Caratteristiche dello sversamento considerato (rottura catastrofica dei serbatoi su un Boeing 777-200)	214
Tabella 122 – Portate emesse e tempi di emissione di monossido di carbonio (rottura catastrofica dei serbatoi di un Boeing 777-200)	214
Tabella 123 – Scenari simulati (rottura catastrofica dei serbatoi di un Boeing 777-200).....	215
Tabella 124 – Indicatore di Rischio residenziale totale – Toxic Threat Zone (flash fire)	220
Tabella 125 – Definizione tempi di ritorno Rischio residenziale totale – Toxic Threat Zone (flash fire) T12	220

<i>Tabella 126</i> – Definizione tempi di ritorno Rischio residenziale totale – Toxic Threat Zone (flash fire) T30	220
<i>Tabella 127</i> – Concentrazioni di carburante nel suolo (saturazione zona vadosa 30%)	225
<i>Tabella 128</i> – Profondità massime registrate in funzione della percentuale di saturazione della zona vadosa a 365 giorni.....	228
<i>Tabella 129</i> – Calcolo dei tempi di transito (Torrente Lavinio e Fiume Reno)	235
<i>Tabella 130</i> – Sintesi delle condizioni meteo-climatiche medie e massime registrate (con effetto della stagionalità).....	236
<i>Tabella 131</i> – Sintesi dei risultati della valutazione di impatto su flora e fauna.....	238
<i>Tabella 132</i> – Sintesi dei risultati della valutazione di impatto su paesaggio e beni culturali	243
<i>Tabella 133</i> – Classificazione bene architettonico, sistema Vincoli in rete MIBACT.....	246
<i>Tabella 134</i> – Classificazione bene architettonico, sistema Vincoli in rete MIBACT.....	246
<i>Tabella 135</i> – Classificazione bene architettonico, sistema Vincoli in rete MIBA.....	247
<i>Tabella 136</i> – Classificazione sismica del territorio di Bologna	247
<i>Tabella 137</i> – Definizione delle zone di pericolosità sismica.....	248
<i>Tabella 138</i> – Probabilità di crollo per impatto meccanico e per sismicità locale e tempi di ritorno corrispondenti.	249
<i>Tabella 139</i> – Sintesi dei risultati della valutazione di rischio RIR effetto domino	254
<i>Tabella 140</i> – Sintesi dei risultati della valutazione di rischio sulla rete stradale esposta.....	256
<i>Tabella 141</i> – Sintesi dei risultati della valutazione di rischio sulla rete ferroviaria esposta	257
<i>Tabella 142</i> – Sintesi dei risultati della valutazione di rischio sulle aree residenzial	258
<i>Tabella 143</i> – Effetti della dispersione in atmosfera di monossido di carbonio (CO) sulla salute umana ..	259
<i>Tabella 144</i> – Indicatore di Rischio residenziale totale – Toxic Threat Zone (flash fire)	260
<i>Tabella 145</i> – Definizione tempi di ritorno Rischio residenziale totale – Toxic Threat Zone (flash fire) T12	261
<i>Tabella 146</i> – Definizione tempi di ritorno Rischio residenziale totale – Toxic Threat Zone (flash fire) T30	261
<i>Tabella 147</i> – Probabilità d’impatto al suolo e tempi di ritorno	262
<i>Tabella 148</i> – Sintesi dei risultati della valutazione di impatto sul suolo in termini di probabilità, di tempo di ritorno e di verifica di compliance rispetto ai CSC (saturazione strato vadoso 30%).....	262
<i>Tabella 149</i> – Sintesi dei risultati della valutazione di impatto sulle acque superficiali	264
<i>Tabella 150</i> – Tempi minimo e massimo di intervento in funzione dei tempi di transito determinati su condizioni rappresentative.....	264
<i>Tabella 151</i> – Sintesi dei risultati della valutazione di impatto su flora e fauna.....	266
<i>Tabella 152</i> – Sintesi dei risultati della valutazione di impatto su paesaggio e beni culturali	267
<i>Tabella 153</i> – Sintesi dei risultati della valutazione di rischio (per la sicurezza)	268
<i>Tabella 154</i> – Sintesi dei risultati della valutazione di rischio ambientale (condizione più gravosa).....	269

Premessa allo studio

Il presente studio è redatto in ottemperanza alla prescrizione n° 5 del Provvedimento Direttoriale di non assoggettabilità a via n. 0000434.26-11-2018 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, relativo al Masterplan aeroportuale 2016-2030 il cui testo integrale è riportato nel seguito: *Il proponente dovrà presentare uno studio riferito agli **scenari probabilistici sul rischio di incidenti aerei**. Tale studio dovrà essere redatto da soggetto terzo pubblico con esperienza per la previsione del rischio degli incidenti aerei mediante modelli di calcolo. Lo studio dovrà **descrivere e quantificare i possibili rischi per la salute umana e per l'ambiente**, derivanti dalla vulnerabilità dell'attività aeroportuale a gravi incidenti, con stima dei danni materiali attesi nelle varie **Zone di rischio, nell'area ad alta tutela, nell'area interna e nell'area intermedia ed esterna**. Lo studio dovrà anche individuare **le misure, a carico del Proponente, per eliminare o ridurre il danno**, misure inclusive della delocalizzazione delle presistenze qualora emerga un **rischio per la perdita di vite umane superiore ad 1×10^{-4}** in base ai risultati degli scenari probabilistici.*

Nei riguardi dei contenuti della prescrizione sopra citata, e conseguenti attività svolte, preme evidenziare quanto segue.

Per quanto attiene la seguente richiesta:

*“Il proponente dovrà presentare uno studio riferito agli **scenari probabilistici sul rischio di incidenti aerei**”,*

come meglio specificato nel seguito, gli scenari probabilistici assunti a riferimento sono quelli rappresentati dalle curve isorischio definite in occasione del precedente “Studio per la valutazione del rischio individuale contro terzi” redatto ai sensi del Decreto Legislativo n° 96 del 9/5/2005 dall'Università La Sapienza su incarico di ENAC nel 2011

Per quanto attiene la seguente richiesta:

“Tale studio dovrà essere redatto da soggetto terzo pubblico con esperienza per la previsione del rischio degli incidenti aerei mediante modelli di calcolo”,

lo studio è stato condotto all'Università La Sapienza di Roma, Dipartimento di Ingegneria Chimica Materiali Ambiente che vanta specifiche e comprovate competenze tecniche in materia di valutazione del rischio.

Per quanto attiene la seguente richiesta:

*“Lo studio dovrà **descrivere e quantificare i possibili rischi per la salute umana e per l'ambiente**, derivanti dalla vulnerabilità dell'attività aeroportuale a gravi incidenti, con stima dei danni materiali attesi nelle varie **Zone di rischio, nell'area ad alta tutela, nell'area interna e nell'area intermedia ed esterna**”,*

nelle sezioni seguenti sono illustrate le stime dei danni attesi per le diverse matrici ambientali ed antropiche.

Per quanto attiene la seguente richiesta:

*“Lo studio dovrà anche individuare **le misure, a carico del Proponente, per eliminare o ridurre il***

danno, misure inclusive della delocalizzazione delle preesistenze qualora emerga un rischio per la perdita di vite umane superiore ad 1×10^{-4} in base ai risultati degli scenari probabilistici,

si evidenzia che il modello di valutazione, adottato per la stima dei rischi per la salute umana e per l'ambiente, implica necessariamente la quantificazione dei danni che vengono derivati a partire dalla caratterizzazione dell'esposizione di persone e beni materiali al flusso del pericolo e dalla definizione delle funzioni di letalità o danneggiamento (rispettivamente per la stima dei danni materiali attesi per la salute umana e per l'ambiente). I danni, compatibili con la vulnerabilità specifica definita per ciascuna delle **Zone di rischio** (*area ad alta tutela, area interna, area intermedia e area esterna*) e quindi differenziati per le suddette zone, sono utilizzati per la quantificazione del **rischio totale d'area** (valore atteso del danno) che cumula tutti i contributi singolarmente valutati per determinare l'indicatore di rischio specifico *per la perdita di vite umane*.

Tale indicatore, sintesi degli *scenari probabilistici di danno* in termini di valore atteso, consente, confrontato con il valore soglia (**1×10^{-4}**), di operare la verifica di accettabilità.

Quindi, con riferimento alle **misure, a carico del Proponente, per eliminare o ridurre il danno, misure inclusive della delocalizzazione delle preesistenze qualora emerga un rischio per la perdita di vite umane superiore ad 1×10^{-4} in base ai risultati degli scenari probabilistici**, tali misure saranno individuate **qualora l'indicatore di rischio per la perdita di vite umane** risultasse superiore a 1×10^{-4} .

In caso contrario, **qualora cioè l'indicatore di rischio per la perdita di vite umane** risultasse inferiore a 1×10^{-4} , non sono richieste misure di riduzione o eliminazione del rischio a carico del Proponente. In tali casi, tuttavia, si ritiene comunque utile condividere gli esiti dello studio con le Amministrazioni territoriali preposte alla gestione di eventuali emergenze, finalizzata all'integrazione nei Piani di Emergenza Esterni (PEE) di procedure specifiche individuate e condivise da tutti i Soggetti a vario titolo coinvolti.

Concordati, quindi, gli eventi incidentali "rappresentativi"¹ per la valutazione dei rischi, in risposta alla richiesta, si ritiene di adottare un modello di analisi di rischio quantitativo probabilizzato (combinando tecniche di analisi Event Tree, di esposizione e di vulnerabilità) che consentirà di quantificare gli indicatori di Rischio Totale (Valore Atteso del Danno) e di Rischio Individuale (probabilità di morte annua per il singolo esposto) per i pericoli derivati dall'evoluzione degli eventi incidentali e dall'impatto atteso sull'area interessata (**Zone di rischio: area ad alta tutela, area interna e area intermedia ed esterna**).

Al fine di strutturare un modello di analisi coerente con le premesse, le conseguenze di un incidente aereo, in termini di evoluzione degli scenari di pericolo, possono essere distinte in:

- impatto meccanico diretto dell'aeromobile nell'area di impatto;
- effetto diretto di irraggiamento termico a seguito di rilascio di carburante e innesco di incendi conseguenti (pool fire e flash fire);
- effetto indiretto (domino) di irraggiamento termico indotto dall'eventuale interessamento di un insediamento industriale (incidente rilevante) che si trovi nell'area di impatto.

I primi due scenari evolutivi di pericolo comportano ulteriori specificazioni derivanti dall'ipotesi che si verifichi sversamento di carburante che, in termini di pericolosità può indurre:

- innesco con conseguente incendio di pozza (compatibile con l'evoluzione in pool fire);

¹ in senso algebrico

- innesco ritardato dei vapori (compatibile con l'evoluzione in flash fire) a seguito di evaporazione del jet fuel:
- rilascio, evaporazione e percolazione del carburante sversato (compatibile con l'evoluzione in "inquinamento" delle matrici ambientali).

Nell'ipotesi che tali scenari trovino realizzazione e stimata la probabilità di accadimento degli stessi, l'impatto atteso sarà valutato sulla base dell'individuazione, specifica e riferibile a ciascuno scenario, delle condizioni di impatto (territoriale) sulle componenti (matrici) rilevanti che attengono al contesto naturale, paesistico ed antropico:

- Aria
- Acque superficiali
- Suolo (compresi flora e fauna), sottosuolo e acque sotterranee
- Insediamenti antropici (industriali, infrastrutturali, civili)

In particolare, in risposta alla richiesta sintetizzata all'articolo 1, comma 5 della già citata Determina, l'obiettivo ultimo della definizione della pericolosità indotta e delle relative matrici ambientali interessate consiste nella stima dei danni materiali attesi nelle **zone di rischio**, nell'**area ad alta tutela**, nell'**area interna** e nell'**area intermedia ed esterna**.

La quantificazione della probabilità di accadimento degli scenari di pericolo e del danno conseguente (alle persone), mediante analisi dell'evoluzione del flusso del pericolo a partire dall'Evento Iniziatore fino alla definizione della pericolosità caratteristica degli scenari conseguenza, dell'esposizione e della vulnerabilità specifica (propensione al danno) che inducono l'effetto (danno), consente di stimare l'indicatore di **Rischio Totale** (valore atteso del danno) e gli Indicatori derivati di **Rischio Individuale** e di **Rischio Sociale** e quindi, con riferimento al Rischio Totale per la perdita di vite umane, di verificare l'accettabilità rispetto alla soglia indicata ($1,00E-04$). Inoltre, al fine di quantificare il Rischio ambientale, è necessario definire il danno indotto sulle matrici naturali e paesistiche.

Come già specificato, le misure che si renderanno necessarie, qualora la verifica restituisca un esito di non conformità, saranno indicate, di concerto con la Parte Committente.

Si ottempera, quindi, alle prescrizioni indicate nella nota prima richiamata, attraverso l'elaborazione di questo documento rispondente alla richiesta di *descrivere e quantificare i possibili rischi per la salute umana e per l'ambiente, derivanti dalla vulnerabilità dell'attività aeroportuale a gravi incidenti, con stima dei danni materiali attesi nelle varie Zone di rischio, nell'area ad alta tutela, nell'area interna e nell'area intermedia ed esterna. Lo studio dovrà anche individuare le misure, a carico del Proponente, per eliminare o ridurre il danno, misure inclusive della delocalizzazione delle presistenze qualora emerga un rischio per la perdita di vite umane superiore ad 1×10^{-4} in base ai risultati degli scenari probabilistici.*

Questo studio è stato sviluppato a partire dalle risultanze dello *Studio per la valutazione del rischio individuale contro terzi*, effettuato dal Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile Ed Ambientale dell'Università di Roma Sapienza, a firma dei proff. Paola Di Mascio e Giuseppe Loprencipe e rilasciato dall'ENAC in data aprile 2012, in cui vengono individuate le **curve isorischio** risultanti dall'analisi dell'incidentalità riferibile all'aeroporto e proiettata al 2023 per la valutazione del rischio locale personale (**RLP**) per effetto di impatto meccanico di un aeromobile nelle fasi di decollo ed atterraggio.

Di seguito si riportano le conclusioni di tale analisi prodromica e funzionale a tutte le successive valutazioni, dettagliata per le due testate e rappresentata nella figura seguente:

In testata 12: un lungo tratto della ferrovia, la zona artigianale Commenda e la località Bargellino, comprese le strade locali e provinciali che le percorrono, ricadono nell'area *intermedia* compresa fra le curve di isorischio 10^{-6} e 10^{-5} . Una parte della località Bargellino si trova anche nell'area *interna* compresa fra le curve di isorischio 10^{-5} . **La zona ad alta tutela** delimitata dalla curva di isorischio 10^{-4} presenta un'area di estensione limitata oltre la recinzione del sedime aeroportuale

In testata 30: un lungo tratto dell'autostrada Adriatica A14 ricade nell'area *intermedia* compresa fra le curve di isorischio 10^{-6} e 10^{-5} e un breve tratto è compreso nell'area *interna* definita fra le curve di isorischio 10^{-5} e 10^{-4} . Ricadono ancora nell'area *intermedia* alcune zone della periferia settentrionale di Bologna comprese fra la A14 e Via Marco Polo. **La zona ad alta tutela** delimitata dalla curva di isorischio 10^{-4} presenta un'area di estensione limitata oltre la recinzione del sedime aeroportuale



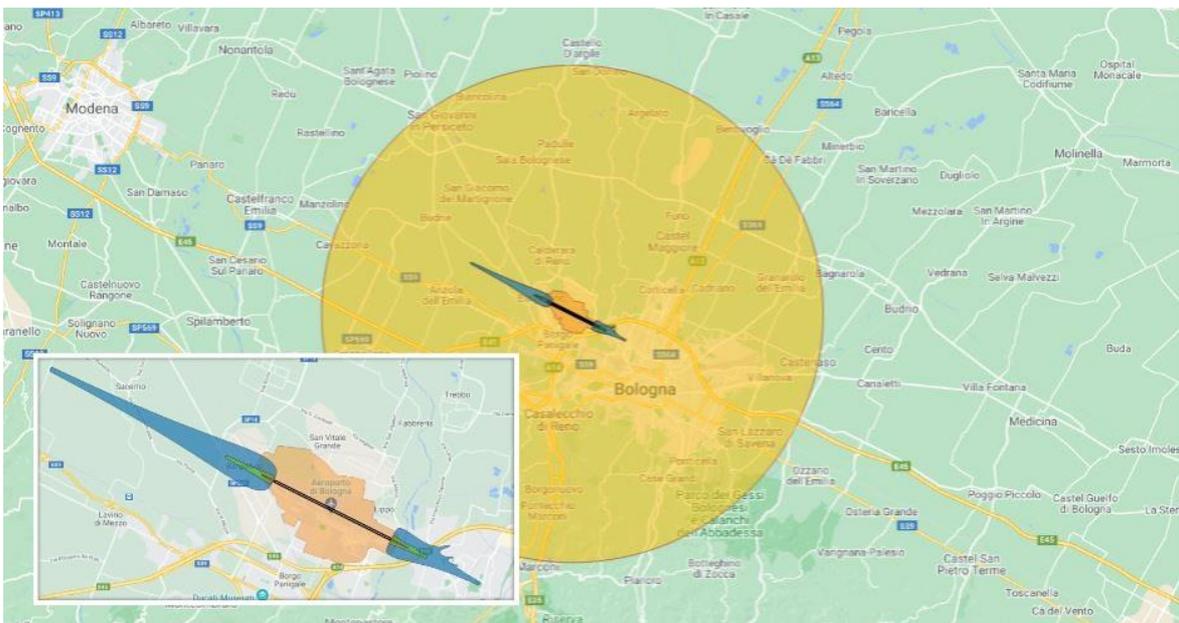
Rappresentazione curve isorischio risultanti dall'analisi dell'incidentalità [fonte: Studio per la valutazione del rischio individuale contro terzi, aprile 2012]

Si evince, quindi, in coerenza con tali conclusioni, che lungo l'asse della pista e con estensione longitudinale e trasversale delle rispettive aree di danno potenziale definite, sono state individuate le PSZ in accordo con la "POLICY DI ATTUAZIONE DELL'ART. 715 DEL CODICE DELLA NAVIGAZIONE. DEFINIZIONE DELLA METODOLOGIA E DELLA POLICY DI ATTUAZIONE DEL RISK ASSESSMENT", Ed. 1 del 12 gennaio 2010, emanata dalla Direzione Centrale Regolazione Aeroporti dell'ENAC, che definisce in funzione delle aree ricomprese all'interno delle curve "isorischio":

- ad **alta tutela**: quella ricadente all'interno della curva isorischio caratterizzata dal valore limite inferiore pari a **1,00E-04**
- **interna**: quella ricadente tra la curva isorischio caratterizzata dal valore di **1,00E-05** e quella isorischio caratterizzata dal valore di **1,00E-04**
- **intermedia**: quella ricadente tra la curva isorischio **1,00E-06** e la curva isorischio **1,00E-05**
- **esterna**: quella ricadente al di fuori della curva isorischio individuata dal limite superiore curva isorischio pari a **1,00E-06**

le misure di tutela da applicare nelle aree a salvaguardia di persone e beni naturali ed antropici potenzialmente esposti.

Pertanto, in corrispondenza di queste aree, secondo le indicazioni previste, in un raggio di potenziale impatto² compatibile con l'evoluzione degli scenari incidentali attesi, definito in base all'andamento della probabilità di accadimento degli Eventi Iniziatori indotti dall'incidentalità aeroportuale, è stata individuata un'area di interesse, rappresentativa delle Zone di rischio (area ad alta tutela, area intermedia, area interna e area esterna), caratterizzata da elementi naturali e paesaggistici, infrastrutture, risorse idriche, aziende a rischio d'incidente rilevante (per queste ultime, in particolare, analizzando i piani di emergenza esterni per poter simulare l'effetto domino che si avrebbe se si realizzasse uno scenario di pericolosità che interessa l'area dell'azienda RIR), attività vulnerabili (scuole, ospedali), zone residenziali. La valutazione dei danni potenziali, eseguita allo scopo di verificare il criterio di accettabilità (*perdita di vite umane superiore ad 1×10^{-4}*) riferito al Rischio Residuo, calcolato al netto dell'effetto di tutte le misure di prevenzione e protezione attualmente già messe in campo per la gestione degli eventi incidentali, è preliminarmente circoscritta all'area individuata, per sintesi, con un raggio opportuno (pari a 20 km) e centro sulla superficie del sedime aeroportuale (cfr. figura seguente). Si anticipano qualitativamente, infatti, i risultati dell'analisi operata che non ha evidenziato condizioni critiche, e quindi soggette a verifica, al di fuori dell'area riportata in figura che si ritiene rappresentativa ai fini e per gli scopi dell'analisi e restituisce risultati ampiamente rientranti nei limiti di accettabilità indicati.



Rappresentazione dell'area potenziale di impatto (area di interesse) indagata nello studio

Si sottolinea che l'opportunità di circoscrivere lo studio all'area di interesse è dettata dall'andamento della probabilità attribuita, nello studio precedente (*Studio per la valutazione del rischio individuale contro terzi*), all'incidentalità derivante dal traffico aeroportuale con la conseguente definizione delle Zone di Rischio. L'eshaustività dell'analisi, infatti, implica il rispetto del criterio di rappresentatività al quale si ottempera considerato che l'additività dei contributi al rischio totale consente di definire "trascurabili" quei rischi che non incidono in modo significativo (essendo di diversi ordini di grandezza inferiori al valore cumulato) sul valore (aggregato) risultante poiché caratterizzati da una probabilità di accadimento dell'Evento Iniziatore inferiore di alcuni ordini di grandezza (almeno quattro) alla probabilità minima assunta nello studio (pari a $1,00E-06$ e derivata dalle curve isorischio, definite nello

² che definisce un'area potenziale di impatto, di seguito indicata come area di interesse

studio precedente, al netto dell'effetto di distruzione della superficie media colpita dall'impatto) e da danni comparabili agli scenari probabilistici considerati ai fini dell'analisi.

Nelle seguente analisi dei rischi specifici si farà, quindi, riferimento ai richiamati elementi naturali e paesaggistici, alle infrastrutture di servizi, alle risorse idriche, alle aziende a rischio d'incidente rilevante, alle attività vulnerabili (scuole, ospedali) e alle zone residenziali, presenti nell'area di interesse così circoscritta.

Per quantificare la pericolosità degli Eventi Iniziatori associabili alle condizioni di traffico aeroportuale, sono state considerate le peculiarità degli aeromobili in funzione delle famiglie di velivoli (Airbus, Boeing, Canadair, ecc.) che utilizzano l'infrastruttura traguardando l'analisi, a scopo di validità e rappresentatività, al 2030.

Attraverso la caratterizzazione di detti velivoli e mediante l'utilizzo del simulatore Aloha CAMEO® software³ è stato possibile simulare gli scenari di pericolosità e la loro evoluzione secondo le ipotesi di sviluppo di **flash fire** o **pool fire**, compatibili con le sostanze coinvolte nell'incidente.

Per ottenere risultati significativi e rappresentativi sono stati considerati gli aspetti meteorologici che possono influenzare gli scenari di evoluzione del flusso del pericolo, attraverso l'utilizzo del database⁴ di ARPAE e considerando i fattori riguardanti la temperatura, l'umidità e la direzione prevalente dei venti.

Secondo l'orizzonte temporale di riferimento considerato (ultimo anno solare completo - 2019) e la suscettibilità dei cambiamenti dovuti alla stagionalità, sono stati considerati quattro archi temporali riferiti alle quattro stagioni.

L'elaborato è articolato in capitoli che dettagliano le analisi condotte ai fini della caratterizzazione delle condizioni al contorno, nello specifico:

- caratterizzazione territoriale;
- caratterizzazione aziende con rischio rilevante;
- *valutazione dei possibili rischi (quindi delle probabilità di accadimento degli scenari e dei danni conseguenti) per la salute umana e per l'ambiente per effetto di un incidente aereo.*

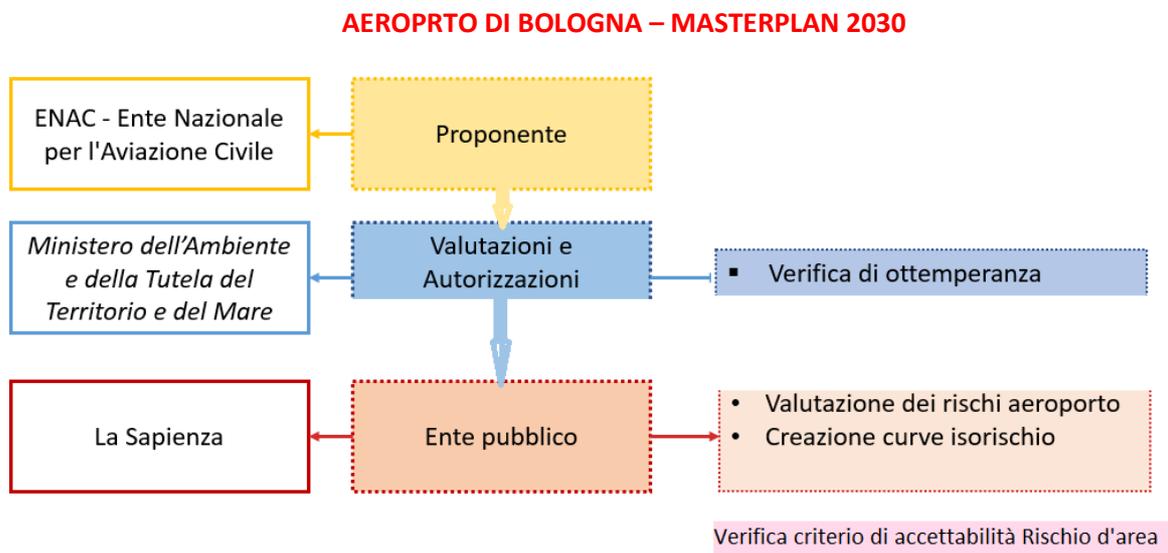
E' stato possibile garantire la coerenza dei dati adottati e dedotti avvalendosi di documenti certificati e disponibili quali, ad esempio, i Piani di Emergenza Esterni elaborati dalla Prefettura di Bologna (Comuni interessati: Bologna e Calderara di Reno), la Carta unica del territorio – Schede dei Vincoli, il Piano strutturale comunale, i dati meteorologici forniti da ARPAE, i Decreti legislativi del settore.

³ Hazard modeling program for the CAMEO® software suite: <https://www.epa.gov/cameo/what-cameo-software-suite>

⁴ dati rilevati al 2019

Struttura e articolazione dello studio

Per una comprensione più agevole, il presente elaborato è stato strutturato in continuità con l'iter già realizzato e rappresentato in figura (cfr. flow-chart 1).



Flow-chart 1 - Iter delle procedure, identificazione dei soggetti coinvolti

Attraverso le rappresentazioni dei flow-chart 1 e 2 è possibile identificare i soggetti che hanno preso parte alle attività realizzate e contestualmente evidenziare gli obiettivi prefissati con le relative esemplificazioni.

Lo studio condotto dal Gruppo di lavoro (GdL Sapienza, cfr. flow-chart 2) è stato sviluppato seguendo il flusso logico delle informazioni e delle analisi necessari a rispondere alla richiesta riportata nella Determina (art. 1, comma 5), prevedendo cinque ambiti di analisi logicamente interconnessi:

- **caratterizzazione delle aree di impatto (definizione delle caratteristiche del territorio: grado di antropizzazione, destinazione d'uso, obiettivi rilevanti);**
- **definizione del modello di analisi quantitativo probabilizzato (Event Tree) per individuare e quantificare gli scenari probabilistici (scenari di fine ramo) oggetto dello studio;**
- **valutazione dei danni potenziali alle persone esposte (perdita di vite umane e effetti sulla salute), definite le funzioni di letalità;**
- **valutazione dei danni potenziali all'ambiente (contaminazione delle matrici ambientali e danni al patrimonio storico, artistico, culturale e paesaggistico), definiti le funzioni e i meccanismi di danneggiamento;**
- **stima dei rischi (rischio di perdita di vite umane e di danno ambientale) e verifica di ottemperanza alla prescrizione sul rischio di perdita di vite umane.**

Ciò nel dettaglio ha previsto che:

il capitolo 1 sia introduttivo alla caratterizzazione territoriale necessaria alla stima del danno conseguente l'incidentalità compatibile con il traffico aeroportuale;

il capitolo 2 descriva nel dettaglio la valutazione degli scenari di pericolo per la sicurezza e la salute e per il territorio (ambiente e beni) per effetto di un incidente aereo;

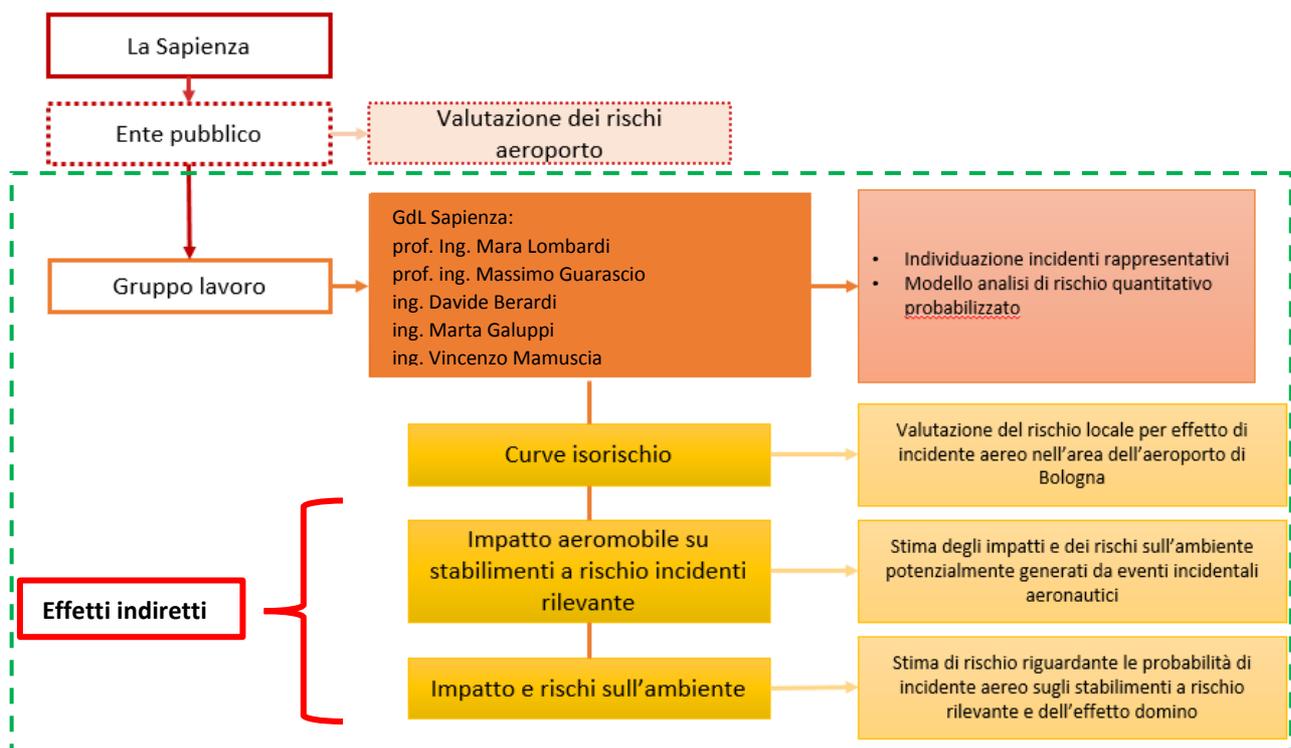
il capitolo 3 presenti la caratterizzazione di impianti produttivi a rischio di incidente rilevante (RIR) insistenti sul territorio per la valutazione dell'effetto domino;

il capitolo 4 riporti la valutazione del rischio d'area con la quantificazione della probabilità degli scenari di pericolo e dei danni alle persone (perdita di vite umane), all'ambiente e ai beni esposti;

il capitolo 5 descriva in modo analitico i risultati delle elaborazioni e delle modellazioni specifiche per ogni singolo contesto;

il capitolo 6 dettagli le conclusioni dello studio con riferimento agli aspetti singolarmente analizzati e proponga, in chiusura, delle conclusioni sintetiche in risposta a quanto richiesto dalla Determina.

Per gli obiettivi specifici di verifica della **compliance** (accettabilità e sostenibilità) del sistema aeroportuale con il territorio nel quale è inserito, si considerano gli effetti immediati (diretti) e domino (indiretti) analizzando i possibili impatti generati da incidenti aerei sulla stessa superficie aeroportuale e nelle **Zone di Rischio** (area ad alta tutela, area intermedia, area interna e area esterna) individuate dallo studio di impatto con l'attribuzione delle probabilità di accadimento stimate, considerando gli elementi antropici, ambientali e paesaggistici coinvolti direttamente o indirettamente (esposizione) e stimando gli effetti potenzialmente generati sulle diverse componenti ambientali per evoluzione del flusso del pericolo indotto.

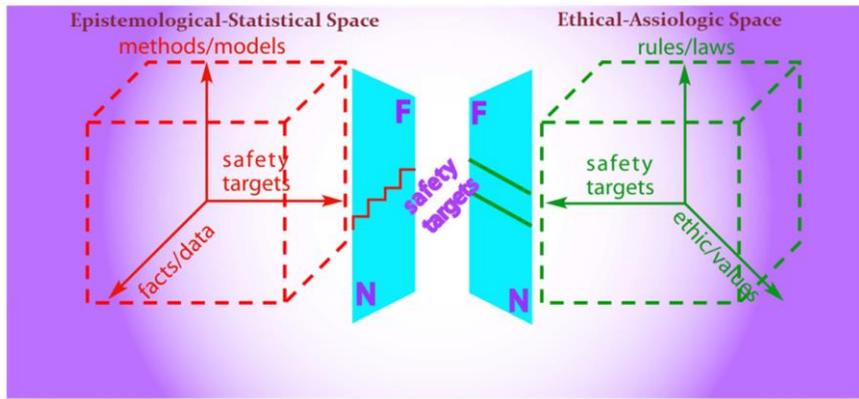


Flow-chart 2 - Competenza Ente pubblico e Gruppo lavoro

L'elaborato intende ottemperare alle richieste secondo l'iter procedurale illustrato.

Modello di analisi quantitativo probabilizzato

Il modello di analisi che sarà utilizzato per ottemperare alle verifiche richieste è sinteticamente rappresentato nelle figure 1-3:



- a - Safety Targets Definition (governmental acts)
- b - Best Design according Rules and Safety Targets

Figura 1 – Iperspazio cindinico

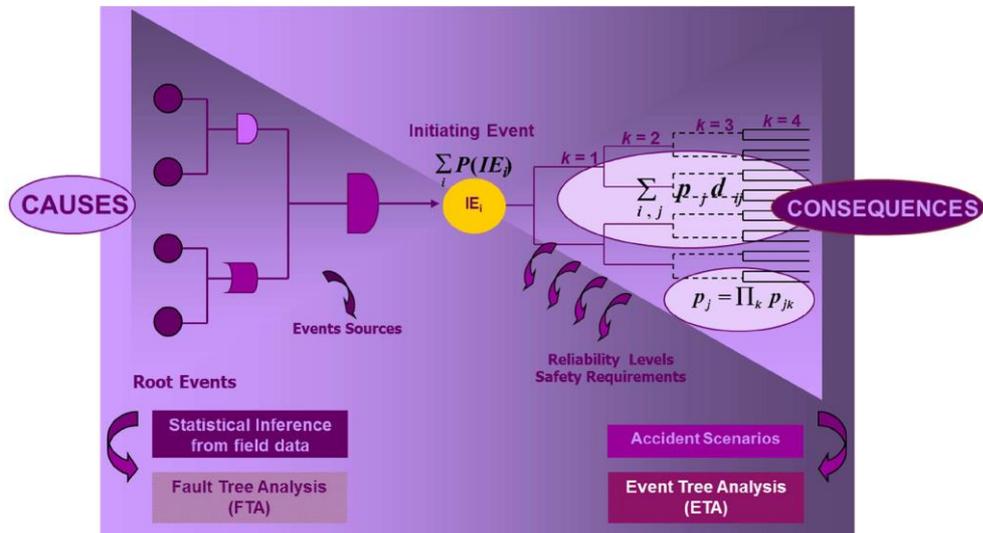


Figura 2 – Bow-Tie Model

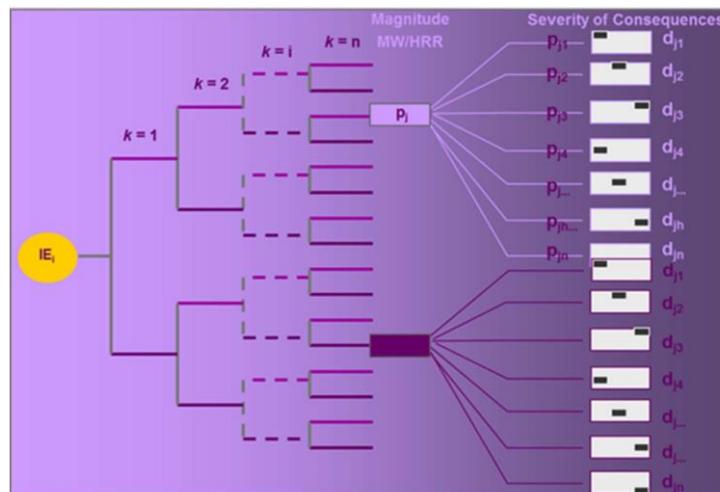


Figura 3 – Event Tree Analysis (ETA)

L'approccio è coerente con il modello cindinico⁵ di valutazione del rischio (cfr. figura 1) che evidenzia la relazione esistente tra lo spazio etico-assiologico in cui la normativa, supportata da criteri di scelta etici, determina gli obiettivi di sicurezza, e lo spazio epistemico-statistico in cui l'elaborazione dei dati storico-statistici, attraverso metodi e modelli analitici, consente la quantificazione degli indicatori di rischio. L'interfaccia tra i due spazi è costituita dal piano teleologico, un piano di verifica della *compliance* dove l'Indicatore di Rischio Individuale o Sociale (sintesi delle condizioni di sicurezza verificate nello spazio epistemico-statistico), confrontato con i livelli di accettabilità (espressione dello spazio etico-assiologico), sancisce il perseguimento degli obiettivi di sicurezza comuni a tutti gli attori coinvolti.

L'analisi di rischio, attraverso la ricostruzione logico-sequenziale di un flusso strutturato di eventi, consente di visualizzare l'evoluzione del pericolo a partire dagli Eventi Costituenti (cause), che preannunciano l'Evento Inziatore (EI), fino agli Scenari di Danno (cfr. figura 2).

Gli eventi critici iniziatori, dunque, sono determinati da pre-condizioni (**cause radice**) e possono evolvere a seconda delle condizioni al contorno (**concause**) e dell'eventuale presenza ed efficacia di sistemi di protezione, mitigazione e facilitazione (in sintesi, **modulatori** del flusso del pericolo), a scenari di fine emergenza caratterizzati da diversi livelli di pericolosità da cui dipende la gravità delle conseguenze (**effetti**) attese in funzione dell'esposizione e della vulnerabilità dei beni esposti.

Tale rappresentazione logico-strutturata della sequenza di eventi viene illustrata graficamente considerando l'evento critico iniziatore come punto nodale tra le cause e le conseguenze.

In particolare, l'Event Tree Analysis (ETA), applicata al caso di studio per il quale le assunzioni delle probabilità degli Eventi Iniziatori costituiscono il risultato dello studio condotto da Sapienza e ENAC, consente di individuare tutti i percorsi alternativi che conducono a scenari di pericolosità distinti e disgiunti.

L'analisi delle conseguenze (vulnerabilità ed esposizione) quantifica il **danno** (in termini di numero di vittime – perdita di vite umane –, nel caso della definizione dell'Indicatore Rischio Individuale e di danno ai beni esposti nel caso di Valutazione del Rischio Ambientale), correlando ogni singolo scenario di pericolo con le condizioni di lesività (funzione di lesività) per gli esposti (o di vulnerabilità – funzione di contaminazione delle matrici ambientali e di distruzione dei beni esposti) ed effettuando simulazioni di scenario (ad esempio, simulazioni Monte Carlo sulla variabile aleatoria che definisce le condizioni di esposizione al flusso del pericolo), fissati i parametri rappresentativi.

La sintesi del modello proposto è rappresentata da indicatori quantitativi di rischio che, per ottemperare alla richiesta, nel caso del rischio alle persone, saranno stimati a partire dal **Valore Atteso del Danno (Rischio Totale)**, considerato il livello di esposizione dell'area coinvolta come fattore di normalizzazione applicato a tale valore per quantificare il **Rischio Individuale** (probabilità di morte del soggetto esposto, riferita all'esposizione annua). Il **Valore Atteso del Danno** sarà confrontato con il **valore di soglia** indicato come valore limite di accettabilità del **rischio residuo** pari a 1×10^{-4} .

Nel caso, invece, del **Rischio Ambientale**, gli indicatori di rischio vengono definiti sulla base della verifica delle condizioni di vulnerabilità locale rispetto a criteri di accettabilità definiti in funzione delle matrici ambientali coinvolte (ad esempio, nel caso di contaminazione delle acque sotterranee, la stima della concentrazione di inquinante nel sottosuolo, per effetto di uno sversamento accidentale di

⁵ Attualmente adottato nella ISO 45001-2018 sui Sistemi di gestione sulla salute e sicurezza sul lavoro

carburante, viene comparata con la **Concentrazione Soglia di Contaminazione** per verificare il criterio di accettabilità del rischio residuo).

1. Caratterizzazione territoriale

L'aeroporto di Bologna-Borgo Panigale, situato a 10 km di distanza dal centro cittadino di Bologna, è il principale scalo della regione Emilia-Romagna, nonché uno dei principali aeroporti in Italia in costante crescita grazie alla sua posizione geografica strategica rafforzata dalla presenza delle linee di alta velocità ferroviaria.

I dati statistici indicano che questo aeroporto, con la presenza di più di 9 milioni di passeggeri⁶, risulta essere il settimo aeroporto italiano maggiormente trafficato.

Esteso su un sedime di 2 450 000 m² ed è dotato di una pista di 2803 m la cui larghezza è di 45 m e con orientamento 12/30.

Sono presenti 34 stand per aerei passeggeri suddivisi in 3 Apron (tra cui 5 per aerei cargo, 3 per aerei wide-body e 5 per elicotteri). L'Apron 4 è formato da 5 stand General Aviation per i voli privati.

La pista è orientata a 115° (o a 295°, a seconda della direzione di utilizzo). Generalmente, per gli atterraggi, viene utilizzata la pista 12. Durante le procedure di avvicinamento ILS gli aerei effettuano l'atterraggio con una prua orientata a 115° ed una frequenza NAV di 108,90. Nelle giornate in cui il vento spira da W – NW gli aerei in decollo e atterraggio usano la pista 30.

Grazie alla sua posizione geografica il nodo autostradale bolognese è uno dei più importanti del Paese. L'aeroporto di Bologna è raggiungibile da più direzioni:

-  A1, da Milano uscita Bologna Borgo Panigale; da Firenze uscita Bologna Casalecchio.
-  A13, da Padova uscita Bologna Arcoveggio.
-  A14 da Ancona uscita Bologna San Lazzaro.
-  Tangenziale di Bologna (in entrambi i sensi di marcia), uscite 4 e 4 bis.



⁶ (dato disponibile riferito al 2009)

Attraverso la stazione ferroviaria e le linee degli autobus cittadini, è possibile raggiungere l'aeroporto anche dal centro città di Bologna.



Figura 5 - Trasporto pubblico a servizio dell'aeroporto

Data la prossimità dell'aeroporto al centro cittadino, ad aree urbanizzate e industriali, ad infrastrutture a servizio dello stesso aeroporto, è necessario caratterizzare il territorio circostante per le valutazioni riguardanti il Rischio d'area.

Infatti, le conseguenze di un incidente aereo, nelle fasi di decollo e atterraggio, possono essere distinte in:

- **impatto meccanico diretto** dell'aeromobile in un punto, così come indicato dalle curve isorischio precedentemente stimante;
- effetto di **irraggiamento** termico a seguito di rilascio di carburante con innesco e incendio conseguenti (scenari di pool e flash fire);
- **effetto indiretto** (domino) per impatto diretto o irraggiamento nelle aree con presenza di impianti a rischio di incidente rilevante (RIR); l'incidente può, ad esempio, evolvere con conseguenze fatali per irraggiamento a seguito di incendio delle sostanze processate nell'impianto oppure per intossicazione dovuta a dispersione delle stesse.

1.1. Aspetti generali

In questa sezione sono sintetizzati il censimento e la caratterizzazione di attività d'interesse strategico (ospedali, scuole, poli d'interesse specifico) e delle opere infrastrutturali (strade, autostrade, ferrovie, linee di distribuzione di energia elettrica e simili).

Inoltre, viene caratterizzata l'idrografia superficiale per la valutazione degli effetti sulle acque superficiali e fornite indicazioni sulle aree potenzialmente soggette a rischio di incendio boschivo.

Sono oggetto di considerazione anche i beni di interesse culturale e paesaggistico, le aree protette e le aree naturali di interesse locale.

L'areale di studio comprende l'area circostante il sedime aeroportuale ed è riportata nella figura sottostante.



Figura 6 – Sedime aeroportuale

Gli scenari incidentali diretti sono quelli identificabili strettamente per caduta dell'aeromobile, con conseguente impatto al suolo, e effetti derivati per la popolazione e per l'ambiente in funzione dell'evoluzione dello scenario di impatto.

Per questo tipo di incidente sono state considerate le famiglie di aeromobili appartenenti alle categorie Airbus e i Boeing, con l'aggiunta del Canadair Regional Jet 1000, considerato rappresentativo della classe di velivoli residuale.

Gli effetti dovuti all'impatto sono legati al "crash", azione di impatto meccanico diretto o agli eventi associati ad un eventuale sversamento di jet fuel a causa della rottura di uno o più serbatoi, che costituisce la condizione prodromica al verificarsi di un evento evoluto a pericolosità stimata.

In questo caso, il termine sorgente degli eventi incidentali è definito una volta determinata la quantità di jet fuel coinvolta e la modalità di rottura dei serbatoi di carburante.

Sono considerati diversi scenari di rilascio, ognuno dei quali interessa una quantità di combustibile determinata dall'ipotesi di rottura di uno o più serbatoi. Tale ipotesi individuerà le famiglie di scenari rappresentative per la stima del rischio d'area.

1.2. Censimento e caratterizzazione di attività di interesse strategico: ospedali, scuole

Dall'analisi dei documenti di seguito elencati:

- **Carta unica del territorio** – Schede dei Vincoli;
- **Piano strutturale comunale** – Quadro conoscitivo;
- **Piano Urbanistico Generale BO**_Approfondimenti conoscitivi.

si è provveduto a censire le attività di interesse strategico (ospedali, scuole, poli di attività didattica, istituti religiosi e centri di aggregazione) che ricadono nell'area di raggio congruo individuata allo scopo di prevenire e proteggere gli obiettivi sensibili fin qui citati.

La trattazione sistematica dei contenuti dei documenti elencati fornisce uno strumento preliminare di conoscenza utile alla definizione della vulnerabilità del territorio (limitatamente all'area interessata) e di informazione per agevolare la lettura dell'elaborato.

1.3. Carta unica del territorio – Scheda dei Vincoli

La Carta unica è redatta ai sensi dell'articolo 19 della Lr 20/2000 quando la pianificazione urbanistica comunale (PSC, POC, RUE) recepisce e coordina integralmente le prescrizioni relative alla regolazione dell'uso del suolo e delle sue risorse nonché i vincoli territoriali, paesaggistici ed ambientali che derivano dai piani sovraordinati, da singoli provvedimenti amministrativi ovvero da previsioni legislative.

Le tutele sono volte alla salvaguardia delle **risorse naturali, paesaggistiche e storiche** dell'intero territorio comunale e riguardano:

- **risorse idriche e assetto idrogeologico;**
- **elementi naturali e paesaggistici;**
- **testimonianze storiche e archeologiche.**

Sono riportati inoltre:

- il perimetro del territorio urbanizzato valido alla data di entrata in salvaguardia sia del Piano territoriale paesistico regionale (29 giugno 1989) che del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP, 11 febbraio 2003), significativo per l'applicazione di talune norme sulle tutele;
- il perimetro del territorio urbanizzato del PSC, costituito dal perimetro esterno dell'inviluppo degli Ambiti del Territorio urbano strutturato e da strutturare con esclusione degli Ambiti per i nuovi insediamenti;
- il perimetro del centro abitato, valido ai soli fini dell'applicazione del Codice della strada, delimitato ai sensi dell'art. 4 del Dlgs 285/1992 e s.m.i.;
- i perimetri dei poli funzionali, distinguendo quelli conseguenti alla sottoscrizione di Accordi territoriali ai sensi dell'art. 15 della Lr 20/2000 e quelli individuati dal PTCP;
- il perimetro degli Ambiti specializzati per attività produttive di rilievo sovracomunale indicato dal PTCP.

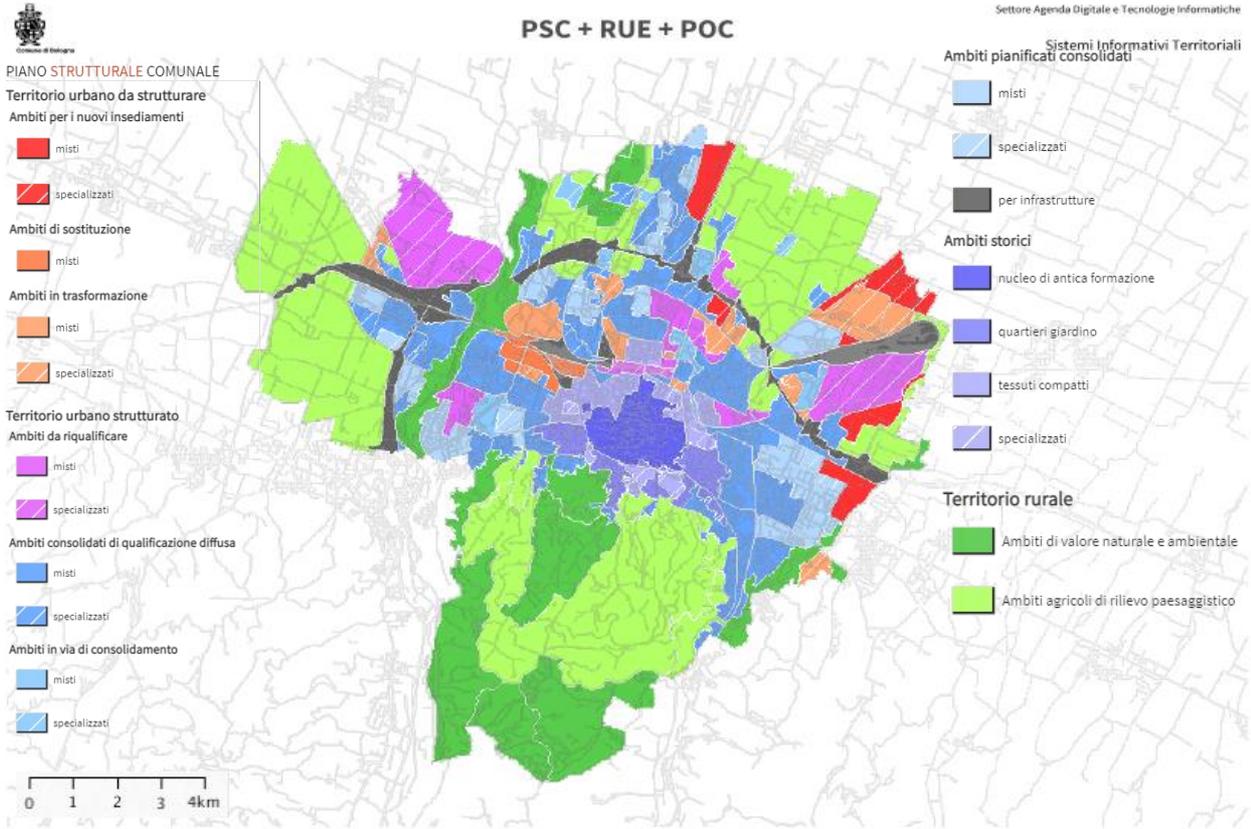


Figura 7 – Classificazione del territorio [fonte: <http://sitmappe.comune.bologna.it/pucviewer/#!/app/map/default>]

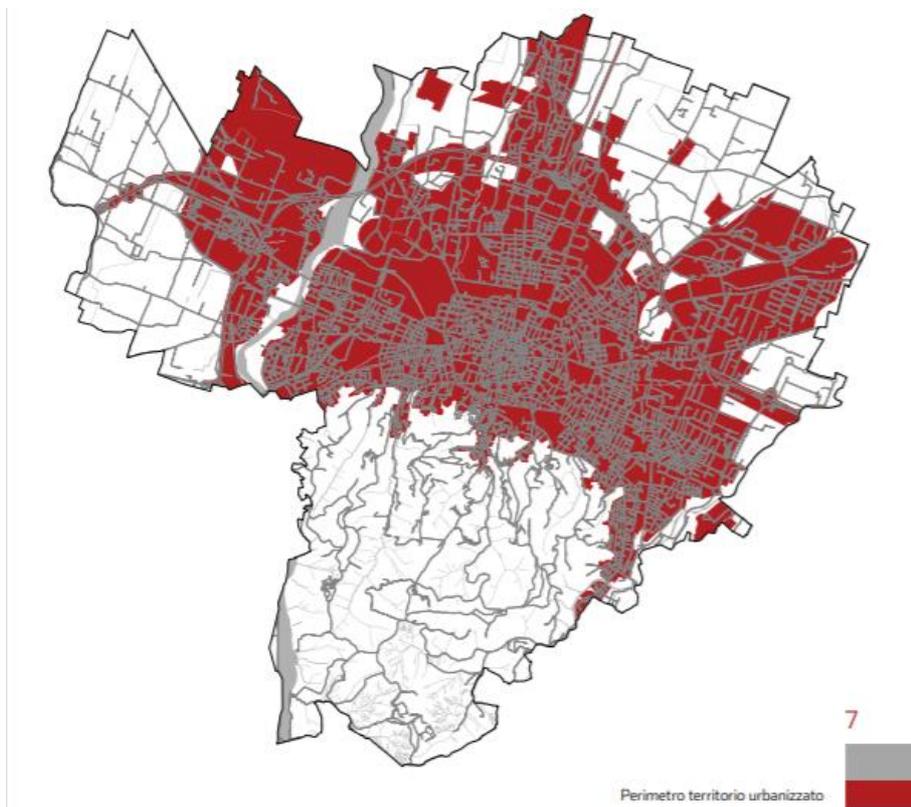


Figura 8 - Perimetro del territorio urbanizzato

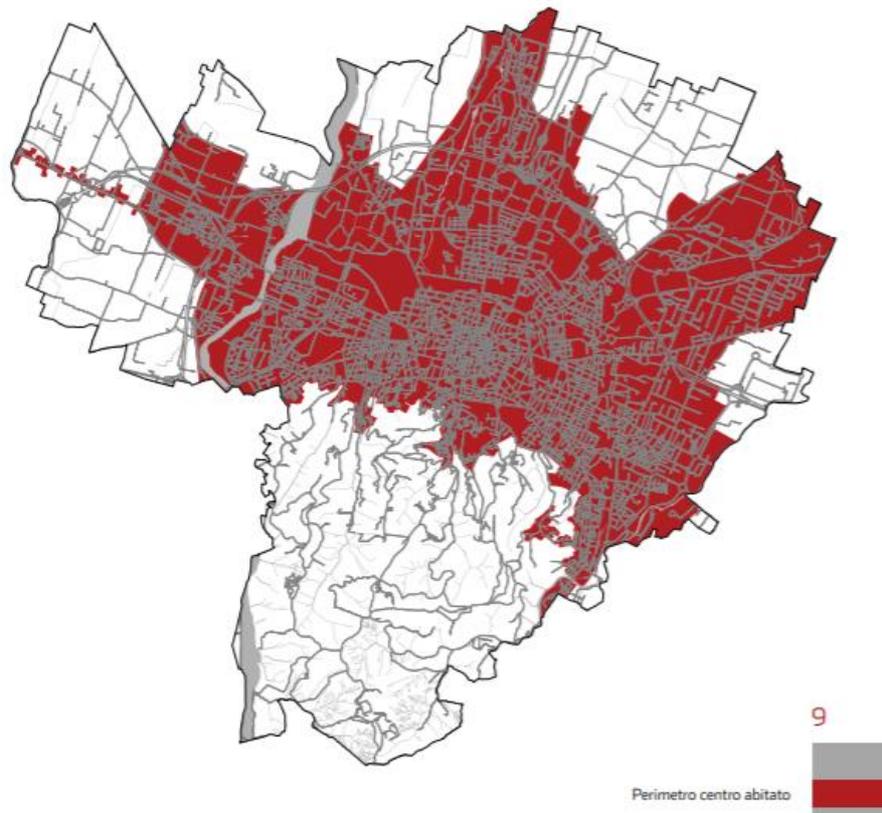


Figura 9 - Perimetro centro abitato

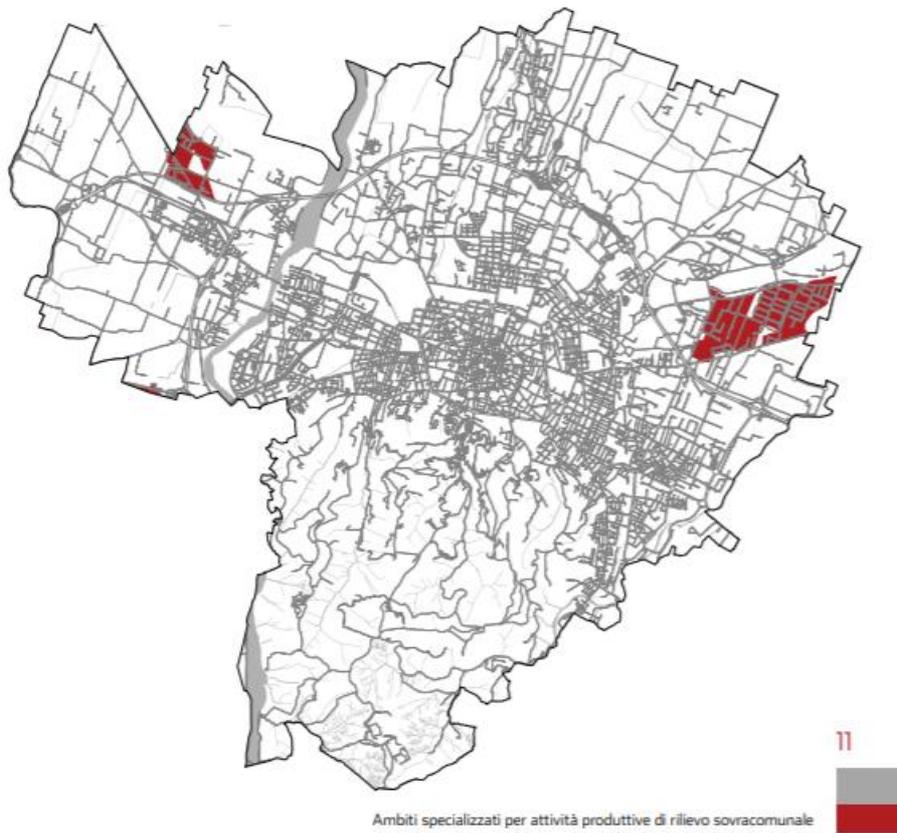


Figura 10 - Perimetro ambiti per attività produttive

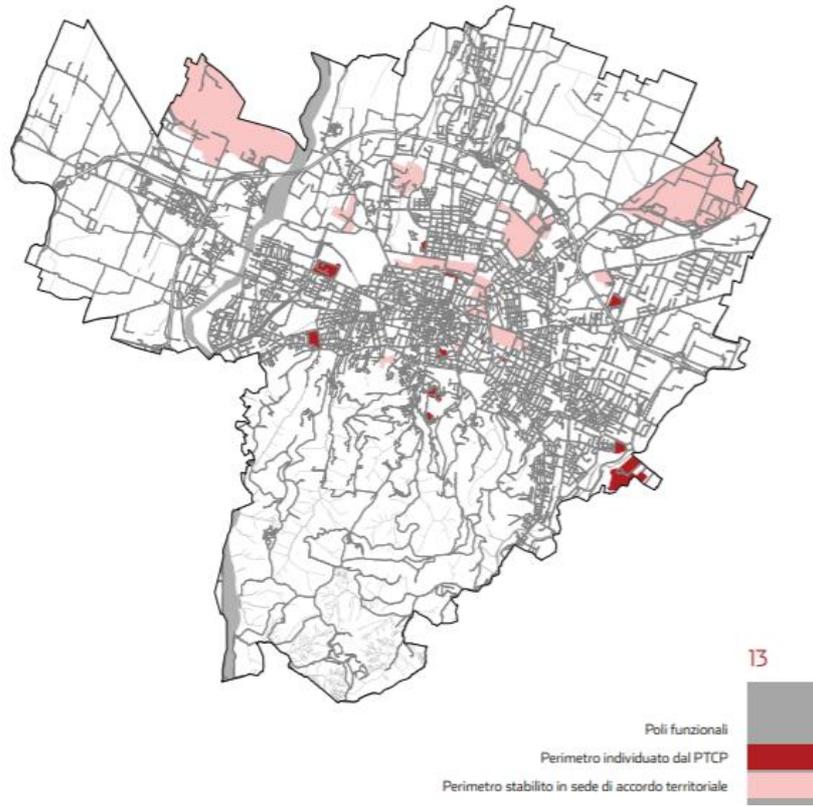


Figura 11 – Perimetri PTCP, Accordo territoriale

1.3.1. Tutele

La Carta unica del territorio individua e rappresenta le aree e gli elementi soggetti a tutela così articolati:

Risorse idriche e assetto idrogeologico:

- alvei attivi e invasi dei bacini idrici;
- reticolo idrografico coperto;
- fasce di tutela fluviale;
- fasce di pertinenza fluviale;
- aree a rischio inondazione (tempo di ritorno:200 anni);
- aree ad alta probabilità di inondazione;
- aree di interventi idraulici strutturali;
- zone di protezione delle acque sotterranee nel territorio pedecollinare e di pianura;
- zone di protezione delle acque sotterranee nel territorio collinare;
- aree per la salvaguardia delle acque destinate al consumo umano.

Stabilità dei versanti:

- aree in dissesto;
- aree di possibile evoluzione e influenza del dissesto;
- attitudine alla trasformazione del territorio;
- aree a rischio di frana interessate da provvedimenti specifici;
- vincolo idrogeologico.

Elementi naturali e paesaggistici:

- sistema delle aree forestali boschive;
- calanchi;
- crinali;
- fiumi, torrenti e corsi d'acqua di interesse paesaggistico;
- aree naturali protette;
- siti rete natura 2000;
- immobili vincolati ai sensi dell'art. 136 del d.lgs 42/2004;
- sistema della collina;
- zone di particolare interesse paesaggistico-ambientale della pianura;
- zone di particolare interesse paesaggistico-ambientale;
- viabilità panoramica.

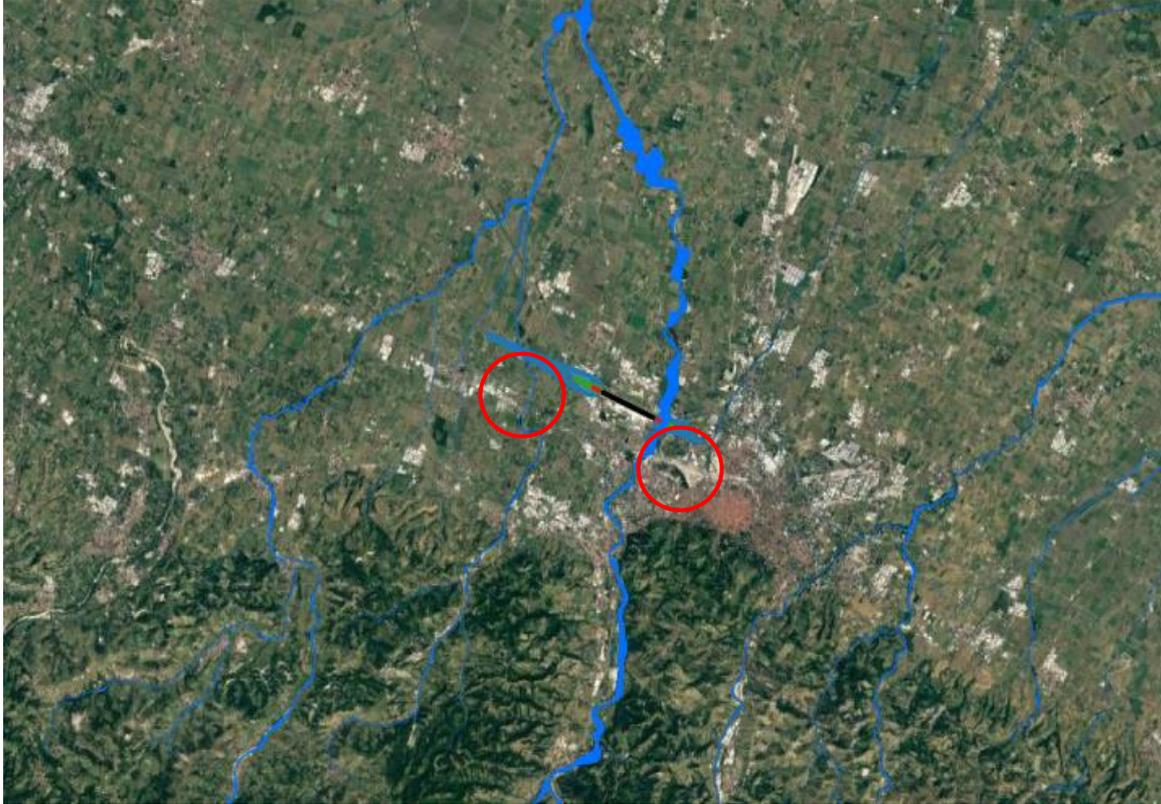
Testimonianze storiche e archeologiche:

- aree di accertata e rilevante consistenza archeologica;
- aree di concentrazione di materiali archeologici;
- zone ad alta potenzialità archeologica;
- zone a media potenzialità archeologica;
- zone a bassa potenzialità archeologica;
- zone di tutela della struttura centuriata;
- edifici di interesse storico-architettonico;
- agglomerati di interesse storico-architettonico;

- sistema storico delle acque derivate;
- viabilità storica.

Rischio sismico:

- sistema delle aree suscettibili di effetti locali.



Alvei attivi

Figura 12 - Alvei attivi e invasi dei bacini idrici

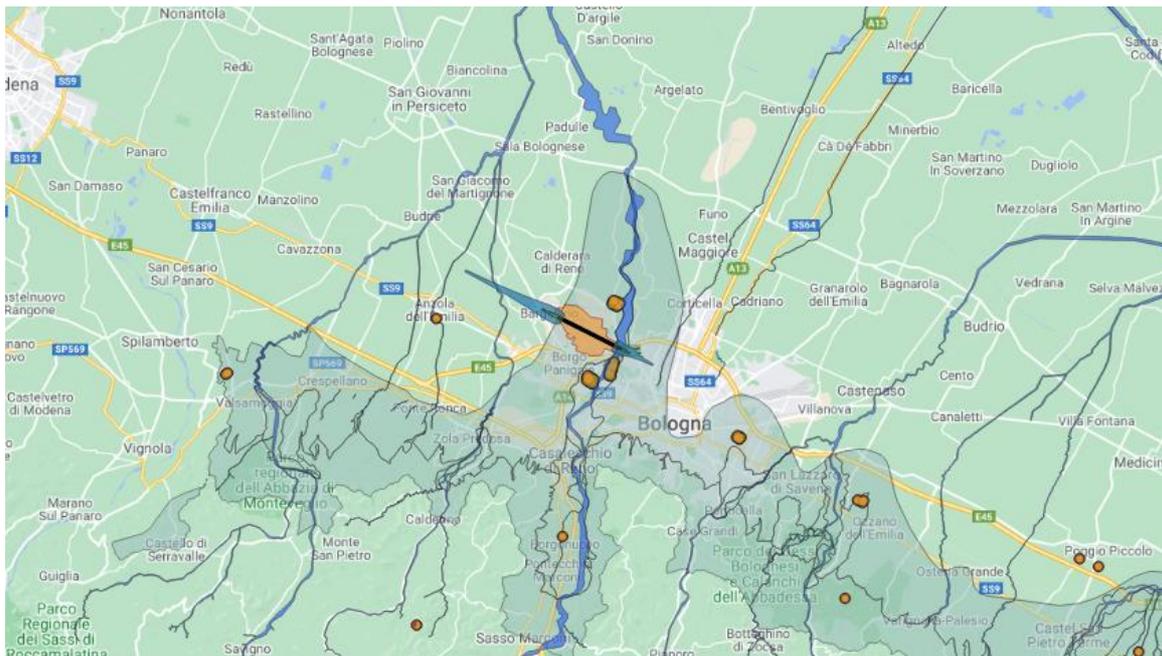


Figura 13 – Tutela delle acque superficiali e sotterranee

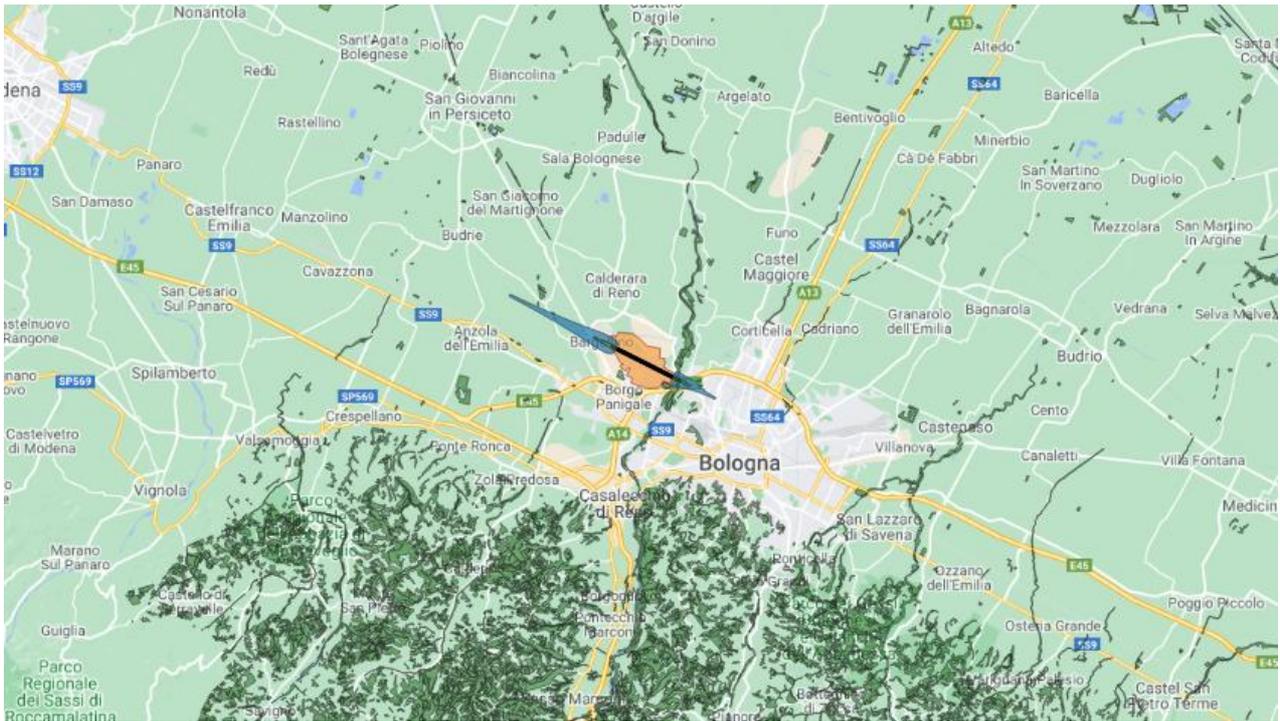


Figura 14 – Aree forestali boschive

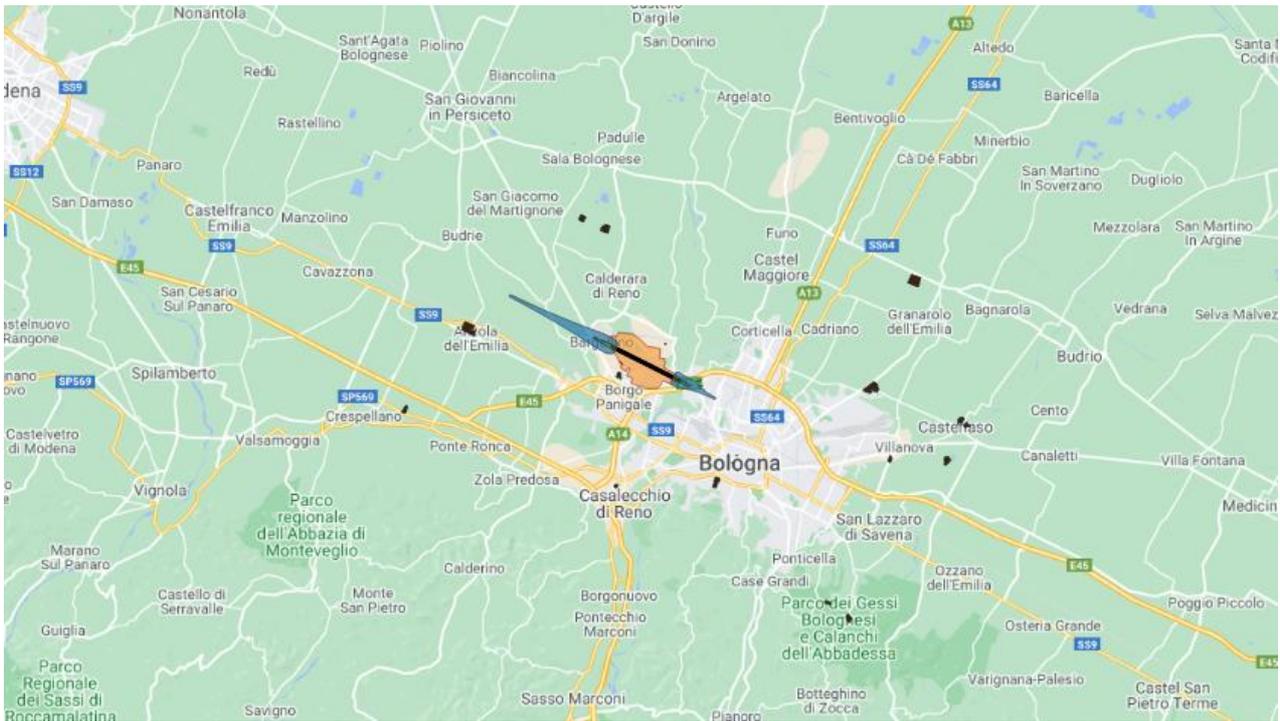


Figura 15 – Patrimonio archeologico

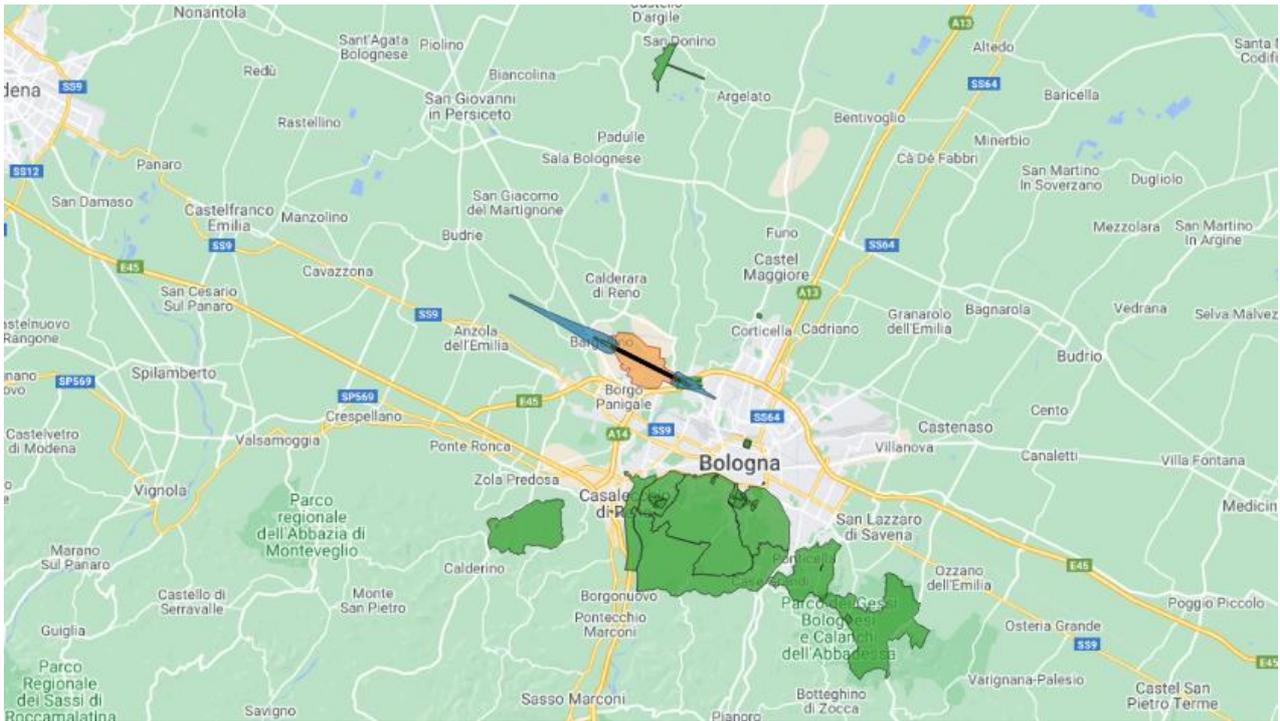


Figura 16 – Beni paesaggistici

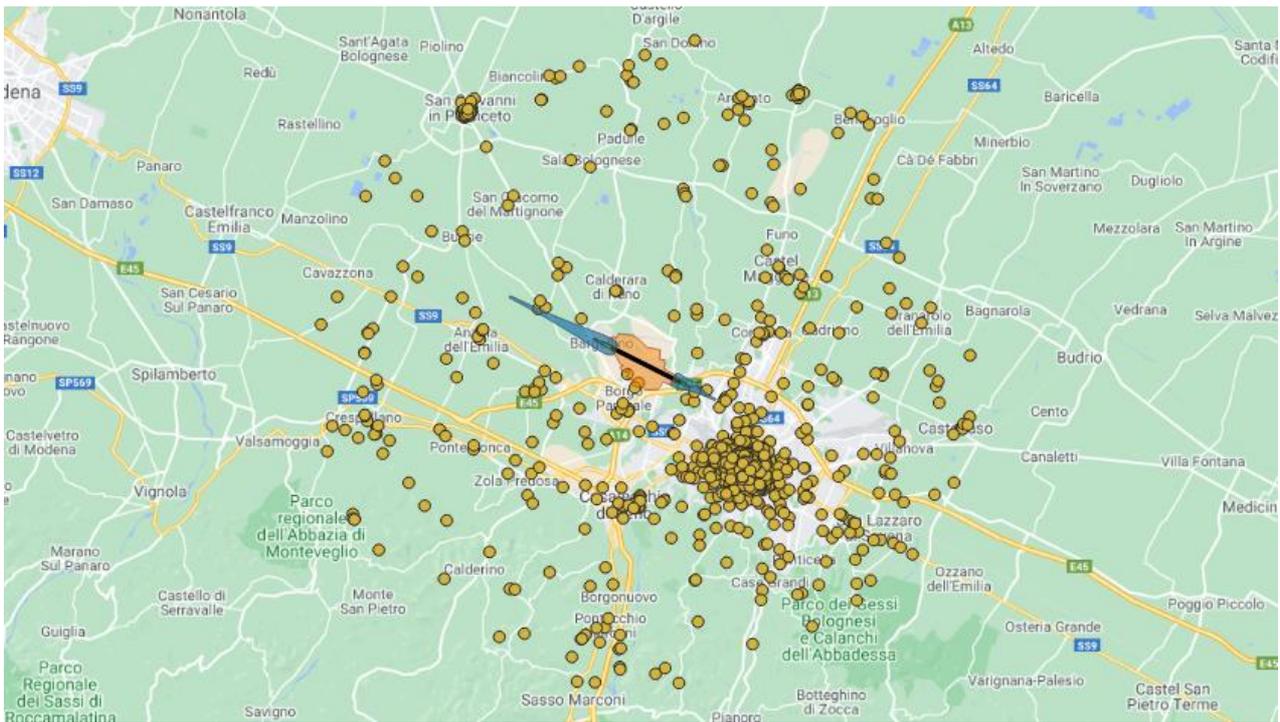


Figura 17 – Patrimonio architettonico

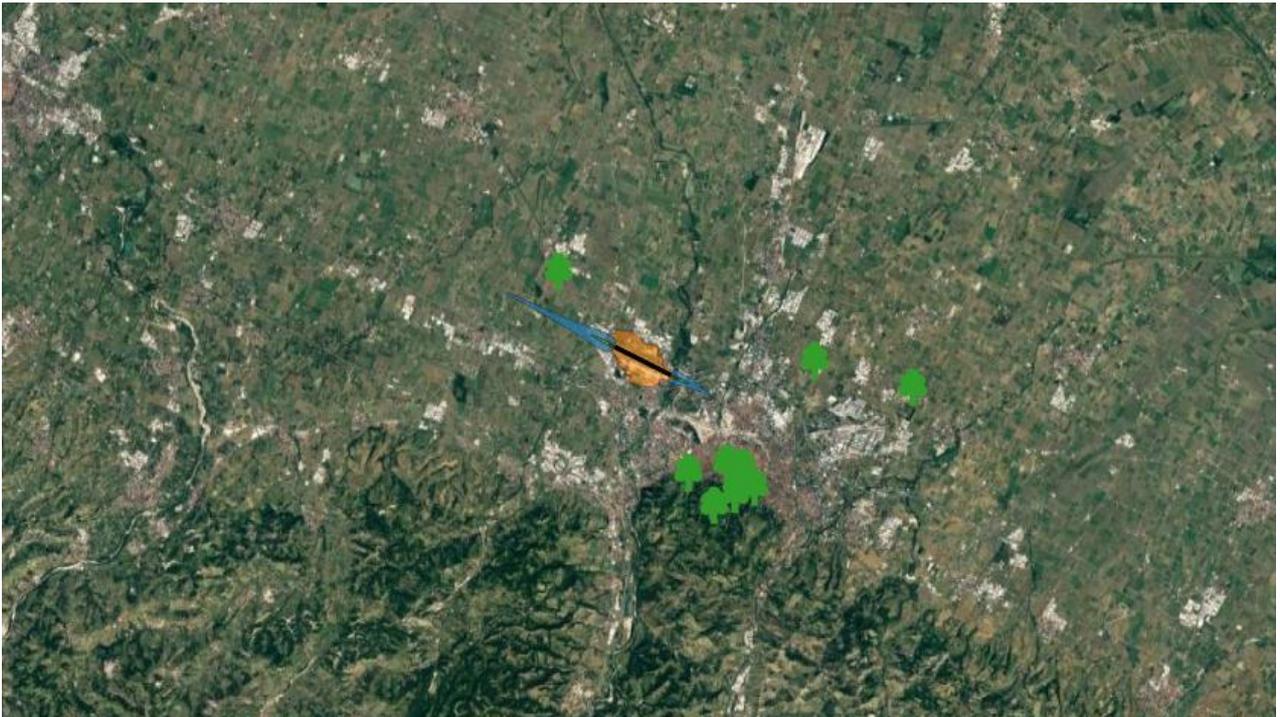


Figura 18 – Alberi monumentali

1.4. Piano Strutturale Comunale⁷ e Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale⁸ – Quadro conoscitivo

Il Quadro conoscitivo, quale elemento costitutivo del PSC, provvede, come indicato dall'art. 4 della Lr 20/2000, alla organica rappresentazione e valutazione dello stato del territorio e dei processi evolutivi che lo caratterizzano e costituisce riferimento necessario per la definizione degli obiettivi e dei contenuti del Piano, per la Valutazione della sostenibilità ambientale e territoriale del PSC e per il monitoraggio della sua attuazione.

Il Quadro conoscitivo descrive le caratteristiche del territorio comunale con riferimento ai seguenti "insiemi":

- popolazione;
- sistema economico;
- servizi alle persone;
- dimensione urbana;
- patrimonio abitativo;
- ambiente;
- paesaggio;
- mobilità;
- governance.

⁷ Delibera di C.C. n. 157 del 16/07/2007, Approvazione Delibera di C.C. n. 133 del 14/07/2008

⁸ Delibera del Consiglio Provinciale n.19 dell' 30/03/04, Variante non sostanziale di aggiornamento al PTCP, approvata con Delibera del Consiglio metropolitano n. 14 del 12/4/2017

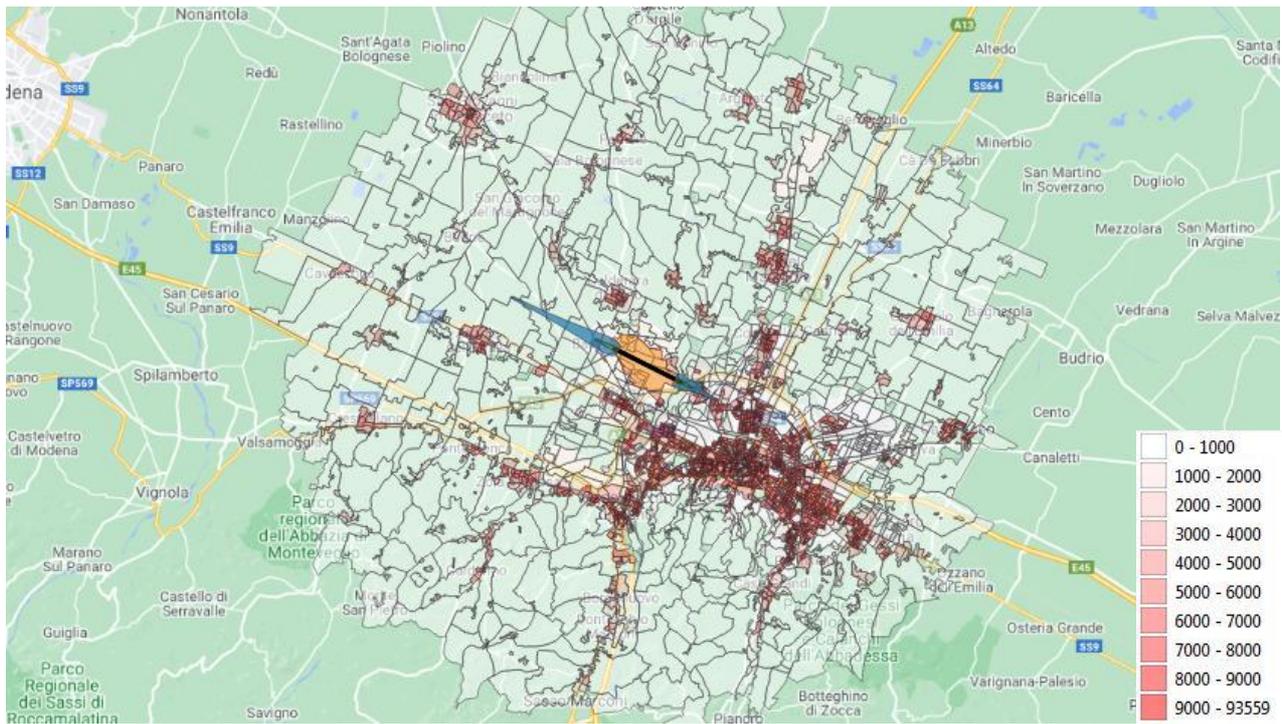


Figura 19 – Densità demografica

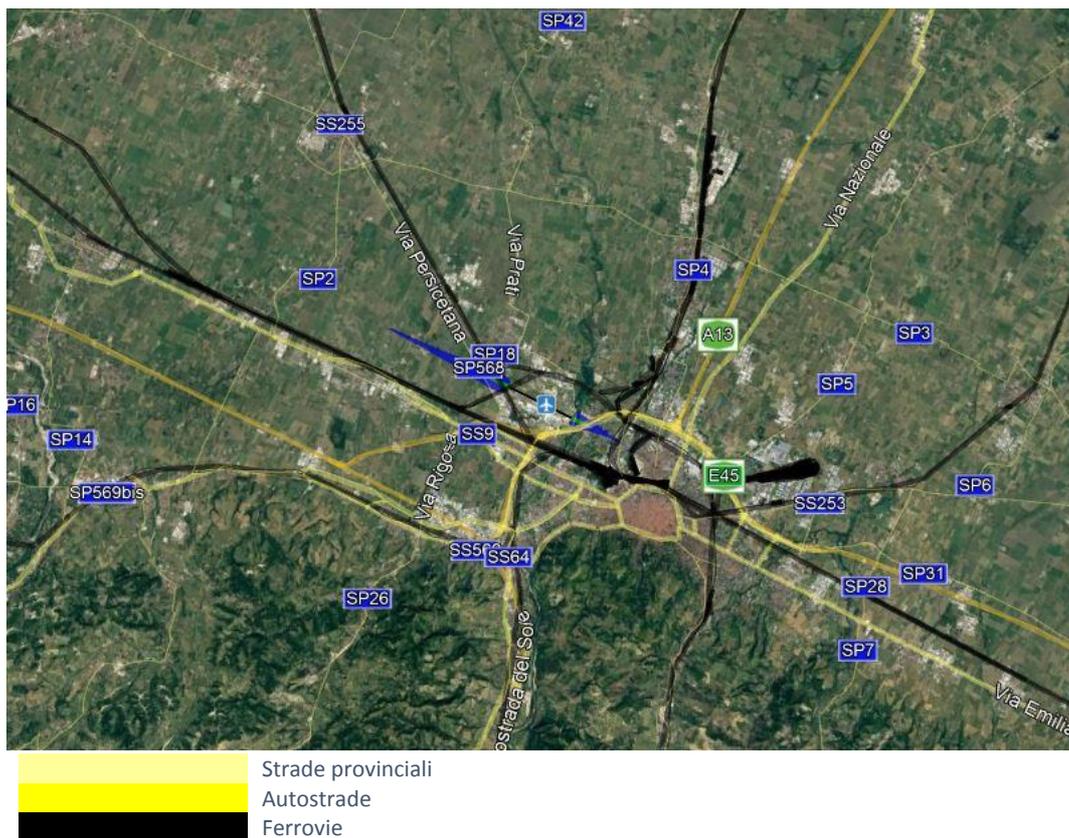


Figura 20 – Infrastrutture di mobilità

1.5. Quadro conoscitivo opere strategiche

1.5.1 Individuazione ospedali

L'offerta di servizi di assistenza ospedaliera nella provincia di Bologna vede accentrate tutte le attività di base nei grandi ospedali.

In particolare, il Policlinico Sant'Orsola-Malpighi, situato a ridosso del centro storico di Bologna, in accordo con gli indirizzi del PTCP, è stato oggetto di tre linee strategiche di intervento e potenziamento:

- la qualificazione del ruolo del Polo ospedaliero all'interno di un più ampio quadro strategico di sviluppo sia dei servizi sanitari in Bologna che in relazione agli altri presidi ospedalieri presenti sul territorio
- il miglioramento dell'accessibilità al Policlinico con i mezzi pubblici, attraverso misure in grado di soddisfare il fabbisogno di spostamenti sia di carattere urbano che di scala provinciale
- il miglioramento della qualità ambientale interna all'area ospedaliera, da realizzarsi all'interno del programma di riorganizzazione aziendale attuato nello scorso decennio

Relativamente agli altri poli ospedalieri, l'Ospedale Bellaria è un polo ad orientamento specialistico sia in ambito neuro-chirurgico sia oncologico mentre l'Istituto Ortopedico Rizzoli si conferma come l'unico istituto di ricerca a Bologna di valenza nazionale.

Anche per queste due strutture, come per l'Ospedale Maggiore di Bologna e l'Ospedale di Imola, individuati dal PTCP come poli funzionali, i relativi accordi territoriali affrontano il tema del miglioramento dell'accessibilità con i mezzi pubblici, del miglioramento della qualità ambientale.

Per tutti i presidi ospedalieri, anche quelli non considerati poli funzionali, è stata individuata come obiettivo prioritario l'accessibilità degli utenti con il trasporto pubblico dal bacino metropolitano ed extra provinciale, anche attraverso servizi dedicati, e per la maggiore protezione dagli inquinanti dovuti ai flussi di traffico.

In figura 21 vengono indicate le strutture ospedaliere nell'area di interesse:

- Ospedale Maggiore
- Ospedale Bellaria
- Ospedale di Bazzano
- Ospedale di San Giovanni in Persiceto
- Ospedale di Bentivoglio
- Ospedale di Budrio
- Ospedale Simiani
- Ospedale Civile di Vergato



Figura 21 – Rappresentazione strutture ospedaliere nell'area d'influenza

1.5.2 Individuazione scuole

Il censimento delle scuole della provincia di Bologna (evidenziate in Figura 22) restituisce le seguenti informazioni⁹:

Scuole nella città metropolitana di Bologna per tipologia:

Scuole dell'Infanzia, Primarie e Secondarie di primo grado

Scuola dell'Infanzia (340)

Scuola Primaria (211)

Scuola Secondaria di primo grado (110)

Scuole Secondarie di secondo grado

LICEI

Liceo Artistico (2)

Liceo Classico (3)

Liceo Scientifico (29)

Liceo Linguistico (13)

Liceo Scienze Umane (9)

Liceo Musicale e Coreutico (1)

ISTITUTI TECNICI

Istituto Tecnico Economico (20)

Istituto Tecnico Tecnologico (25)

ISTITUTI PROFESSIONALI

Istituto Professionale Servizi (30)

Istituto Professionale Industria e Artigianato (12)

⁹ <https://www.tuttitalia.it/emilia-romagna/provincia-di-bologna/55-scuole/>

1.6. Censimento e caratterizzazione di opere infrastrutturali di interesse strategico: strade, autostrade, ferrovie, linee di distribuzione di energia elettrica

La caratterizzazione riguardante le opere infrastrutturali di interesse strategico comprende:

- strade, autostrade (cfr. figg. 23-27);
- ferrovie (cfr. fig. 23);
- linee di distribuzione di energia elettrica (cfr. figg. 28-29).

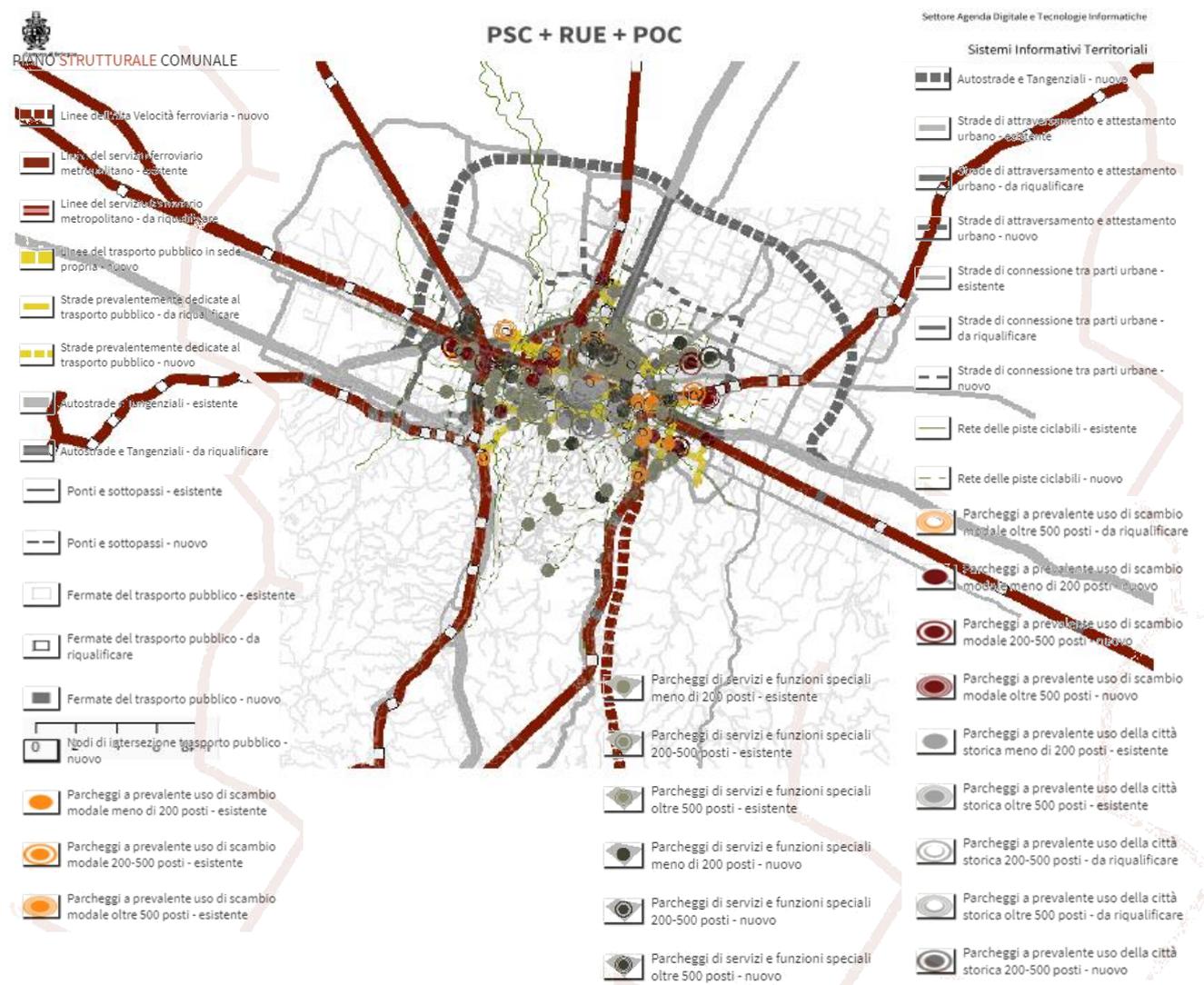


Figura 23 – Classificazione reti di mobilità: quadro sinottico [fonte: <http://sitmappe.comune.bologna.it/pucviewer/#!/app/map/default>]

Analizzando il Piano Comunale della Protezione Civile e le relative carte tecniche è stato possibile individuare tutti quei target che ricadono nella zona d'interesse e di conseguenza sono assoggettati al rischio d'impatto accidentale di un aeromobile o essere interessate dall'effetto domino.

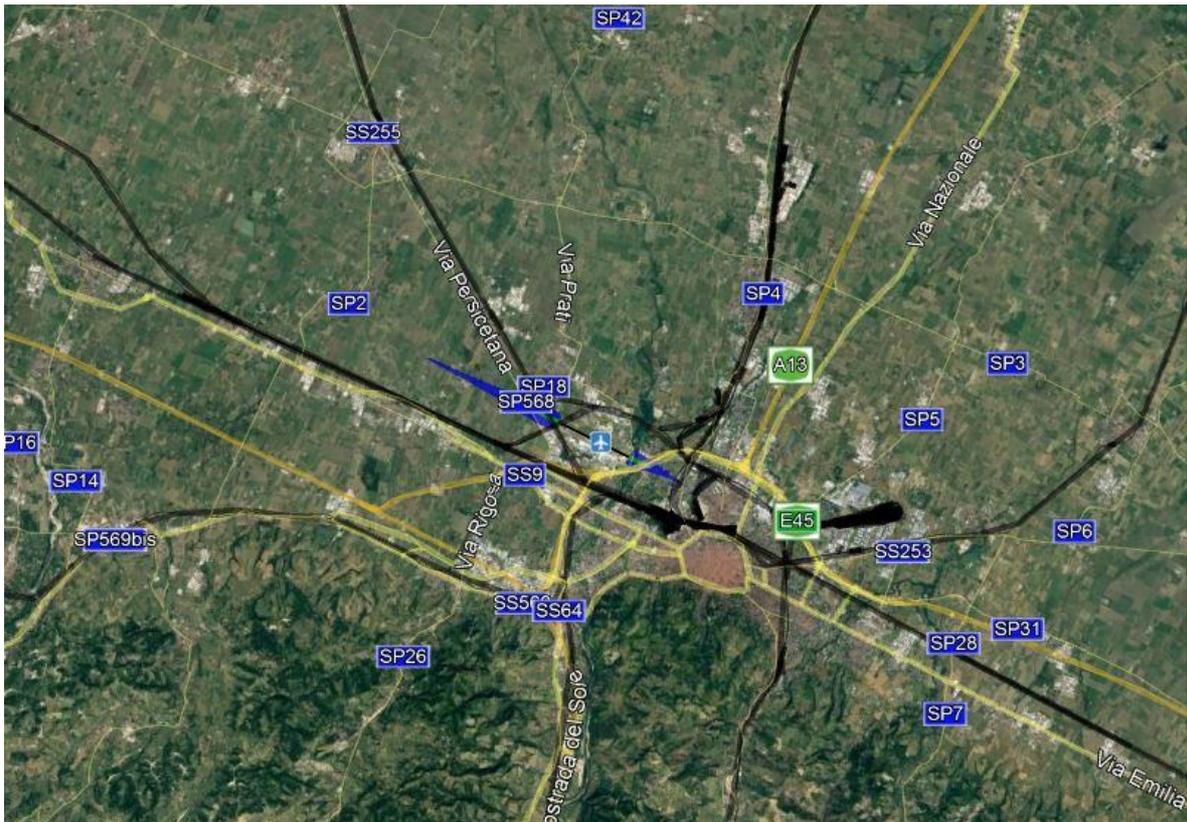


Figura 24 - Rappresentazione infrastrutture di mobilità nell'area d'influenza



Figura 25 – Rete stradale



Figura 26 – Rete Autostrade

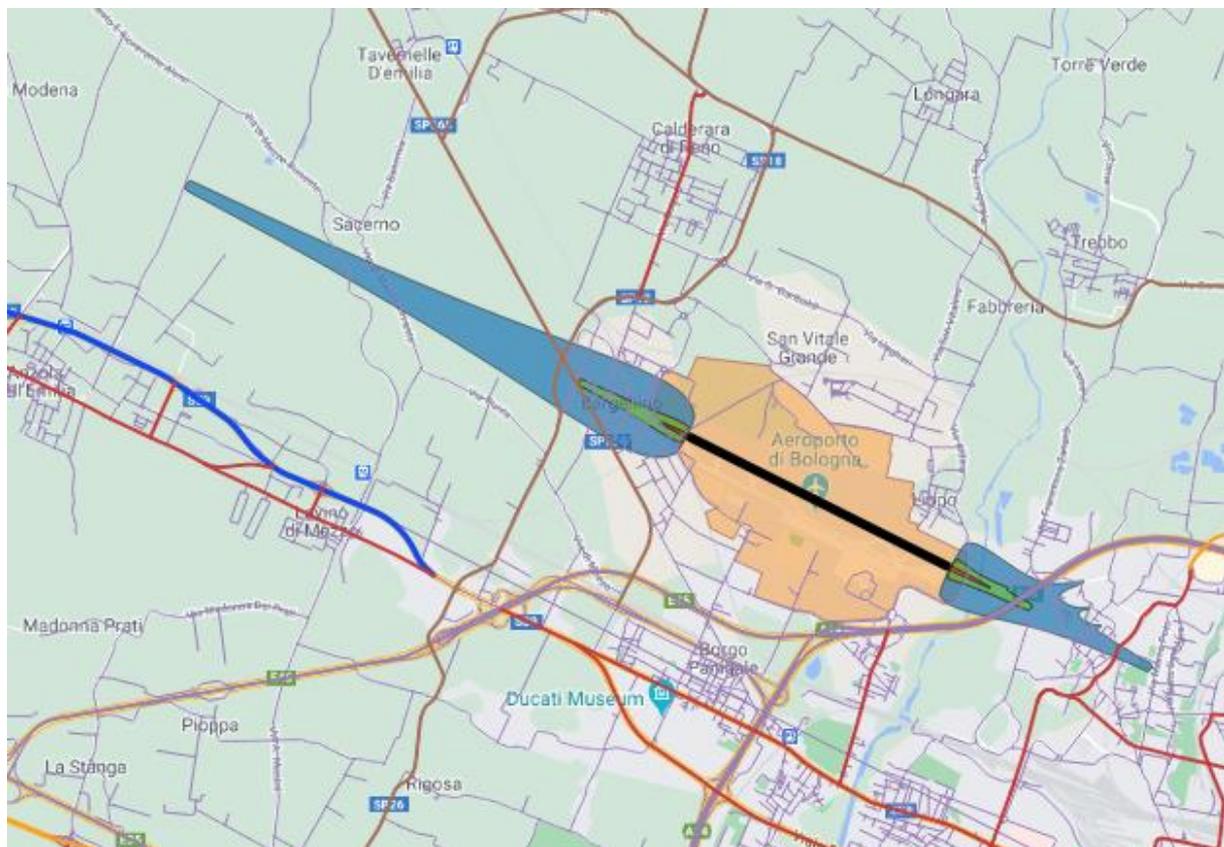


Figura 27 – Strade non a pedaggio

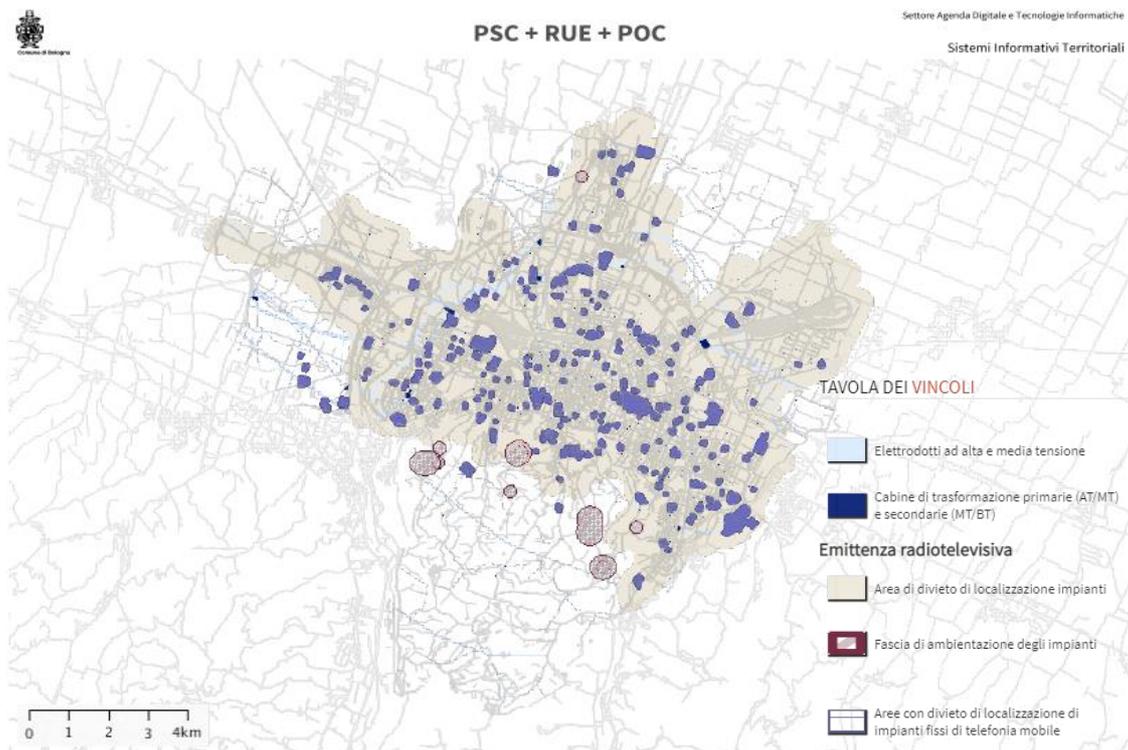


Figura 28 – Elettrodotti AT-MT, cabine di trasformazione primarie e secondarie [fonte: <http://sitmappe.comune.bologna.it/pucviewer/#!/app/map/default>]

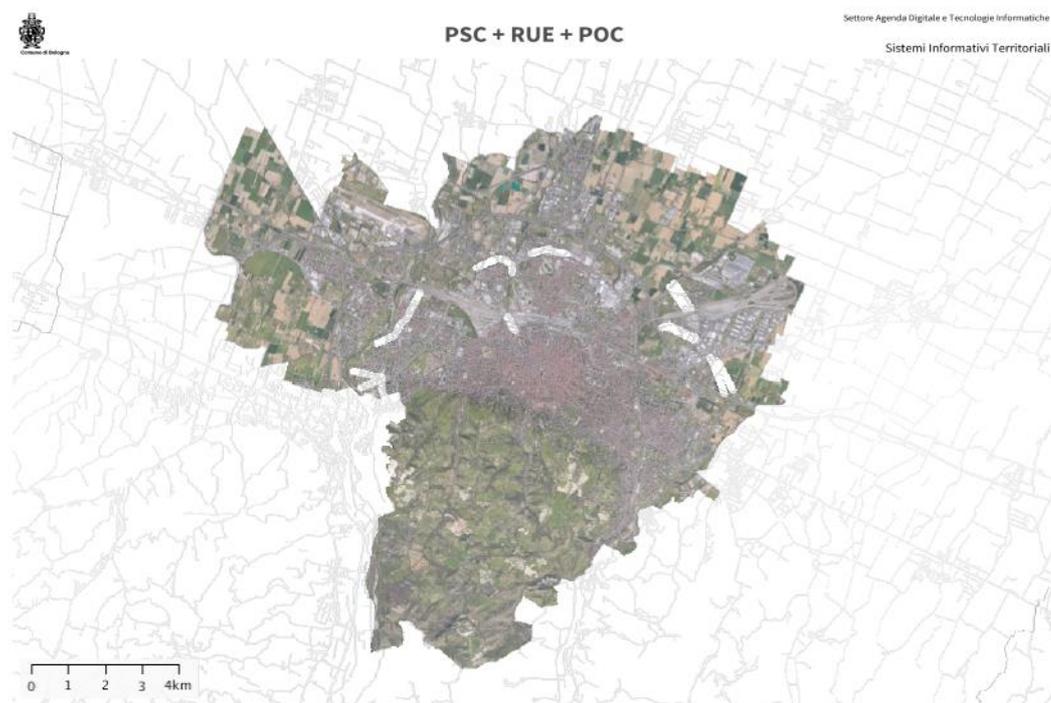


Figura 29 – Elettrodotti AT-MT [fonte: <http://sitmappe.comune.bologna.it/pucviewer/#!/app/map/default>]

In particolare, si richiamano di seguito, gli elementi considerati salienti nell'individuazione dell'esposizione d'area:

- Il **raccordo autostradale 1 (RA 1, tangenziale nord di Bologna)**, è un'arteria costruita in complanare all'autostrada A14 e classificata come autostrada senza pedaggio. Si sviluppa a nord

dell'area urbana di Bologna, congiungendo le zone di Casalecchio di Reno e di San Lazzaro di Savena.

La tangenziale (collegamento alternativo di raccordo tra le autostrade A1, A13 e A14) comprende anche una diramazione (Ramo Verde), che staccandosi dall'asse principale nei pressi di Borgo Panigale, la collega con l'autostrada A14 in zona La Pioppa. Il flusso di traffico che interessa questa tangenziale è di circa 90.000 attraversamenti al giorno. L'arteria ha due corsie per senso di marcia. La gestione è di competenza della società Autostrade per l'Italia.

- L'autostrada **A1**
- L'autostrada **A13**
- L'autostrada **A14**
- La tangenziale complanare (**A14 – RA1**)



Figura 30 - Nodo di Bologna [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sistema_Autostradale_Bologna.svg]

RA 1 TANGENZIALE DI BOLOGNA				
Tipo	Indicazione	↓km↓	↑km↑	Provincia
	Milano - Firenze Taranto	0,0	19,0	BO
	Barriera di Bologna Casalecchio	0,45	18,6	
	Casalecchio di Reno	0,5	18,1	

1	 Porrettana  Bologna q.re Saragozza , Certosa , San Luca  Stadio -  Ospedale Maggiore			
 1 bis	Maranello - Vignola - Bazzano - Zola Predosa  Bazzanese  Monte San Pietro - Vergato  Palasport  Centro commerciale	0,75		
 2	 Bologna q.re Borgo Panigale , q.re Reno	2,6	15,7	
 3	 Ramo Verde  Milano  Barriera di Bologna Borgo Panigale  Via Emilia  San Giovanni in Persiceto	4,0	14,8	
 4	Via del Triumvirato Via Emilia Ponente	5,0	13,6	
 4 bis	 Aeroporto Guglielmo Marconi Calderara di Reno	5,5	13,2	
 5	 Bologna q.re Lame - Navile - CNR , MAMbo  +  Parccheggio Tanari Trebbo di Reno	8,8	9,8	
 6	Castelmaggiore  Bologna Corticella , Arcoveggio , Bolognina Museo del Patrimonio Industriale , Municipio  +  Parccheggio Giuriolo	10,0	9,0	
	 Ferrara - Padova	10,5	8,0	

	 Barriera di Bologna Arcoveggio		
 7	 Fiera di Bologna via Stalingrado  Università	11,0	7,8
 7 bis	 Porrettana Ferrara	11,2	7,5
 8	 Fiera di Bologna via Michelino  Sede della Regione Emilia-Romagna  Campeggio	12,3	6,4
 8 bis	 Granarolo dell'Emilia viale Europa  CAAB Ortomercato  Facoltà di agraria	12,6	6,0
 9	 Bologna q.re San Donato  Scalo Merci San Donato	13,0	5,4
 10	 Zona Industriale Roveri Motorizzazione civile	13,6	4,7
 11	 Bologna q.re San Vitale , via Massarenti, via Lenin, via Larga  Policlinico Sant'Orsola-Malpighi	15,0	3,9
 11 bis	 San Vitale Castenaso Ravenna	15,4	3,4
 12	Bologna q.re Mazzini  Ospedale Bellaria	16,5	1,8

	 San Lazzaro di Savena  SS 9 Via Emilia  SS 65 della Futa q.re San Ruffillo, Pianoro , Firenze	17,7	1,0
	 SP 28 Croce dell'Idice, Complanare Sud Idice, Ozzano nell'Emilia , Facoltà di veterinaria Ultima uscita (solo carreggiata sud)	18,2	
	Barriera di Bologna San Lazzaro	18,5	0,55
	 A14 Bologna - Ancona	19,0	0,0

Figura 31 – Indicazioni su R A1

STRADE PROVINCIALI

- **SP 18 PADULLESE**

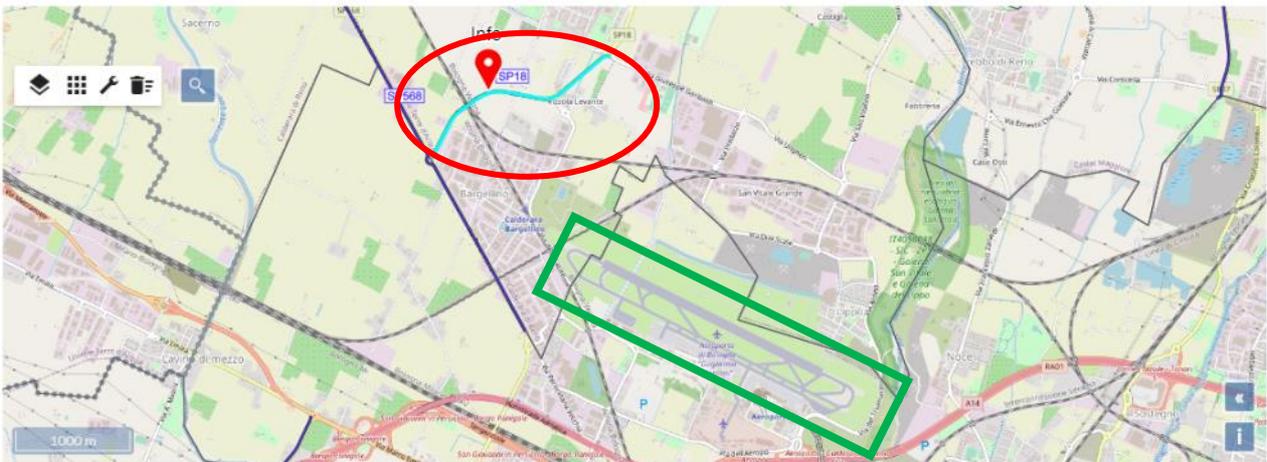


Figura 32 – Strada provinciale Padullese

- **SP 568 DI CREVALCORE**

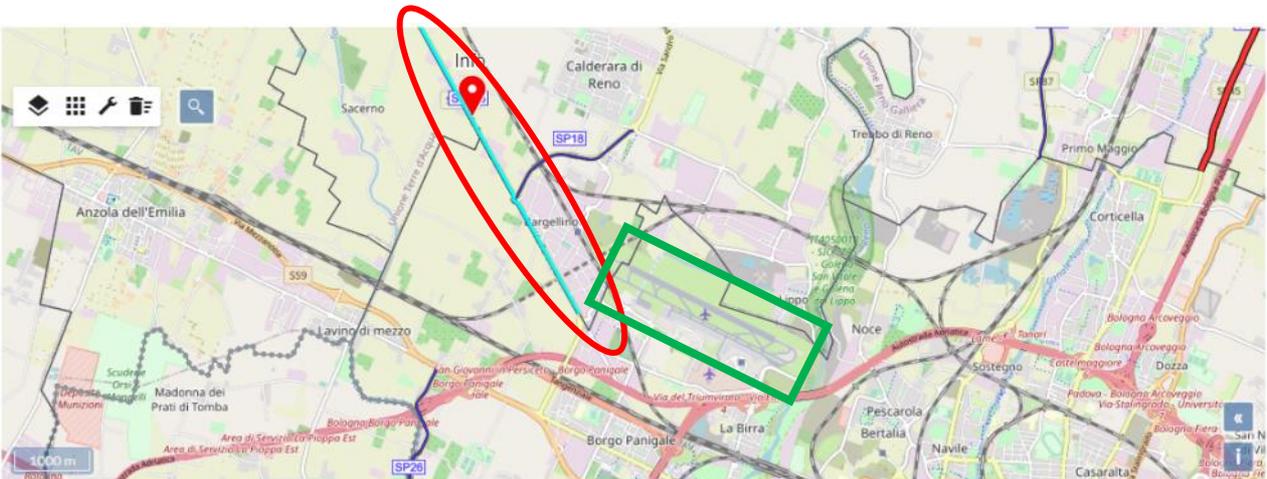


Figura 33 – Strada provinciale di Crevalcore

STRADE STATALI (ANAS)

SS ANAS

- **SS 9 (VIA EMILIA)**
- **SS 64 (VIA PORRETTANA)**
- **SS 64 VAR (VARIANTE SASSO MARCONI)**
- **NSA 313 (COMPLANARE DI SAN LAZZARO)**

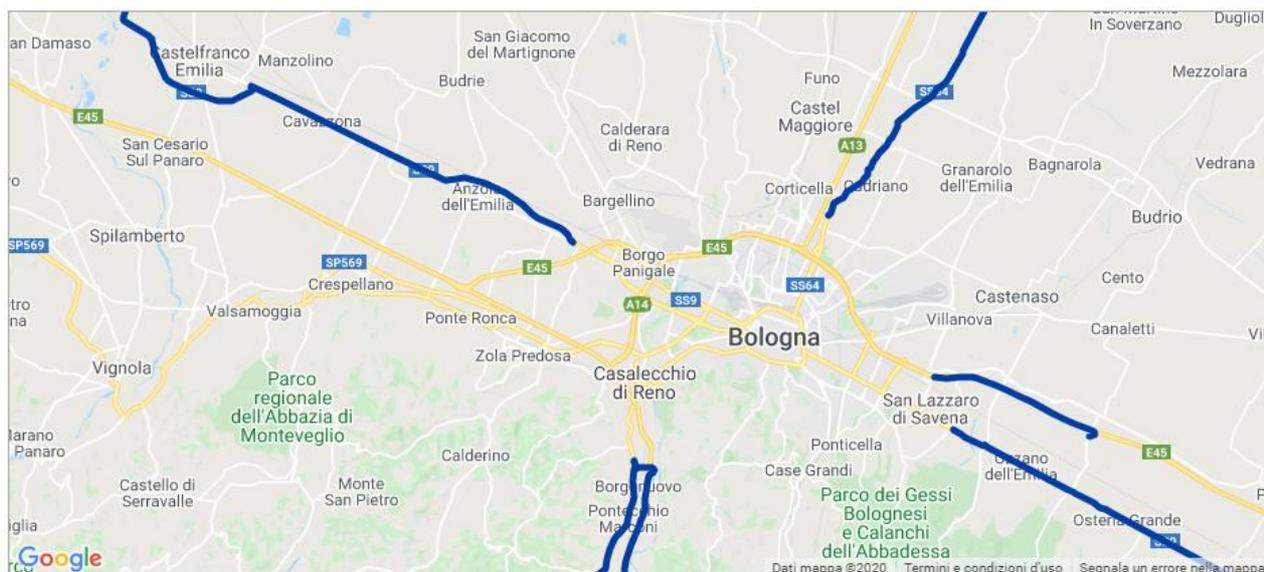


Figura 34 – Strade Statali (competenza ANAS)

LINEE FERROVIARIE

- **LINEA AV-AC** Fermata medio padana – Bologna centrale
 - Stazione interrata Bologna centrale
- **LINEA Porretta Terme - Bologna centrale (SFM 1 - A)**
 - Stazione Casalecchio Garibaldi
 - Stazione Casteldebole
 - Stazione Borgo Panigale
 - Stazione Prati di Caprara
 - Stazione Bologna centrale
- **LINEA Vignola - Bologna centrale (SFM 2 - A)**
 - Stazione Casalecchio Garibaldi
 - Stazione Casteldebole
 - Stazione Borgo Panigale
 - Stazione Prati di Caprara
 - Stazione Bologna centrale
- **LINEA Poggio Rusco – (Bargellino – Tavernelle) – Bologna centrale (SFM 3 - A)**
 - Stazione Osteria Nuova
 - Stazione Calderara Bargellino
 - Stazione Prati di Caprara
 - Stazione Bologna centrale
- **LINEA Ferrara (– Castel Maggiore) - Bologna centrale (SFM 4 - A)**
 - Stazione Castel Maggiore

- Stazione Corticella
- Stazione Zanardi
- Stazione Bologna centrale
- LINEA Modena – Anzola dell’Emilia - Bologna centrale (SFM 5 - A)
 - Stazione Samoggia
 - Stazione Anzola dell’Emilia
 - Stazione Lavino
 - Stazione Borgo Panigale Scala
 - Stazione Prati di Caprara
 - Stazione Bologna centrale
- LINEA Bologna centrale – Fiera (SFM 6 in fase di realizzazione)
 - Stazione Fiera
 - Stazione Aldini
 - Stazione CNR
 - Stazione Arcoveggio
 - Stazione Bologna centrale
- LINEA Lavino – Bivio Calderara (linea parzialmente interrata)
 - Stazione Lavino

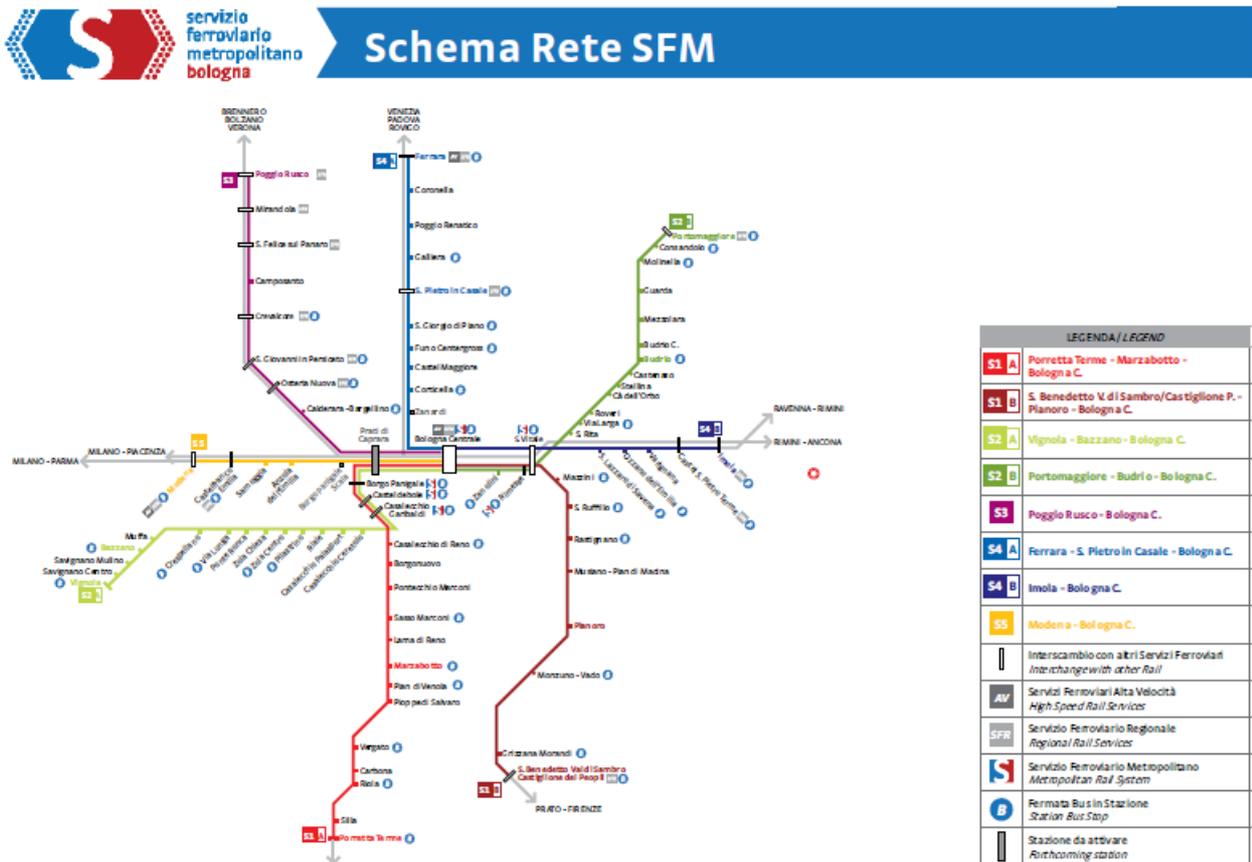


Figura 35 – Nodo ferroviario Bologna (SFM)

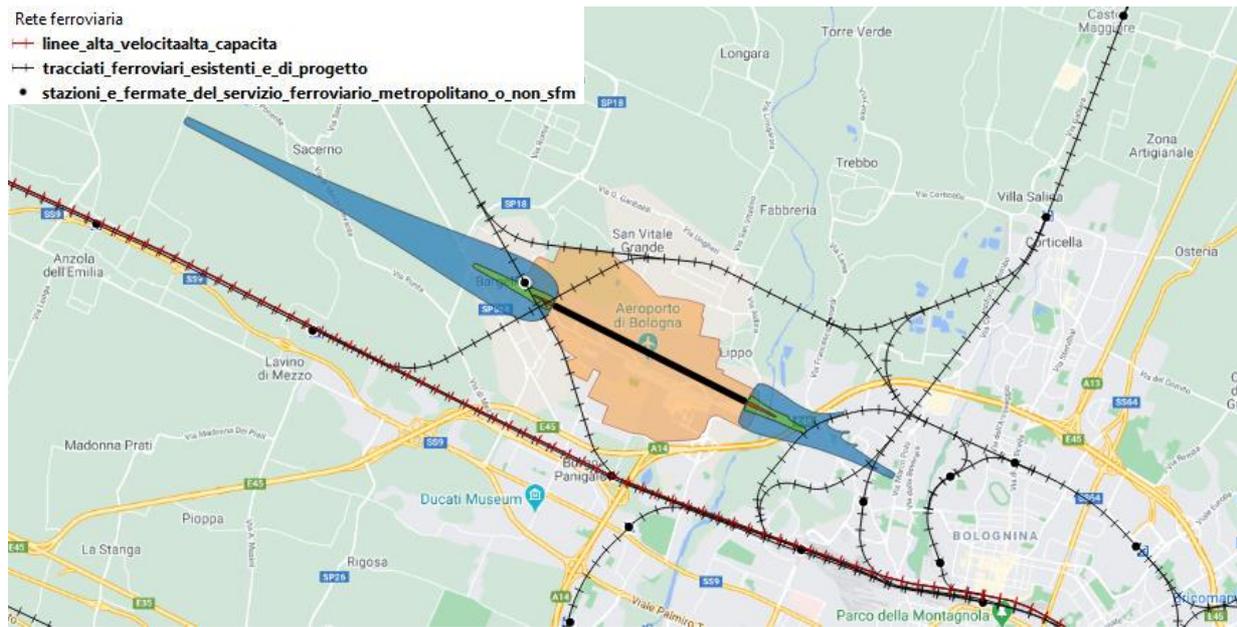


Figura 36 – Rete ferroviaria

1.7. Idrografia superficiale per la valutazione degli effetti sulle acque superficiali

Il paragrafo illustra i risultati ottenuti dall'individuazione delle risorse idriche, propedeutica alla valutazione degli effetti seguito ad un incidente aereo nell'area dell'aeroporto.

Di notevole rilevanza è l'impatto al suolo dell'aeromobile con il conseguente rilascio di combustibile, senza successivo innesco con effetti di contaminazione che possono interessare le matrici ambientali.

Lo sversamento del carburante e degli oli contenuti nei serbatoi, infatti, potrebbe risultare critico se interessasse la falda acquifera o i corpi idrici superficiali: il combustibile rilasciato entrerebbe direttamente e/o indirettamente in contatto con gli stessi.



Figura 37 – Rappresentazione acque superficiali e sotterranee nell'area d'influenza

1.8. Componente suolo, zone potenzialmente soggette a rischio di incendio boschivo

Le aree boschive rappresentano importanti indicatori ambientali in relazione sia alla componente biotica vera e propria, vista nelle varie accezioni di assetto vegetazionale, habitat ed ecosistema, sia alla componente paesaggio, quale elemento caratterizzante e identificativo dello stesso. Possono, altresì, considerarsi altri potenziali effetti sulla componente paesaggio (assetto paesaggistico e assetto percettivo) conseguenti ad un evento incidentale di tipo aeronautico, con puntuale impatto a terra di un aeromobile avente dimensioni e areale di danno a scala completamente differente rispetto a quella che connota il paesaggio dell'area di interesse.

Focalizzando, pertanto, l'attenzione sulle aree boschive nelle zone circostanti il sedime dell'aeroporto di Bologna-Borgo Panigale, mediate l'utilizzo delle carte del suolo della Protezione Civile, nelle quali sono state individuate le zone potenzialmente soggette a rischio di incendio boschivo conseguente ad impatto aereo ed incendio derivato, si ha l'obiettivo di operare l'opportuna contestualizzazione delle aree boschive, potenziali bersagli, rispetto ad un'area di raggio opportuno allo scopo di individuare, da un lato, la localizzazione dei bersagli rispetto alle aree potenzialmente più esposte al rischio di incidente aereo e di quantificare, dall'altro, le eventuali perdite areali o l'incidenza areale dei bersagli rispetto al territorio.

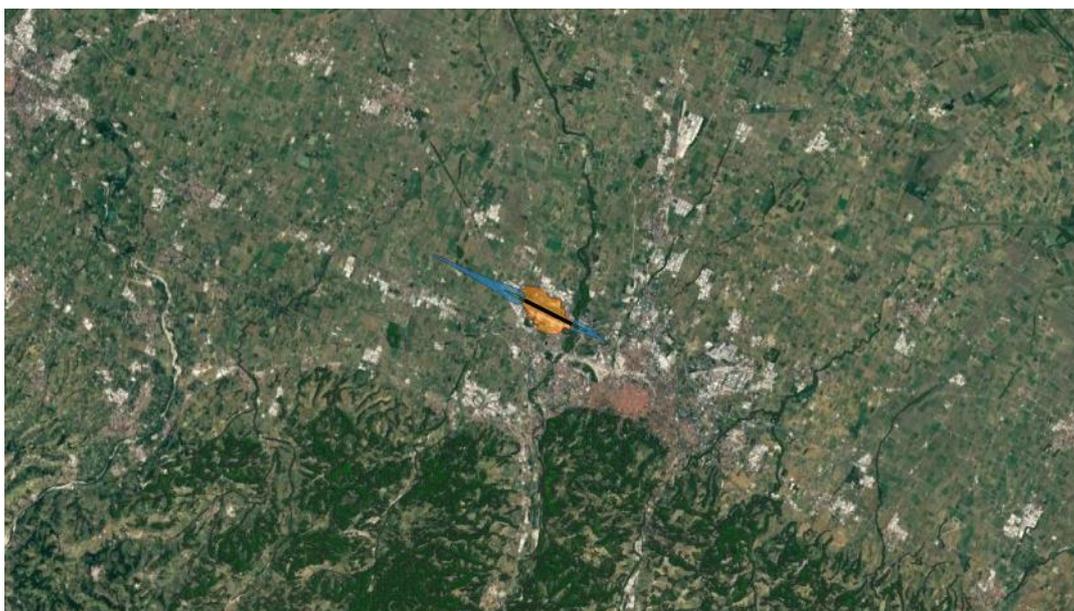


Figura 38 – Aree forestali boschive nella zona di interesse

1.9. Beni di interesse culturale e paesaggistico

Sono stati mappati i beni di interesse culturale (architettonici, archeologici e alberi monumentali) e paesaggistico che costituiscono un bene puntuale o quelli all'interno di un'area più ampia vincolata all'interno del quale vi è registrato un bene fisico.

Con l'ausilio della Mappatura MIBAC – Vincoli in Rete si definiscono due famiglie di beni:

- **Beni tutelati** ai sensi del D. Lgs. 42/04, Parte II;
- **Aree tutelate** ai sensi del D. Lgs. 42/04, Art. 142 c1 (zone di interesse archeologico).

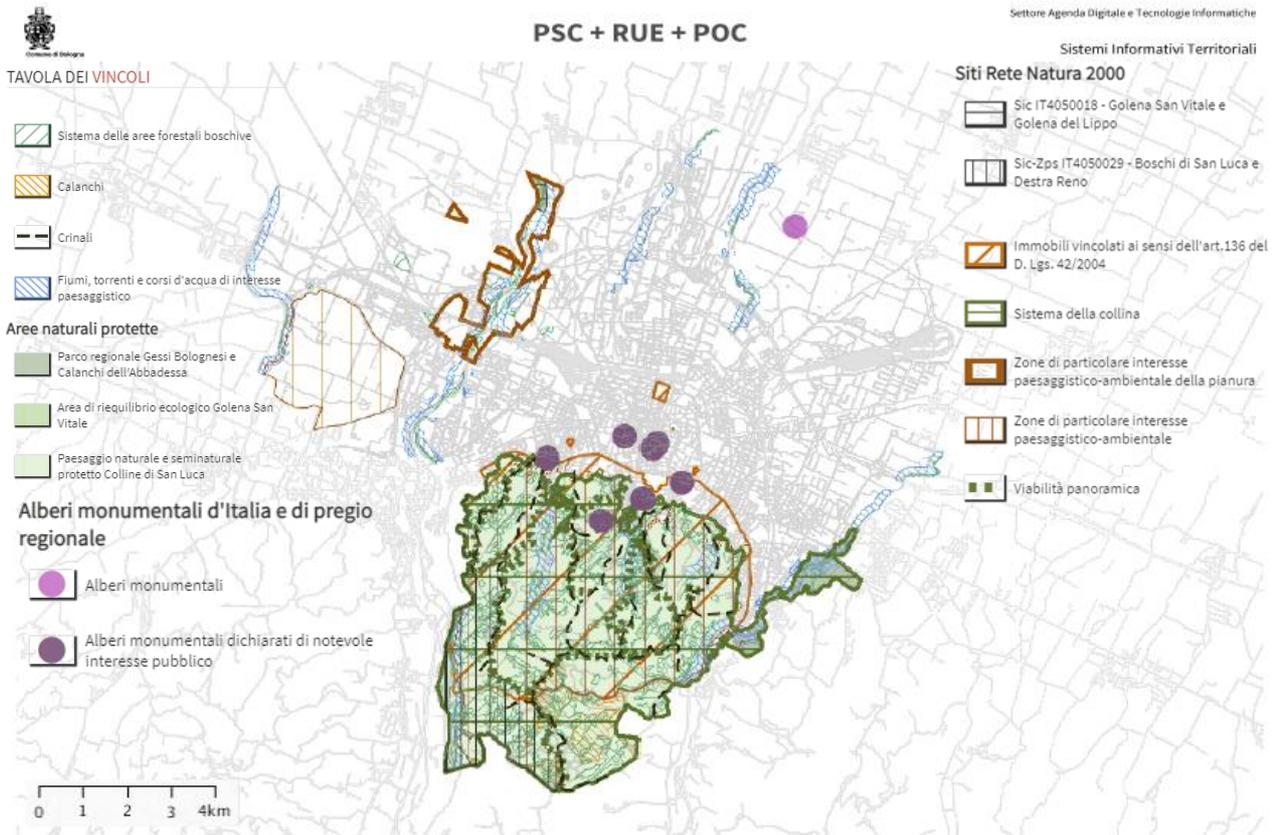


Figura 39 – Elementi naturali e paesaggistici [fonte: <http://dru.iperbole.bologna.it/cartografia/contenuto?filter=Applicazioni>]

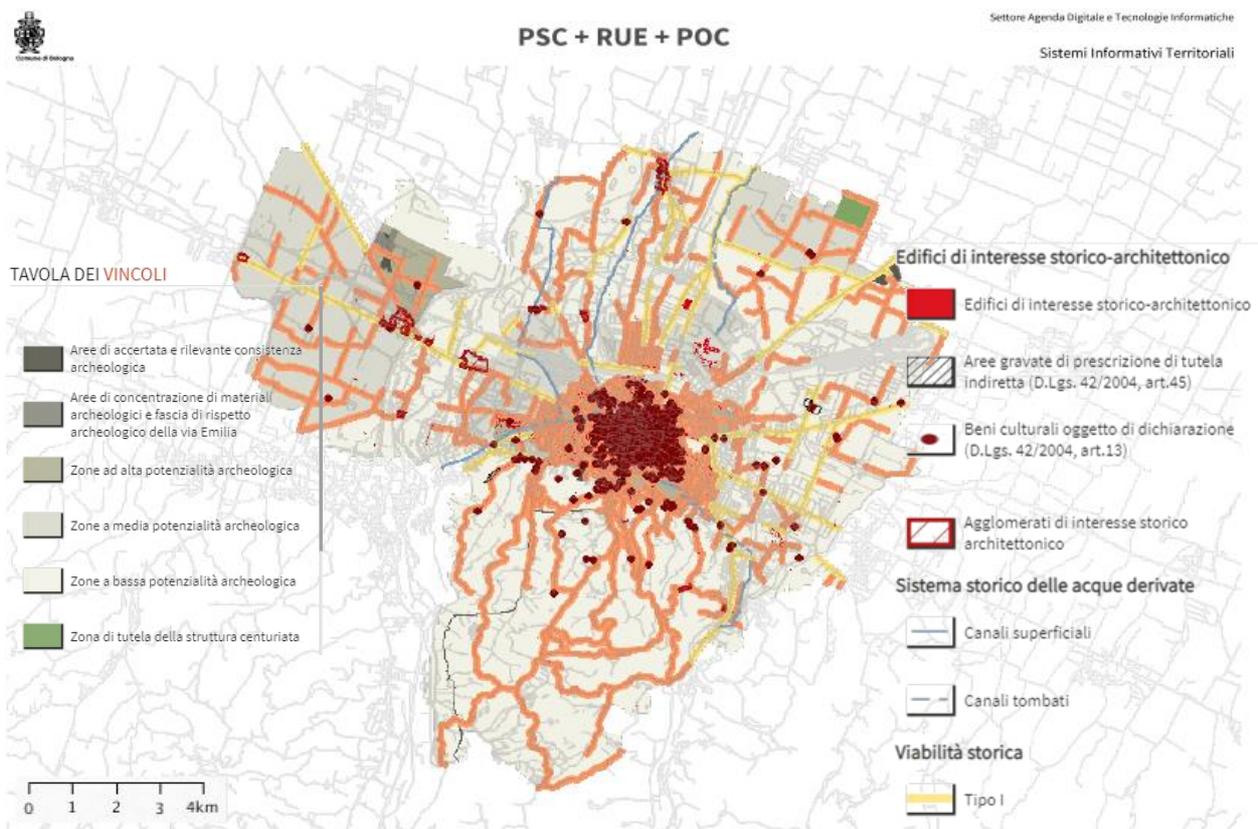


Figura 40 – Testimonianze storico-archeologiche [fonte: <http://dru.iperbole.bologna.it/cartografia/contenuto?filter=Applicazioni>]

Attraverso la piattaforma webgis del patrimonio culturale dell'Emilia-Romagna è possibile visualizzare la mappa dei beni culturali tutelati e le relative informazioni messe a disposizione dal Segretariato Regionale per l'Emilia-Romagna del MiBACT. Tali informazioni consentono di verificare l'esatta consistenza dei beni di competenza e la relativa documentazione amministrativa.

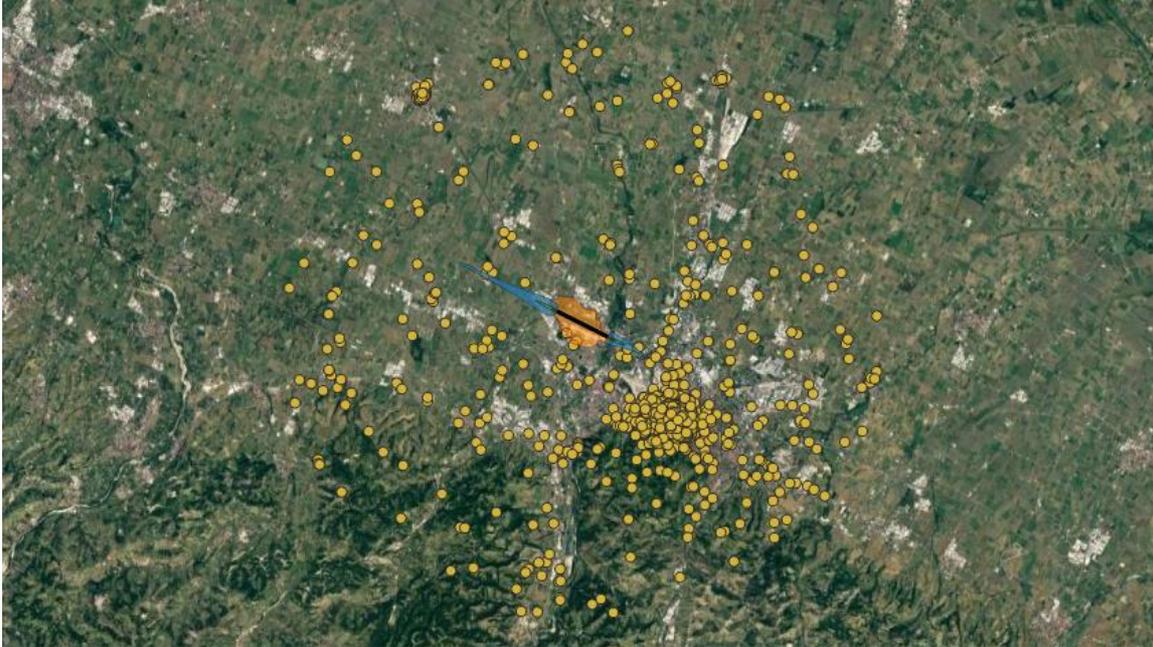


Figura 41 – Patrimonio architettonico

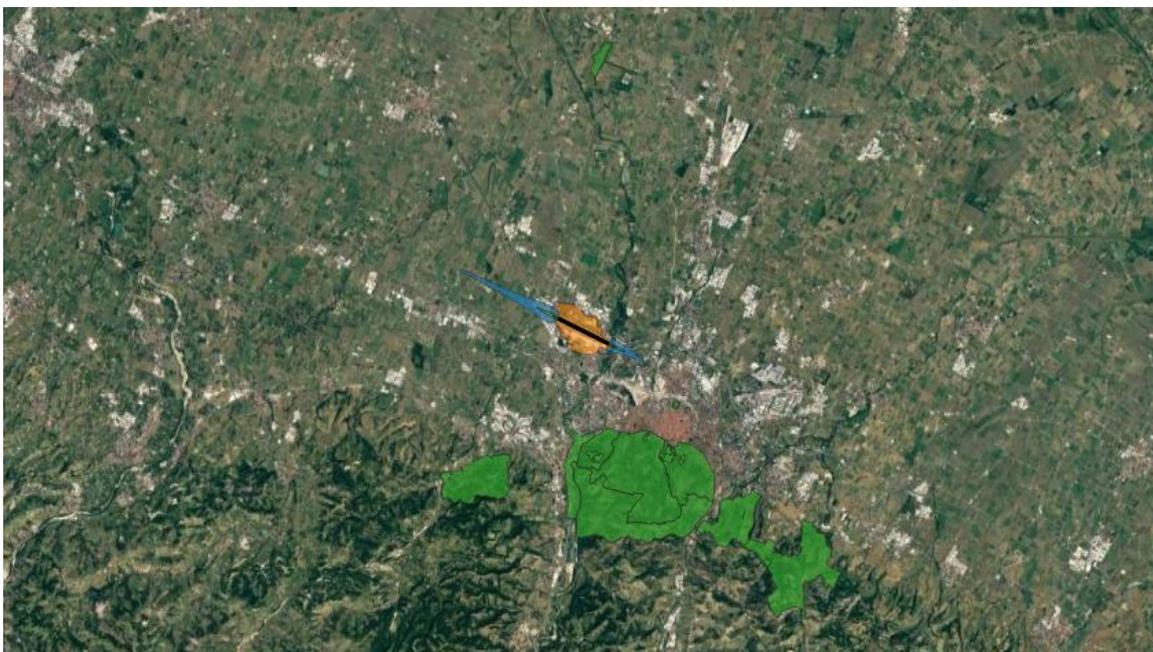


Figura 42 – Beni paesaggistici

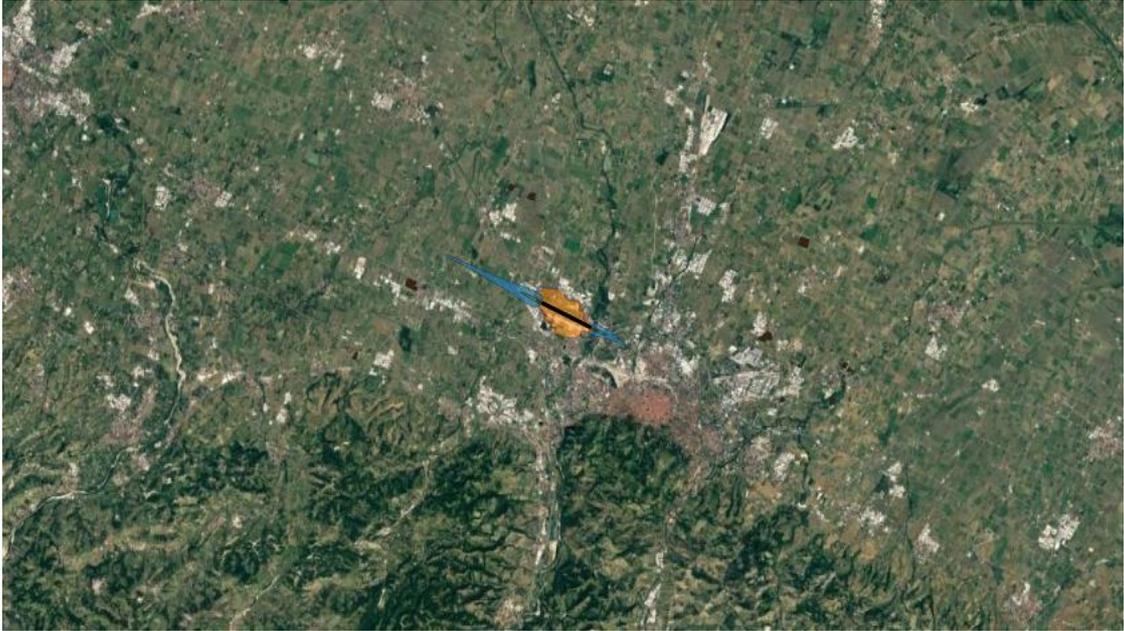


Figura 43 – Beni archeologici

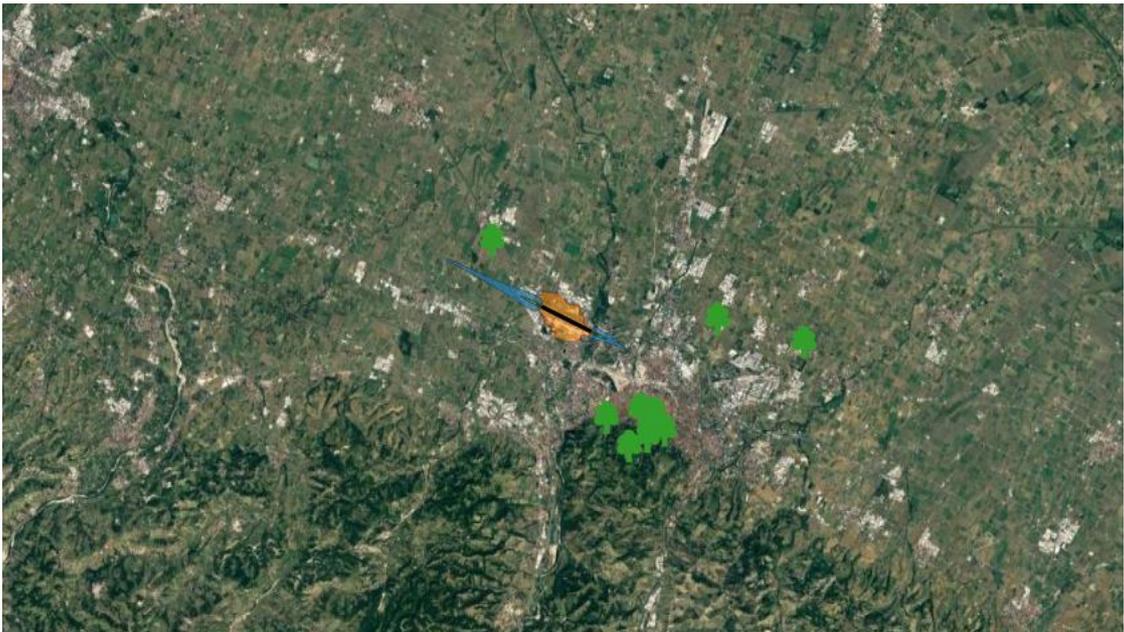


Figura 44 – Rappresentazione alberi monumentali nell'area d'influenza

1.9.1. Normativa di riferimento

Ai sensi del Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137, l'articolo 136, capo II, definisce immobili ed aree di notevole interesse pubblico soggetti alle richiamate disposizioni normative in virtù del notevole interesse pubblico:

- a) le **cose immobili** che hanno cospicui caratteri di bellezza naturale (singolarità geologica o memoria storica, ivi compresi gli alberi monumentali);
- b) le **ville**, i **giardini** e i **parchi**, non tutelati dalle disposizioni della Parte seconda del Codice, che si distinguono per la loro non comune bellezza;
- c) i **complessi di cose immobili** che compongono un caratteristico aspetto avente valore estetico e tradizionale, inclusi i centri ed i nuclei storici;
- d) le **bellezze panoramiche** [. . .] e così pure quei punti di vista o di belvedere, accessibili al pubblico, dai quali si goda lo spettacolo di quelle bellezze.

1.9.2. Individuazione dei beni d'interesse

Attraverso la piattaforma *webgis*, disponibile per concessione di utilizzo pubblico da parte del Segretariato Regionale per l'Emilia Romagna (<https://www.patrimonioculturale-er.it/webgis/>), è possibile individuare il patrimonio architettonico composto da:

- **beni architettonici;**
- **beni paesaggistici;**
- **beni archeologici.**

Le cartografie tematiche sono state discretizzate su specifici layer con l'obiettivo di visualizzare separatamente gli ambiti di interesse.

1.9.3. Beni architettonici

Beni tutelati (ai sensi degli artt. 2 e 10 del D. Lgs. 42/2004) classificati per tipo di tutela vigente. Sono individuate anche le tutele revocate in quanto il bene oggetto del provvedimento è stato distrutto o completamente modificato.

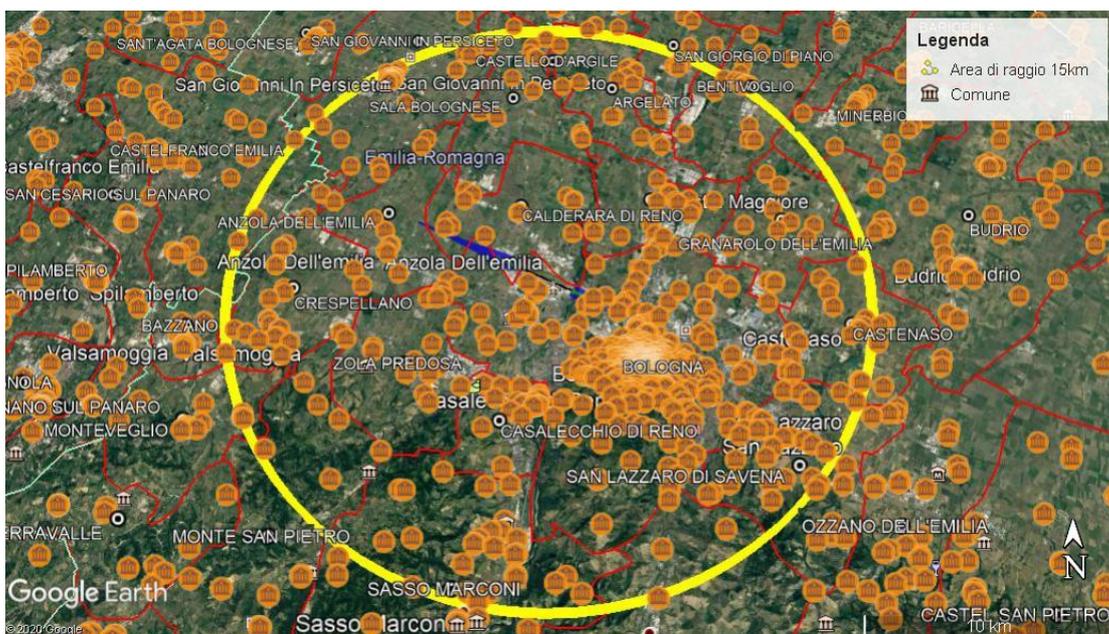
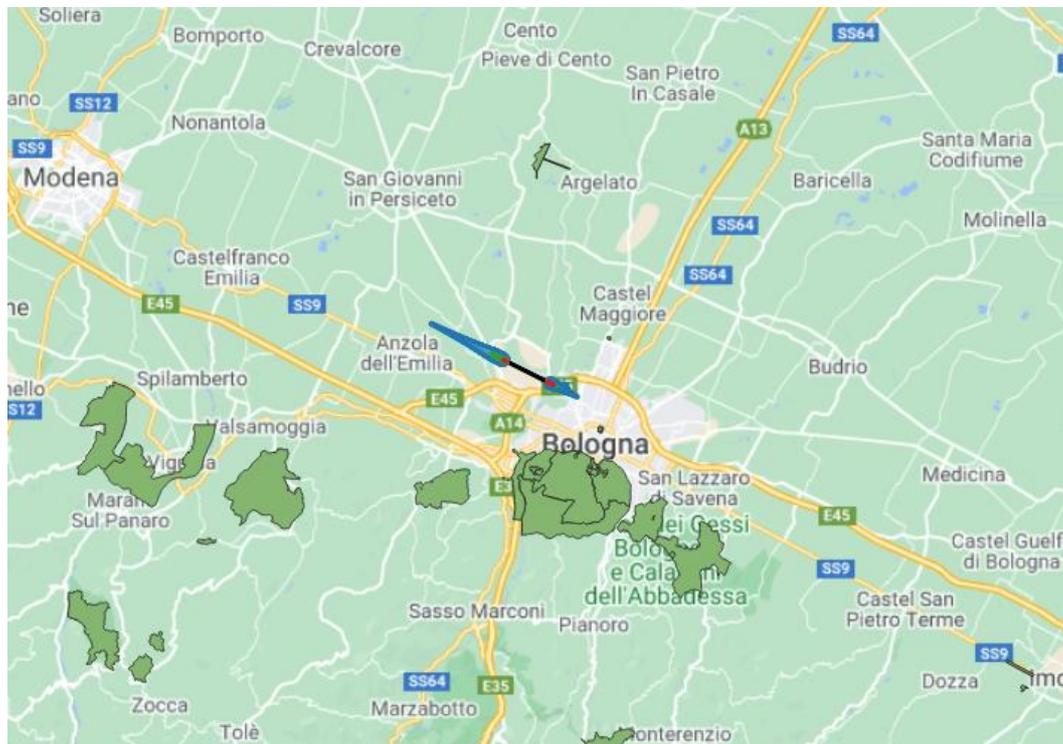


Figura 45 – Rappresentazione beni architettonici nell'area d'influenza

1.9.4. Beni paesaggistici

Le perimetrazioni presentano gli esiti del lavoro di ricognizione degli immobili e aree di notevole interesse pubblico di cui all'articolo 136 del D. Lgs. 42/2004.



Beni paesaggistici

Figura 46 – Rappresentazione dei beni paesaggistici nell'area d'influenza

1.9.4.1. Alberi monumentali

Gli "Alberi monumentali" sono i grandi alberi dell'Emilia-Romagna che, grazie al lavoro del primo censimento nazionale, con il coordinamento della Regione, sono stati riconosciuti Alberi Monumentali d'Italia: una lista che comprende esemplari arborei, singoli o in gruppi e filari, ai quali è riconosciuto un particolare valore culturale e storico, oltre all'aspetto strettamente scientifico o ambientale. Ad oggi si contano 104 esemplari.

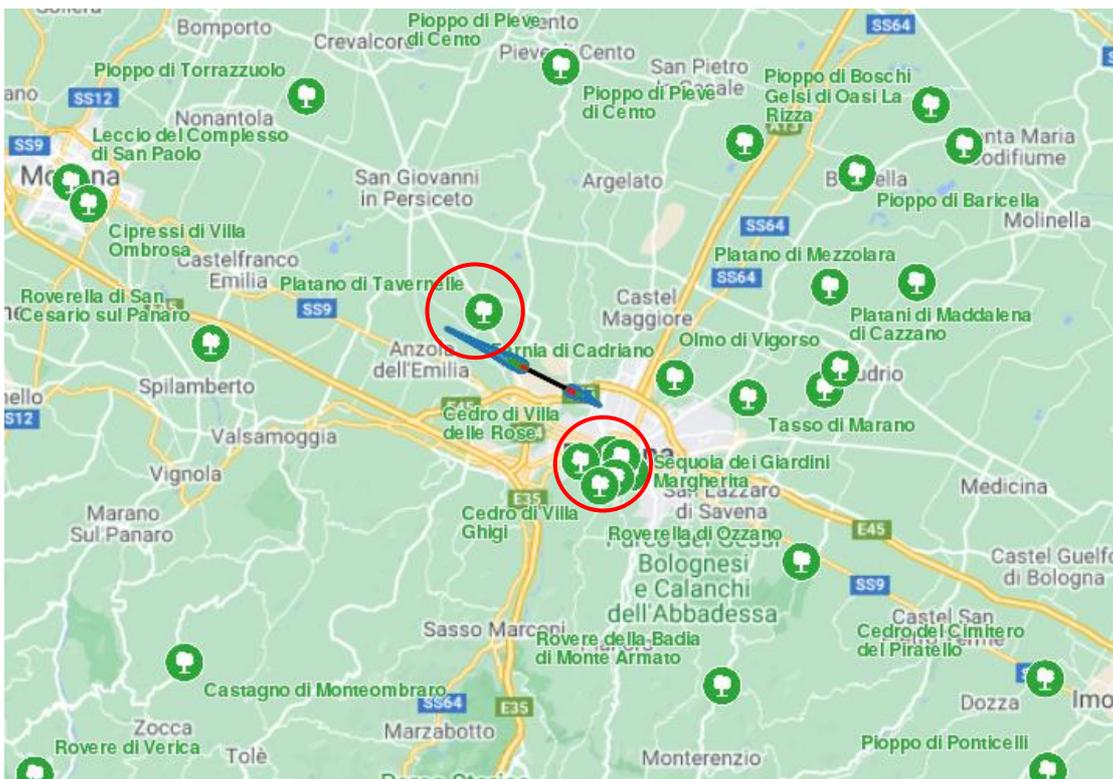


Figura 47 – Rappresentazione degli alberi monumentali nell’area d’influenza

1.10. Beni archeologici

I beni archeologici tutelati ai sensi dell’art. 10 del Codice dei Beni Culturali presenti nel *WebGIS* sono una piccola parte del ricchissimo patrimonio regionale, della cui consistenza solo le carte archeologiche e le carte della potenzialità archeologica possono dare un quadro affidabile.



Figura 48 – Rappresentazione dei beni culturali nell’area d’influenza

1.10.1. Sedi di conservazione

La figura rappresenta la localizzazione delle sedi conservazione degli archivi storici.

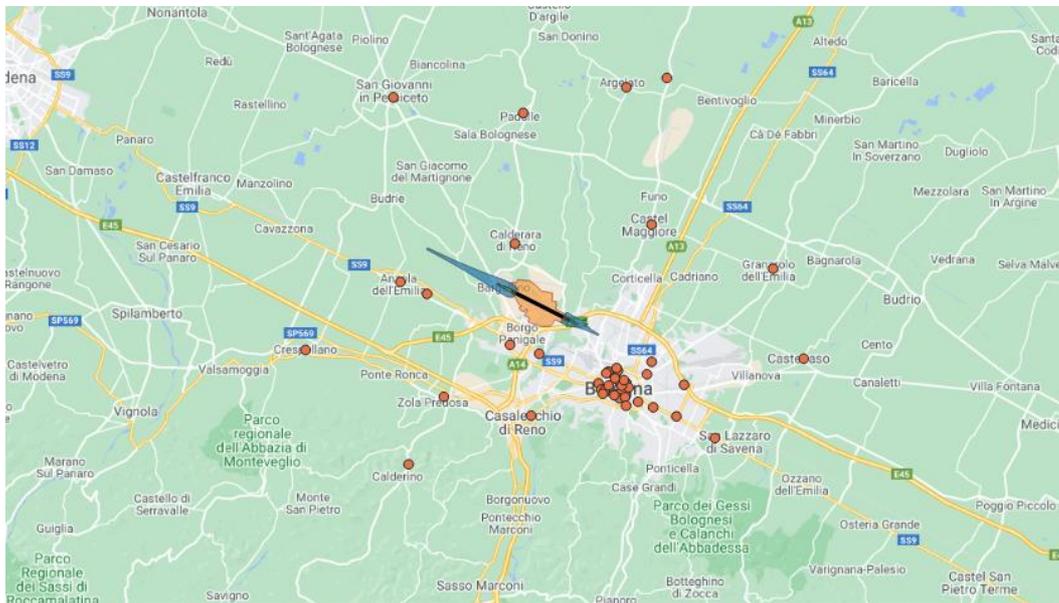


Figura 49 – Archivi storici [fonte: Sistema archivistico nazionale (SAN)]

1.11 Aree protette e aree naturali protette di interesse locale

Le aree protette e le aree naturali sono identificate dalla componente flora e fauna, con la funzione di preservare l'equilibrio ambientale di una determinata area, aumentandone o mantenendone l'integrità e la biodiversità, potenzialmente interessata dagli effetti di eventi incidentali che investono l'area d'influenza e dunque soggette anch'esse a valutazione.

Le aree naturali protette di interesse locale (ANPIL) sono costituite da aree naturali inserite in contesti territoriali fortemente antropizzati, che richiedono azioni di conservazione, restauro o ricostituzione delle originarie caratteristiche ambientali e che possono essere oggetto di progetti di sviluppo ecocompatibile.

L'inquadramento considera la naturalità assunto il parametro di riferimento fornito dalle tavole dei vincoli del Comune di Bologna, a cui si associa l'entità dell'impatto nella zona in esame, indipendente dal tipo di scenario atteso.



Figura 50 - Aree protette e aree naturali protette di interesse locale nella regione Emilia Romagna

Il censimento delle aree protette della provincia di Bologna [<https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/parchi-natura2000/aree-protette/aree-protette-per-provincia/bologna>] individua (cfr. figura 38, Macroarea n.3 Emilia orientale):

Parchi regionali

- Abbazia di Monteveglio (cfr. Figura 46)
- Corno alle Scale (cfr. Figura 47)
- Gessi Bolognesi e Calanchi dell'Abbadessa (cfr. Figura 48)
- Laghi Suviana e Brasimone (cfr. Figura 49)
- Monte Sole (cfr. Figura 50)
- Vena del Gesso Romagnola (cfr. Figura 51)

Parco regionale Abbazia di Monteveglio

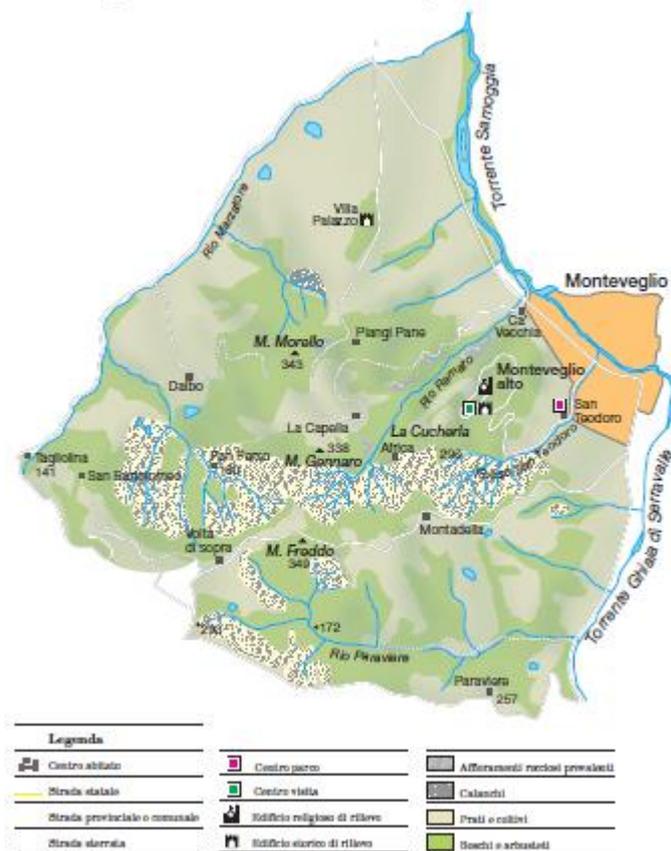


Figura 51 – Parco Abbazia di Monteveglio

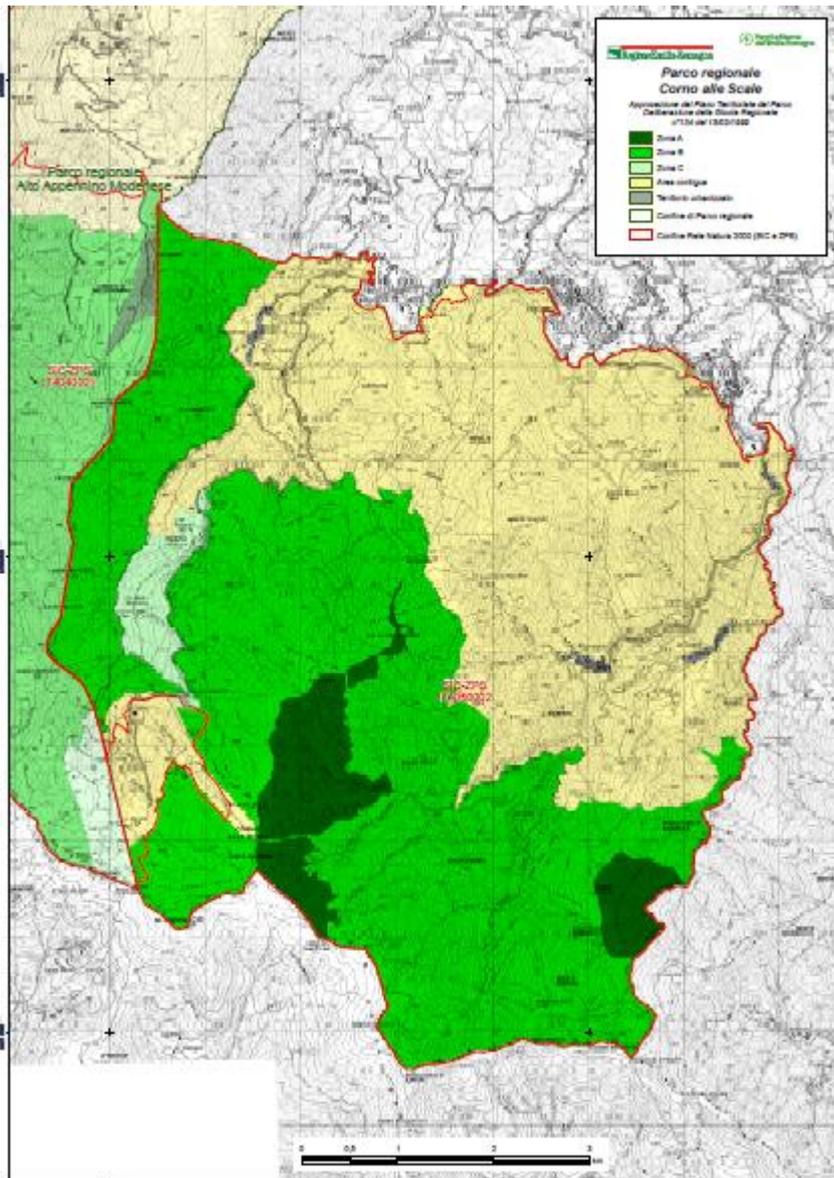


Figura 52 – Parco Corno alle Scale

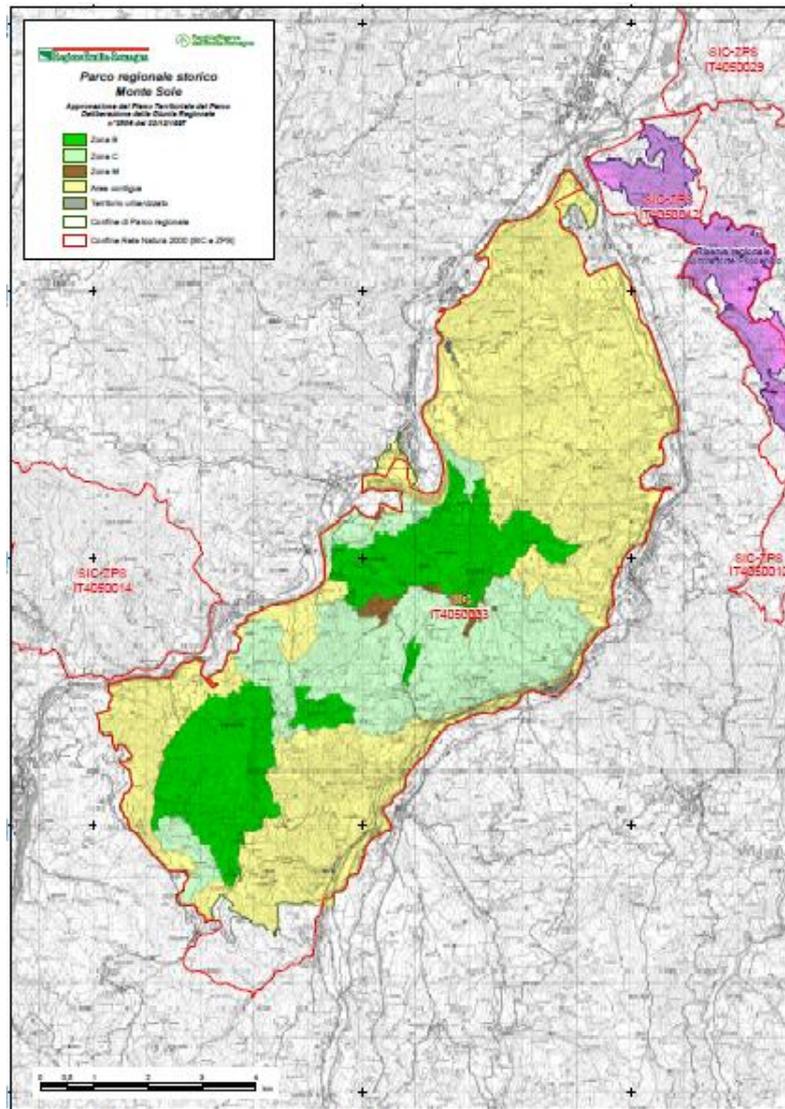


Figura 55 - Parco Monte Sole

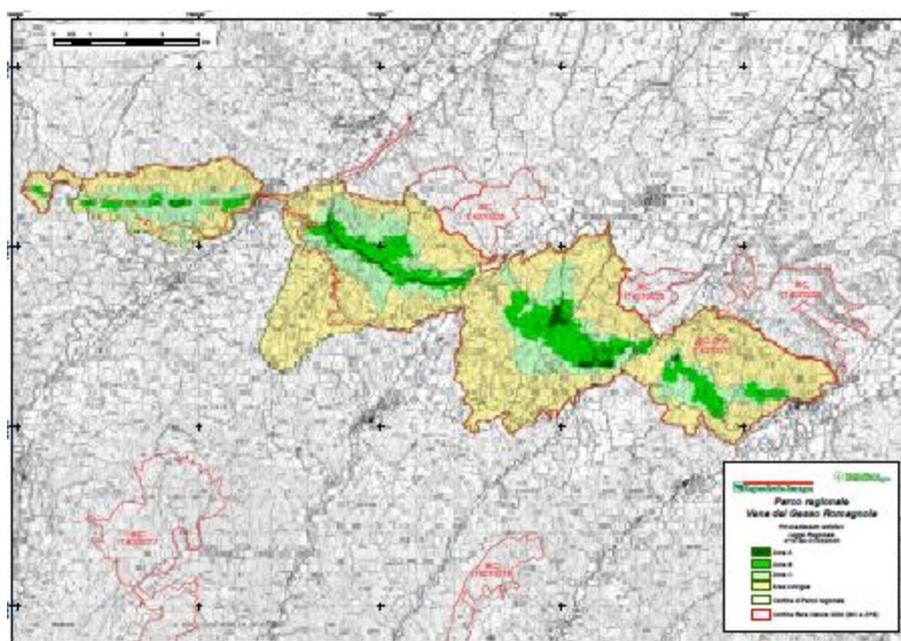


Figura 56 - Parco Vena del Gesso Romagnola

Riserve naturali regionali

- Bosco della Frattona (cfr. Figura 52)
- Contrafforte Pliocenico (cfr. Figura 53)

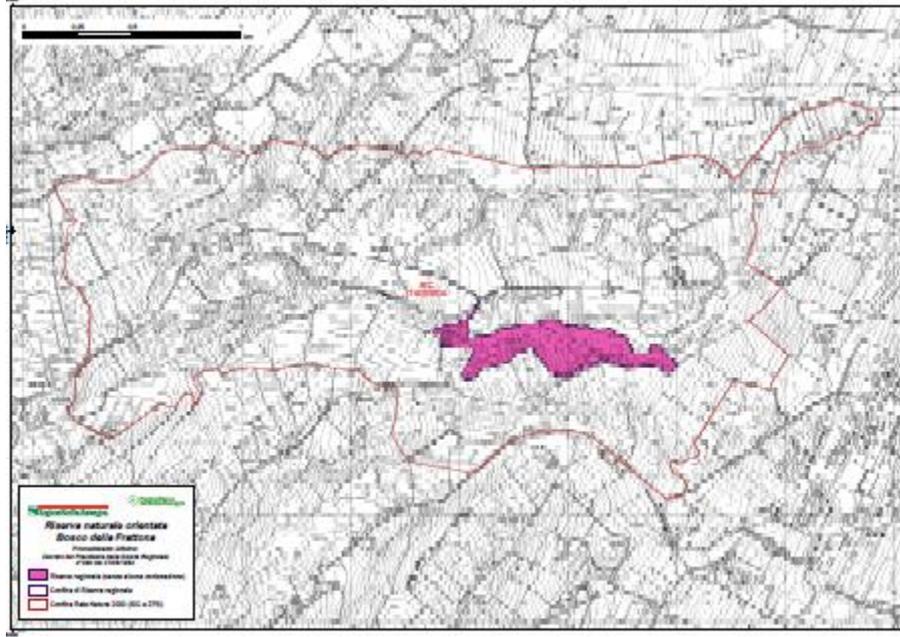


Figura 57 - Bosco della Frattona

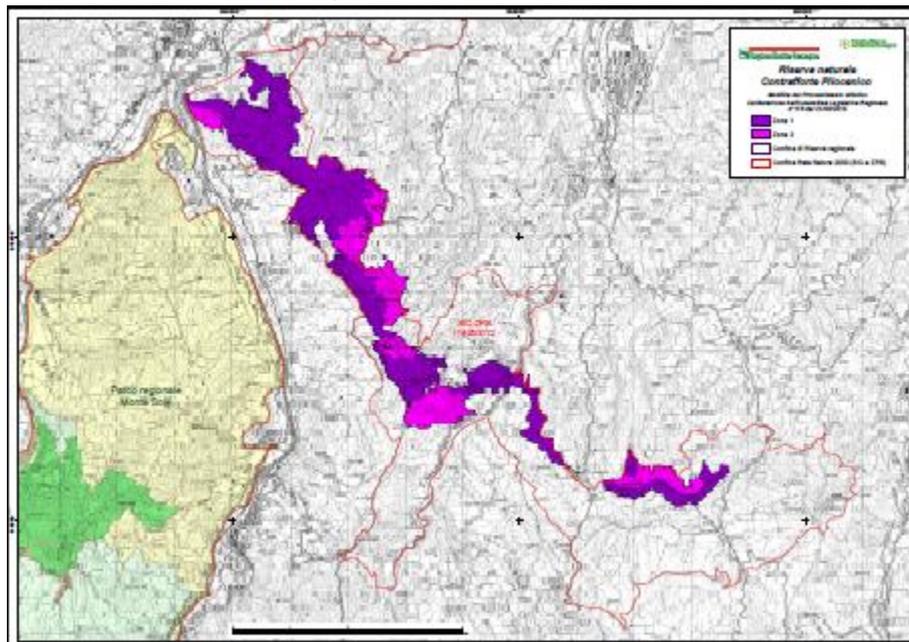


Figura 58 - Contrafforte Pliocenico

Paesaggi naturali e seminaturali protetti

- Colline di San Luca (cfr. Figura 54)

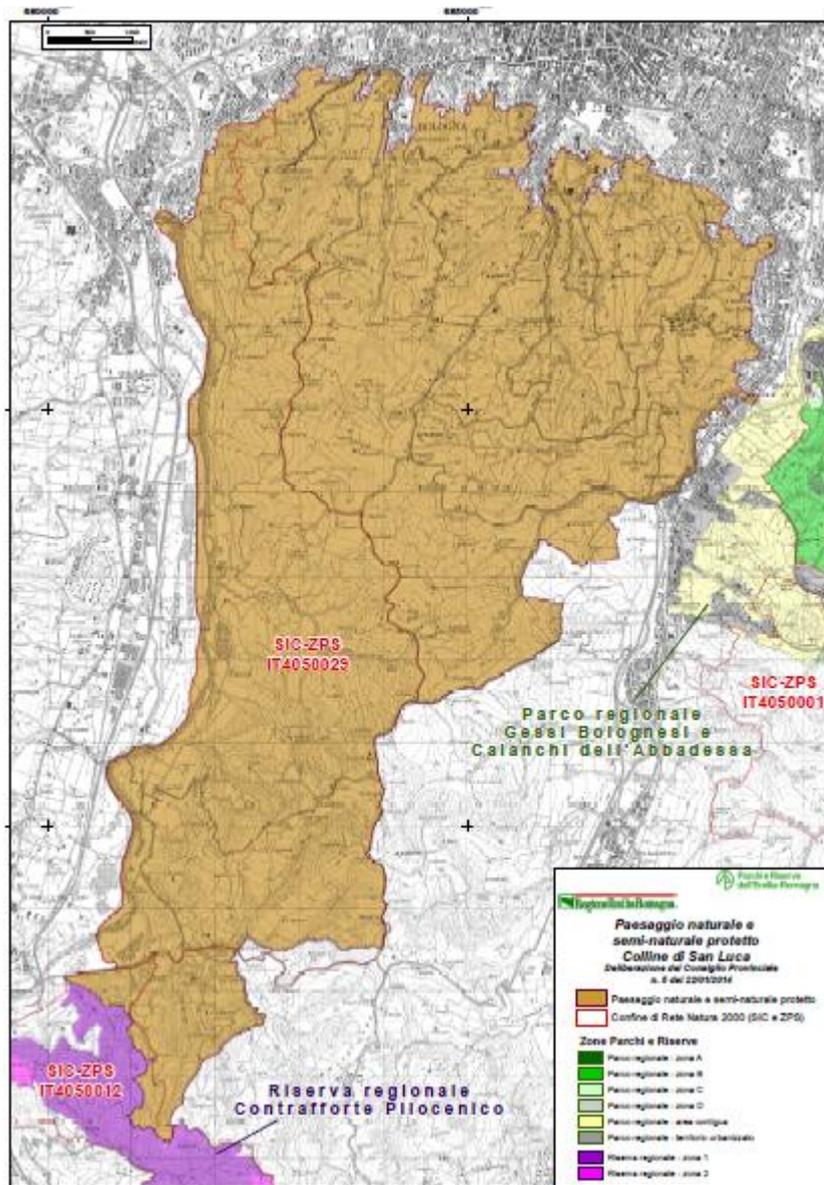


Figura 59 - Colline di San Luca

Aree di riequilibrio ecologico

- Bisana (cfr. Figura 55)
- Collettore delle Acque Alte (cfr. Figura 56)
- Dosolo (cfr. Figura 57)
- Ex risaia di Bentivoglio (cfr. Figura 58)
- Golena San Vitale (cfr. Figura 59)
- La Bora (cfr. Figura 60)
- Torrente Idice (cfr. Figura 61)
- Vasche ex zuccherificio di Crevalcore (cfr. Figura 62)

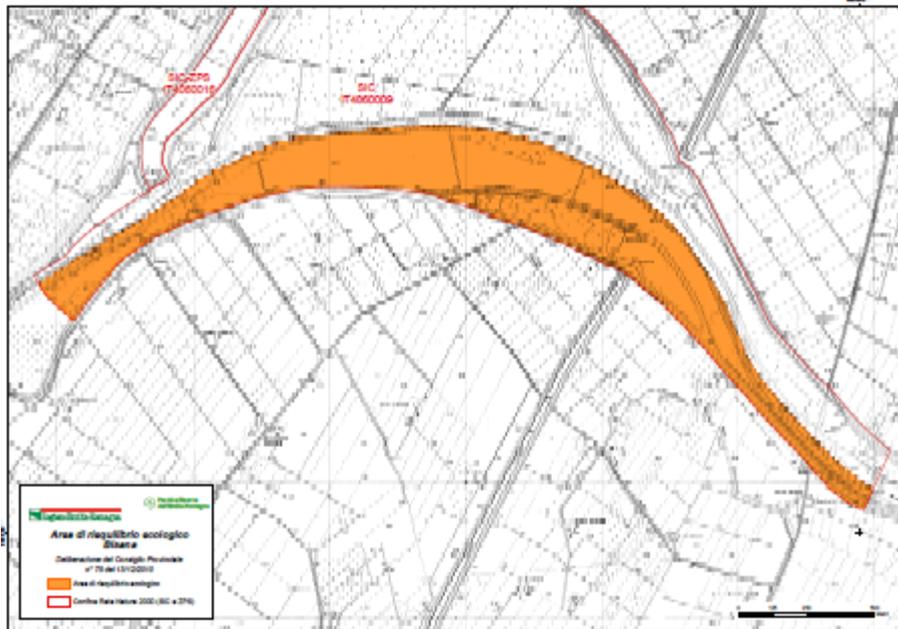


Figura 60 - Bisana

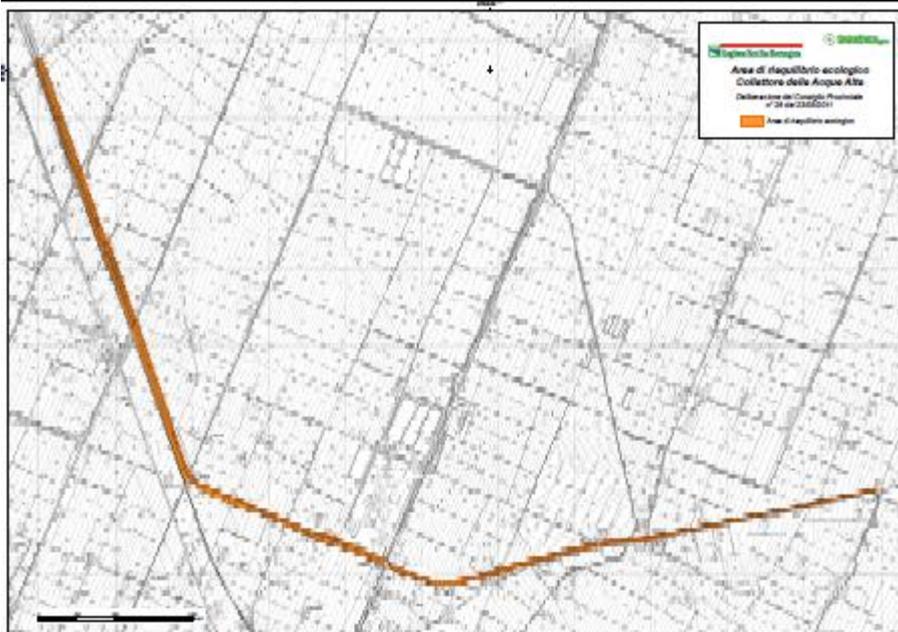


Figura 61 - Collettore delle Acque Alte

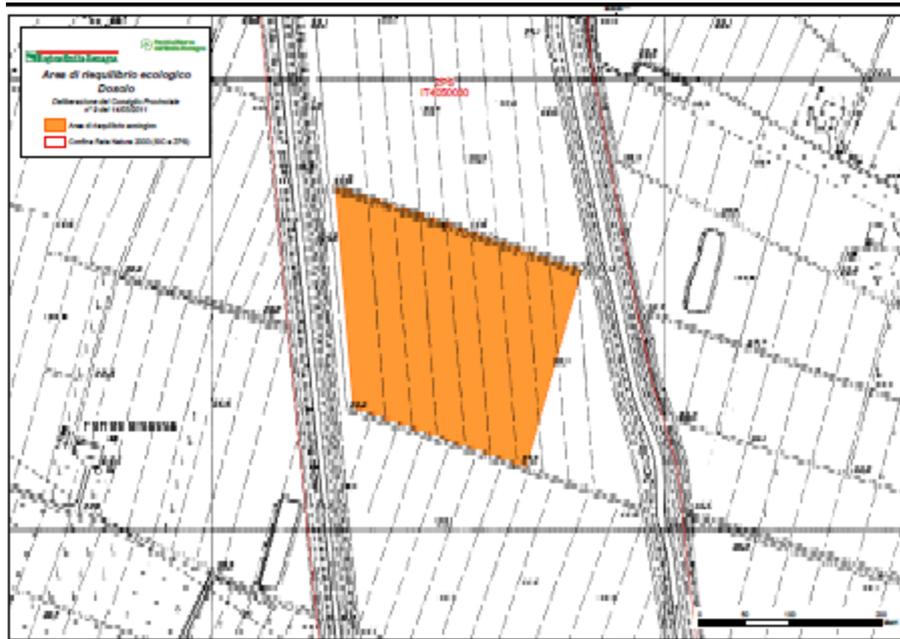


Figura 62 - Dosolo

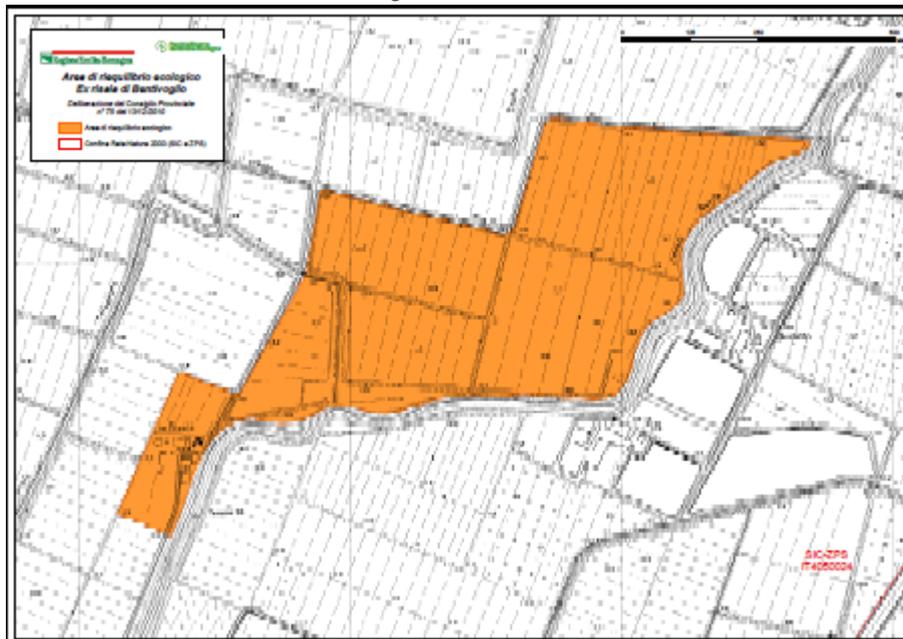


Figura 63 - Ex risaia di Bentivoglio

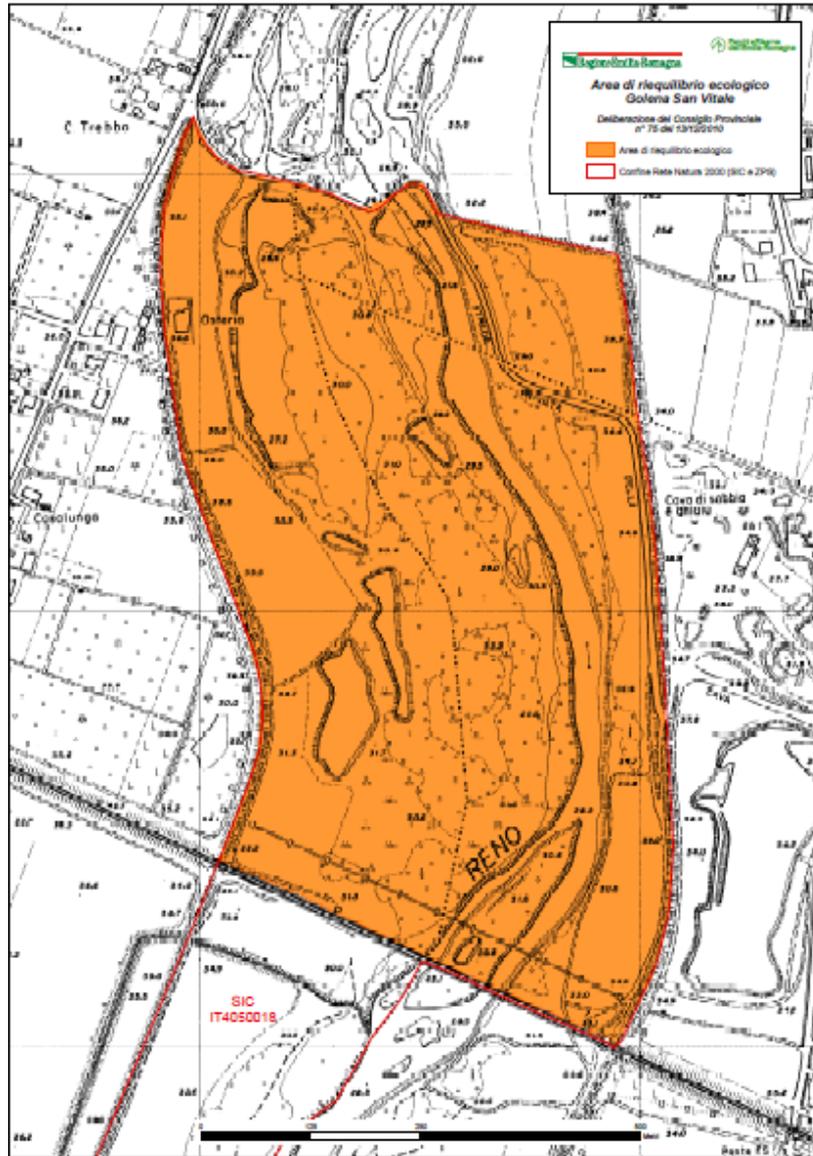


Figura 64 - Golena San Vitale

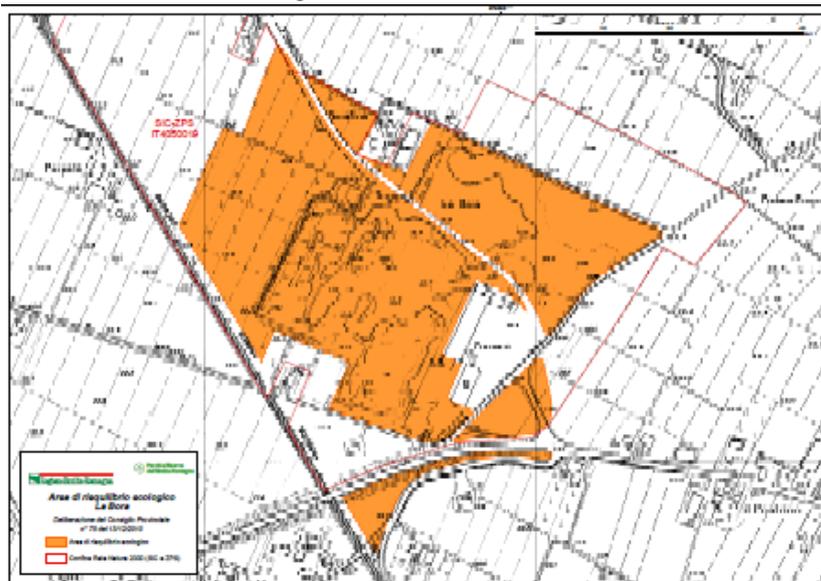


Figura 65 - La Bora

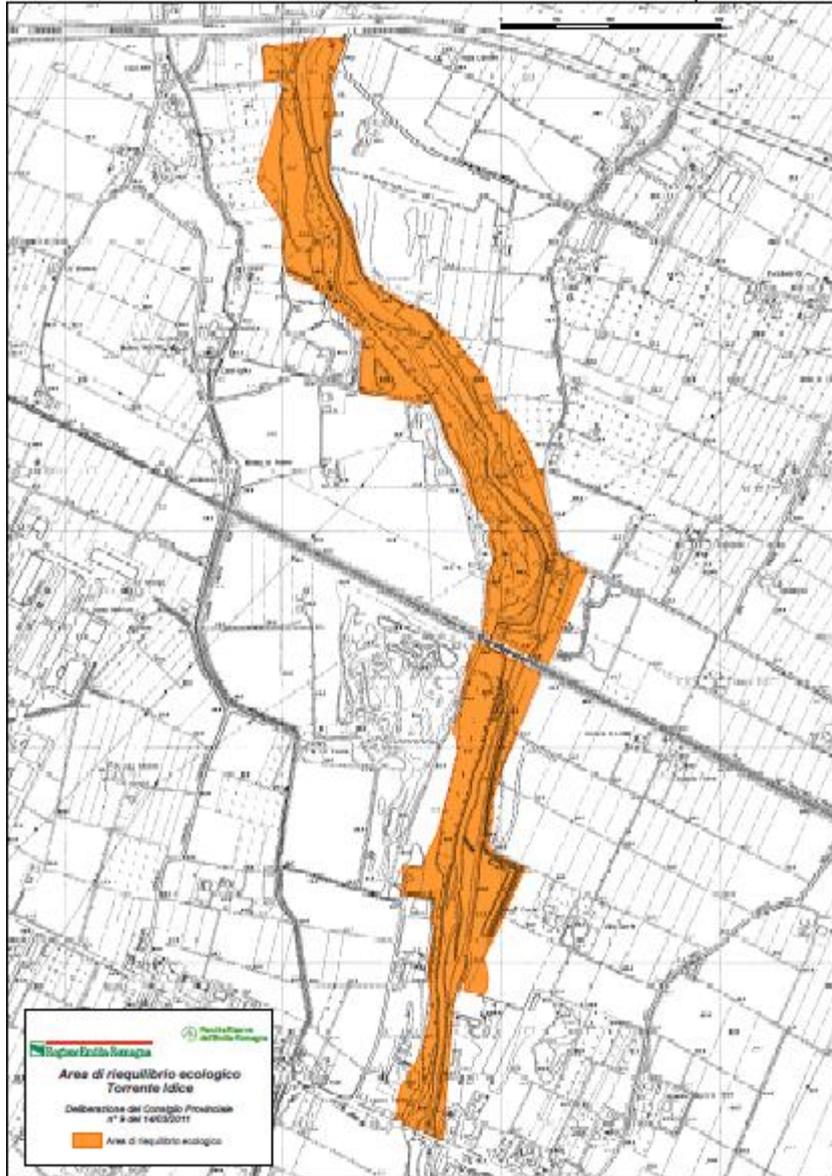


Figura 66 - Torrente Idice



Figura 67 - Vasche ex zuccherificio di Crevalcore

Siti Natura 2000 (cfr. figura 63) [<https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/parchi-natura2000/rete-natura-2000/siti/siti-per-provincia/bologna>]

ZSC

- IT4050003 - Monte Sole
- IT4050004 - Bosco della Frattona
- IT4050011 - Media Valle del Sillaro
- IT4050015 - La Martina, Monte Gurlano
- IT4050016 - Abbazia di Monteveglio
- IT4050018 - Golena San Vitale e Golena del Lippo
- IT4050020 - Laghi di Suviana e Brasimone
- IT4050027 - Gessi di Monte Rocca, Monte Capra e Tizzano
- IT4050028 - Grotte e Sorgenti pietrificanti di Labante
- IT4060009 - Bosco di Sant'Agostino o Panfilia
- IT4070017 - Alto Senio

ZSC-ZPS

- IT4040009 - Manzolino

- IT4050001 - Gessi Bolognesi, Calanchi dell'Abbadessa
- IT4050002 - Corno alle Scale
- IT4050012 - Contrafforte Pliocenico
- IT4050013 - Monte Vigese
- IT4050014 - Monte Radicchio, Rupe di Calvenzano
- IT4050019 - La Bora
- IT4050022 - Biotopi e Ripristini ambientali di Medicina e Molinella
- IT4050023 - Biotopi e Ripristini ambientali di Budrio e Minerbio
- IT4050024 - Biotopi e ripristini ambientali di Bentivoglio, San Pietro in Casale, Malalbergo e Baricella
- IT4050029 - Boschi di San Luca e Destra Reno
- IT4050031 - Cassa di espansione del Torrente Samoggia
- IT4050032 - Monte dei Cucchi, Pian di Balestra
- IT4060001 - Valli di Argenta
- IT4070011 - Vena del Gesso Romagnola

ZPS

- IT4050025 - Biotopi e Ripristini ambientali di Crevalcore
- IT4050026 - Bacini ex-zuccherificio di Argelato e Golena del Fiume Reno
- IT4050030 - Cassa di espansione Dosolo
- IT4060017 - Po di Primaro e Bacini di Tragheto



Figura 68 - Siti Natura 2000 nella Provincia di Bologna

2. La valutazione degli scenari di pericolo per la sicurezza e la salute e per il territorio (ambiente e beni) per effetto di un incidente aereo

2.1. Introduzione

La sezione illustra lo studio riguardante *i possibili rischi per la sicurezza e la salute e per il territorio (ambiente e beni)* ad eccezione del Rischio Locale Personale (RLP)¹⁰, definito come il rischio annuo di morte per un individuo che si trovi continuamente per 365 giorni in un punto dell'area aeroportuale interessata dallo studio.

La valutazione è riferita alle conseguenze di un incidente causato da un guasto critico durante le fasi di decollo e atterraggio di un aeromobile, considerando il traffico aereo caratteristico (per tipologia e intensità).

Il rischio derivante da incidente aereo, qui valutato, investe ambiti di interesse esterni al sedime aeroportuale, in accordo con le probabilità di impatto attribuite alle Zone di rischio¹¹, ove, per effetto diretto (impatto) o indiretto (evoluzione di uno scenario incidentale di impatto dell'aeromobile) si stimano danni a persone o beni esposti al flusso del pericolo.

Gli Eventi Iniziatori rappresentativi e significativi degli scenari incidentali valutabili, sono caratterizzati, come richiamato, dalla famiglia Airbus 320, A300, A330, dalla famiglia Boeing 737, 757, 767, 777 e da un aeromobile della famiglia Canadair Regional Jet 1000 definito rappresentativo, per caratteristiche di capienza dei serbatoi carburante, della classe residuale di velivoli che fruiscono dell'infrastruttura aeroportuale.

Le conseguenze dell'incidente possono essere distinte in:

- **impatto meccanico diretto** dell'aeromobile in un punto del sedime aeroportuale o ad esso esterno (secondo le aree di impatto individuate nello studio precedente) nelle operazioni di decollo ed atterraggio;
- **effetto diretto di irraggiamento** termico a seguito di rilascio di carburante e innesco con incendi conseguenti (scenari di pool fire e flash-fire);
- **effetto indiretto (domino) di irraggiamento** dovuto all'ipotesi che l'incidente aereo inneschi, a sua volta, un incidente rilevante in un impianto industriale RIR che insiste nell'area in cui l'impatto può avere conseguenze fatali per effetto meccanico (diretto) o per irraggiamento (indiretto) con conseguente incendio delle sostanze processate nell'impianto oppure per dispersione delle stesse (nube tossica).

Pur essendo la finalità prevalente degli studi predisposti attinente le valutazioni specifiche di caratterizzazione degli effetti sulle persone e sui beni esposti (naturali ed antropici), si è tuttavia verificato che dette analisi tenessero in adeguata considerazione, per quanto tecnicamente opportuno e necessario, anche i contenuti degli studi probabilistici già disponibili, propedeutici alla successiva applicazione delle

¹⁰ Tale indice di rischio è utilizzato in studi analoghi di valutazione di impatto delle attività antropiche (e.g., de Waal et al., 2015).

¹¹ cfr. studio condotto da Sapienza ed ENAC nel 2011, a firma dei proff. P. Di Mascio e G. Loprencipe

procedure standard dell'art. 715 del Codice della Navigazione che, come noto, nell'ambito del Capo III – Vincoli della proprietà privata, contempla la possibilità, di carattere prettamente ed esclusivamente urbanistico, che i Comuni territorialmente interessati impongano servitù e limitazioni sui territori limitrofi agli aeroporti.

La valutazione è conforme alla normativa e regolamentazione internazionale vigente, il riferimento normativo dell'ICAO sul presente tema è costituito dal documento "Airport Planning Manual - Doc 9184/part 2" che, al paragrafo 6.5 "Risk of Aircraft Accident around Airports", tratta l'argomento sia dal punto di vista metodologico, a livello di pianificazione territoriale, sia nell'ambito della valutazione di vincoli urbanistici da apporre alle aree circostanti il sedime aeroportuale.

I modelli assunti per la valutazione del rischio derivante da incidente aereo sono, di seguito, brevemente richiamati:

Modello Stocastico (assunto nel documento STUDIO PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO INDIVIDUALE CONTRO TERZI): illustra la formulazione probabilistica integrale del calcolo del rischio che tiene conto delle conseguenze dell'incidente aereo. Tale formulazione consente di passare dal tasso di guasto critico per l'aeromobile di riferimento al tasso degli incidenti mortali per ogni punto dell'area e, di conseguenza, al RLP.

Modello Aeronautico (assunto nel documento STUDIO PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO INDIVIDUALE CONTRO TERZI): tale modello è funzionale al calcolo probabilistico formulato dal modello stocastico.

Modello Chimico-Fisico dell'Irraggiamento (introdotto in questo studio): le probabilità condizionate, calcolate con il modello aeronautico, sono dati di ingresso per la modellazione proposta che si riferisce all'innescò di un incidente con conseguenze letali per effetto della ignizione del carburante rilasciato nell'impatto. Si considera sia l'ignizione della pozza formatasi (pool-fire) a seguito del danneggiamento dei serbatoi dell'aeromobile (per impatto meccanico o per sollecitazione termica) che quella eventuale generata dalla nuvola di vapori (flash-fire).

Modello dell'Effetto Domino (introdotto in questo studio): in questa parte viene illustrata la modellazione dell'effetto domino dell'incidente su un impianto a rischio di incidente rilevante (RIR) che possa essere coinvolto nell'incidente, innescando a sua volta conseguenti scenari di pericolo.

In particolare, l'analisi riguarda il modello chimico fisico dell'irraggiamento indotto da possibili scenari evolutivi (flash fire e pool fire) compatibili con le condizioni al contorno.

A supporto dell'elaborazione di tale analisi è stato utilizzato il software ALOHA¹² per la simulazione degli scenari incidentali, valutando al variare di parametri chimico-fisici coerentemente attribuiti, l'evoluzione degli stessi in termini di curve di pericolosità che definiscono aree in cui l'effetto (danno), conseguente alla sollecitazione indotta, deriva dalla quantificazione delle persone e dei beni esposti e dalle funzioni di deterioramento (ad esempio, nel caso di esposizione delle persone agli effetti del pool fire o del flash fire, le curve di lesività utilizzate sono le funzioni *Probit*).

¹² CAMEO® software suite [<https://www.epa.gov/cameo/aloha-software>]

2.2. Modello Chimico-Fisico dell'Irraggiamento (definizione della pericolosità specifica)

Il modello definisce gli scenari incidentali evolutivi derivanti da un incidente aereo, occorrente nell'area interna e immediatamente prossima all'aeroporto, utilizzando tecniche e valutazioni standardizzate e modelli integrali per la modellazione dei fenomeni chimici e fisici associati all'incidente stesso.

La valutazione degli scenari incidentali generati dall'ignizione di liquidi e vapori infiammabili, parte dalla definizione del quantitativo di sostanza sversata. La quantificazione di tale parametro di input è basata sull'analisi delle caratteristiche dei velivoli che insistono dell'aeroporto.

Viene, quindi, riportata la lista completa della flotta di aerei in riferimento all'aeroporto di Bologna, evidenziando nello specifico i modelli assunti per sviluppare l'albero degli eventi in funzione degli scenari di rischio individuati successivamente.

In tabella 1 sono riportate le tipologie di aeromobili ed evidenziate quelle considerate nel presente studio) con il proprio codice ICAO, caratterizzate dalla capacità di immagazzinamento di carburante in termini di volume.

Airplane Model	ICAO code	Fuel Capacity (L)
A321-200 Sharklets	A321	29680
Airbus 320 Neo	A320	29680
Airbus A300 B6 Freighter	A306	68150
Airbus A318	A318	24210
Airbus A319	A319	24210
Airbus A320	A320	29680
Airbus A320 Sharklets/Winglets	A320	29680
Airbus A321	A321	29680
Airbus A321 Neo Sharklets	A321	29680
Airbus A330	A330	97170
Airbus A330 Freighter	A330	97170
Antonov 124 Ruslan	A124	
ATR 72	AT72	
Avro RJ85	RJ85	
Boeing 737-300	B733	20104
Boeing 737-300 Freighter	B733	20104
Boeing 737-400	B734	20104
Boeing 737-400 Freighter	B734	20104
Boeing 737-700	B737	26020
Boeing 737-700 Winglets	B737	26020
Boeing 737-800	B738	26020
Boeing 737-800 Scimitar Winglets	B738	26020
Boeing 737-800 Winglets	B738	26020
Boeing 737-800 Winglets Freighter	B738	26020
Boeing 737-900 Winglets	B739	26020
Boeing 757-200 Freighter Winglets	B757	42680
Boeing 757-200 Freighter-new name	B757	42680
Boeing 767-200 Freighter	B762	90770

Boeing 767-300 Freighter	B763	90770
Boeing 767-300 Freighter Winglets	B763	90770
Boeing 777-200 LR	B772	117340
Boeing 777-300 ER	B77W	171170
Canadair Regional Jet 1000	CRJX	10967
Canadair Regional Jet 700	CRJ7	10989
Canadair Regional Jet 900	CRJ9	10967
De Havilland Dash 8-400	DH8D	
Dornier 228	D228	
Embraer 170	E170	11629
Embraer 175	E175	11629
Embraer 190	E190	
Embraer 195	E190	16156
Embraer RJ145	E145	
Fokker 100	F100	
Saab 340	SB34	

Tabella 1- *Modelli degli aeromobili individuati con riferimento alle capacità di serbatoi carburante*

Dalla disponibilità dei dati si è ipotizzato di considerare tipologie di veicoli rappresentativi delle diverse famiglie di aeromobili, con differenti capacità del serbatoio e differenti modalità costruttivi dello stesso, in modo da poter individuare scenari che comprendano tutte le tipologie per punti di condensazione rappresentativi (modelli di aeromobile) delle classi individuate, le quali definiscono il gruppo completo di eventi iniziatori incompatibili, necessari per l'eshaustività dell'analisi.

Per quanto riguarda la famiglia degli Airbus, sono stati scelti i seguenti modelli come rappresentativi delle tipologie omologhe (su intervalli di condensazione) per le valutazioni successive:

- Airbus 320 Neo, individuato come categoria 1, avente serbatoi in grado di contenere una quantità di carburante di 29680 litri;
- Airbus A300 B6 Freighter, individuato come categoria 2, avente serbatoi in grado di contenere una quantità di carburante di 68150 litri;
- Airbus A330 individuato come categoria 3, avente serbatoi in grado di contenere una quantità di carburante di 97170 litri.

Per la famiglia dei Boeing, sono stati scelti come modelli rappresentativi per le valutazioni i seguenti aeromobili:

- Boeing 737-300, individuato come categoria 1, avente serbatoi in grado di contenere una quantità di carburante di 20104 litri;
- Boeing 757-200 Freighter Winglets, individuato come categoria 2, avente serbatoi in grado di contenere una quantità di carburante di 42680 litri;
- Boeing 767-200, individuato come categoria 3, avente serbatoi in grado di contenere una quantità di carburante di 90770 litri;
- Boeing 777-200 LR, individuato come categoria 4, avente serbatoi in grado di contenere una quantità di carburante di 117340 litri.

Per le altre famiglie di velivoli che presentano capacità di serbatoio comparabili, è stato individuato come rappresentativo l'aeromobile della famiglia Canadair, modello Regional Jet 1000 con serbatoio in grado di contenere una quantità di carburante di 10967 litri, individuato come categoria 1.

Ai fini della presente analisi si ipotizza che gli incidenti in fase di decollo e atterraggio possono produrre la fuoriuscita accidentale di combustibile da uno o più serbatoi per effetto del cedimento strutturale parziale o per effetto della rottura catastrofica degli stessi.

Gli scenari considerati sono:

- **Scenario 1:** rilascio da uno o più serbatoi laterali o interni, con fuoriuscita complessiva di tutto il combustibile liquido, pari al più piccolo dei serbatoi (outer tanks). Fase di decollo o atterraggio (in caso di rottura parziale del serbatoio).
- **Scenario 2:** rilascio da uno o più serbatoi, con fuoriuscita complessiva di combustibile liquido pari all'intero contenuto del serbatoio interno (inner tanks). Fase di decollo o atterraggio.
- **Scenario 3:** rilascio da tutti i serbatoi (incluso il serbatoio centrale), con una fuoriuscita di combustibile liquido pari all'intero contenuto di tutti i serbatoi (total tanks). Fase di decollo, con scelta conservativa, e, seppure con bassissima probabilità, in fase di atterraggio.

Per ciascuno dei modelli di aeromobili sopra elencati si valutano dunque gli effetti degli scenari descritti.

La caratterizzazione del combustibile impiegato e le condizioni meteorologiche costituiscono i dati di input dei modelli di dispersione ed innesco.

Il combustibile utilizzato per l'aviazione civile può avere diverse composizioni in funzione dell'aeroporto di partenza, della nazione di provenienza e altri fattori non prevedibili. Il combustibile maggiormente impiegato in aviazione è rappresentato dal cherosene (*jet fuel*), e in modo più particolare dal carburante Jet-A1, caratterizzato da una densità maggiore rispetto, ad esempio alle benzine comuni, e una minore volatilità. Il cherosene è un liquido incolore infiammabile che si ottiene per distillazione frazionata di petrolio da 150 °C a 280 °C. È formato da molecole con catene costituite da 12 a 15 atomi di carbonio, e può raggiungere il 25% in contenuto di aromatici. Al suo interno sono presenti in percentuali variabili alchilati del benzene, indene, naftalene e loro derivati. Ha una densità compresa tra 780 e 810 kg/m³. Il punto di infiammabilità è compreso tra i 37 °C e 65 °C e la temperatura di autoignizione è pari a 220 °C. Il potere calorifico del cherosene è simile a quello del gasolio, inferiore è pari a 43.1 MJ/kg e superiore è pari a 46.2 MJ/kg. Il cherosene è pressoché insolubile in acqua e la frazione solubile è costituita prevalentemente da aromatici.

In considerazione degli scenari di danno strutturale dei serbatoi di stoccaggio dei velivoli, si ipotizza che il combustibile possa espandersi, a seguito della fuoriuscita, su due differenti substrati:

- Substrato A: rilascio su asfalto o cemento (pista atterraggio o decollo);
- Substrato B: rilascio su terreno (fuori pista).

Le condizioni meteorologiche influiscono sulla pericolosità degli scenari incidentali sopra descritti, in termini di evoluzione degli scenari di pericolo, in funzione di molteplici fattori.

La variabilità della temperatura ambiente, tra valori prossimi o inferiori a 0 °C in inverno e superiori ai 40 °C in estate, costituisce un fattore condizionante l'evoluzione degli scenari incidentali. A tal riguardo è bene sottolineare che la temperatura di infiammabilità (temperatura di flash point) dei liquidi combustibili normalmente utilizzati per il trasporto aereo è sempre **superiore a 35 °C**. D'altro canto i sistemi di riscaldamento del combustibile in aereo sono essenzialmente diretti ad evitare il congelamento

in volo dello stesso combustibile (per il Jet A-1 le temperature di congelamento sono inferiori a - 40 °C). In linea di principio, quindi, i combustibili tipo Jet A-1 non dovrebbero formare nuvole infiammabili o incendi di pozze di liquido a meno di elevate temperature ambientali.

Nell'ambito dello studio, la temperatura al suolo è stata considerata pari a 38 °C per il periodo dell'anno solare in cui la condizione viene effettivamente registrata, escludendo, quindi, le condizioni rappresentative delle stagioni più fredde (autunno e inverno).

La condizione è realistica in considerazione della non infiammabilità dei combustibili per uso aereo a temperature inferiori. Ove, quindi, tali temperature non venissero registrate, è plausibile **escludere il raggiungimento della condizione di flash point.**

Le condizioni atmosferiche sono in genere rappresentate da classi meteorologiche standard (condizioni meteorologiche A-F e velocità del vento). Seguendo una pratica consolidata in tutte le analisi di rischio si è fatto riferimento a due condizioni meteorologiche standard, compatibili con le condizioni dell'area indagata e cautelative rispetto alla necessità di individuare condizioni rappresentative:

- Meteo A: **D5**: Classe D, Velocità del vento 5 m/s;
- Meteo B: **F2**: Classe F, Velocità del vento 2 m/s.

Tali classi sono normalmente considerate come rappresentative di tutte le possibili condizioni meteorologiche esistenti.

A seguito della fuoriuscita di combustibile dai serbatoi installati sui velivoli e alla ignizione del combustibile, si possono prevedere due tipologie di incidente:

- l'incendio di pozza (*pool-fire*);
- l'incendio di una nuvola di vapore senza sviluppo di pressione (*flash-fire*).

Com'è noto dalla letteratura tecnica, le due modalità sono caratterizzate come segue:

Il **Pool fire** è l'incendio di una pozza di liquido infiammabile a seguito di una perdita di liquido da un recipiente o da una tubazione, con formazione di una pozza, seguita da innesco immediato.

A seconda del tipo di rottura, se catastrofica o limitata, le modalità di rilascio saranno diverse e verranno indicate rispettivamente come rilascio istantaneo e rilascio continuo.

Le fiamme che si formano hanno un'altezza circa doppia del diametro della pozza e risentono dell'azione del vento.

Il **Flash fire** è l'incendio di una nube di gas o vapori infiammabili che si verifica in caso di innesco ritardato, dopo la fuoriuscita di un prodotto infiammabile allo stato gassoso da un serbatoio o da una tubazione, oppure a seguito della vaporizzazione di liquido infiammabile da una pozza.

In questi casi si forma una nube di vapori infiammabili, che si sposta e si diluisce sotto l'azione del vento, finché trova un innesco, assumendo il carattere di combustione rapidissima.

In questo caso non è la radiazione termica a causare i danni maggiori, ma il **rapidissimo consumo dell'ossigeno nella zona al di sotto della nube infiammabile.**

Dall'analisi è stata esclusa l'esplosione di nuvole di vapori (VCE, Vapour Cloud Explosion) in quanto:

- i **quantitativi di vapore** e la corrispondente **energia di combustione totale** sono relativamente trascurabili ai fini della formazione di grandi nuvole di vapore, condizione necessaria per l'esplosività delle nuvole di vapore infiammabili. Ciò è da ascrivere alla temperatura ambientale relativamente modesta (in relazione alle caratteristiche del liquido infiammabile) e quindi alla

bassa tensione di vapore dei liquidi considerati. Conseguentemente, anche in caso di generazione di onde di sovrappressione si registra un rapido decadimento nello spazio per effetto della bassa energia totale con conseguenze trascurabili rispetto a quelle prodotte dall'incendio. Si registrano, infatti, solo onde sonore non idonee a danneggiare strutture o provocare danni alle persone;

- la **velocità laminare di fiamma** (laminar burning velocity) dei combustibili aerodispersi è molto bassa alla temperatura ambiente di riferimento (benché superiore alla temperatura standard di 25 °C) (per la definizione e la valutazione della velocità di fiamma si veda la sezione di caratterizzazione dei combustibili);
- il **basso congestionamento** (blockage ratio) del sistema aeroportuale non prevede zone ad elevata concentrazione di tubazioni o apparecchiature;
- la **scarsa probabilità di ignizione ritardata** (ordine di decine di minuti o ore), condizione necessaria alla formazione di grandi nuvole di vapore, è indotta dalla presenza di numerose fonti di innesco dovute all'incidente aereo.

2.3. Caratterizzazione aeromobili (definizione della pericolosità specifica)

Delle tipologie di aeromobili presi in considerazione per lo studio, si riportano nel seguente paragrafo, lo schema di design del serbatoio per ogni modello e i corrispondenti dati in capacità del serbatoio espressa in litri.

Si distinguono la capacità totale, data dalla somma delle capacità dei serbatoi laterali e centrale, la capacità complessiva dei serbatoi laterali e la capacità del serbatoio interno.

2.3.1. Famiglia di aeromobili Airbus:

2.3.1.1. Airbus 320 Neo

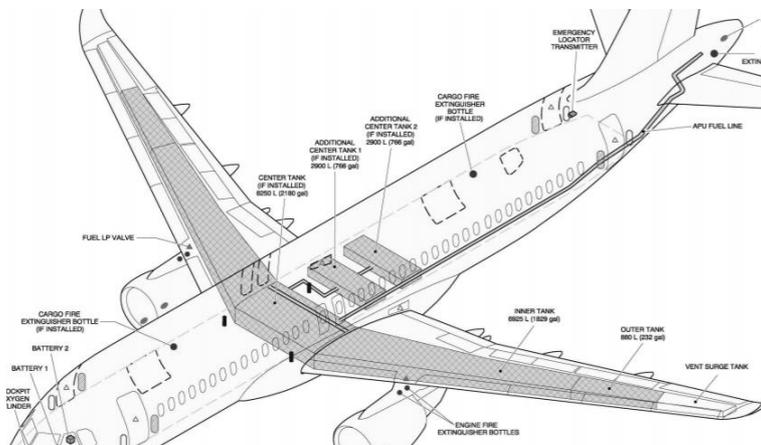


Figura 5

Figura 69 - Design del serbatoio Airbus 320 Neo

AIRBUS 320 NEO

CAPACITÀ SERBATOIO LATERALE (L)	880
CAPACITÀ SERBATOIO INTERNO (L)	6925
CAPACITÀ TOTALE SERBATOIO (L)	29680

Tabella 2 - Capacità serbatoio Airbus 320 Neo

2.3.1.2. Airbus A300 B6 Freighter

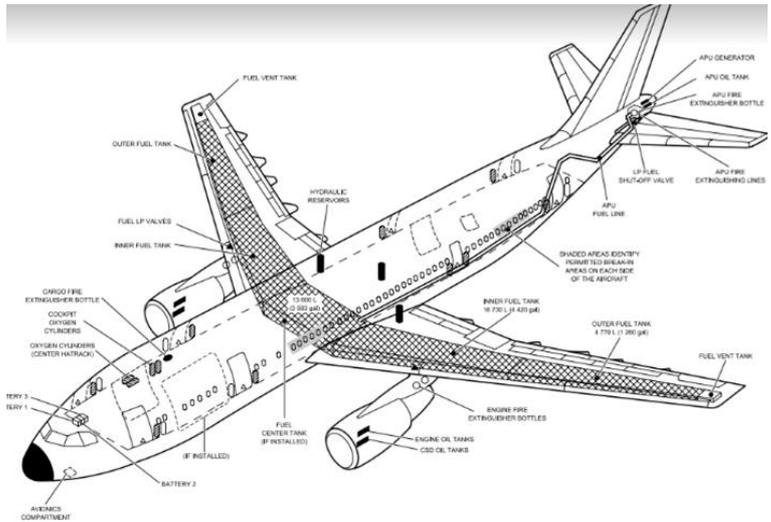


Figura 70 - Design del serbatoio Airbus B6 Freighter

AIRBUS A300 B6 FREIGHTER

CAPACITÀ SERBATOIO LATERALE (L)	4770
CAPACITÀ SERBATOIO INTERNO (L)	16730
CAPACITÀ TOTALE SERBATOIO (L)	68150

Tabella 3 - Capacità serbatoio Airbus B6 Freighter

2.3.1.3. Airbus A330

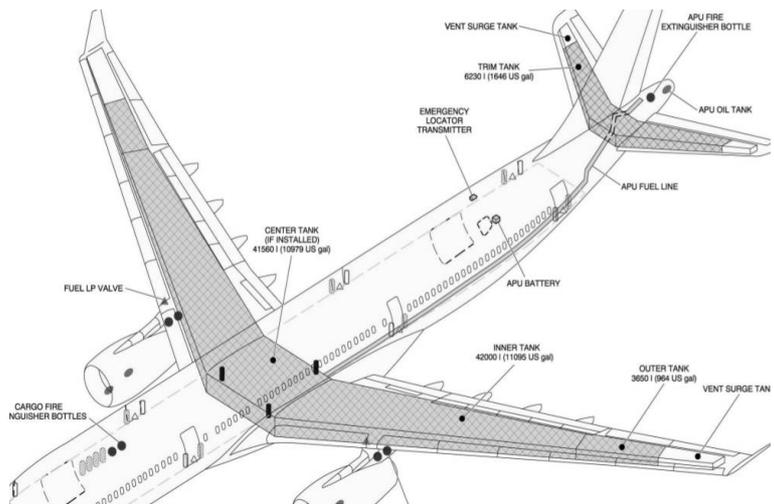


Figura 71 - Design del serbatoio Airbus A330

AIRBUS A330

CAPACITÀ SERBATOIO LATERALE (L)	3650
CAPACITÀ SERBATOIO INTERNO (L)	42000
CAPACITÀ TOTALE SERBATOIO (L)	97170

Tabella 4 - Capacità serbatoio Airbus A330

2.3.2 Famiglia di aeromobili Boeing:

2.3.2.1 Boeing 737-300

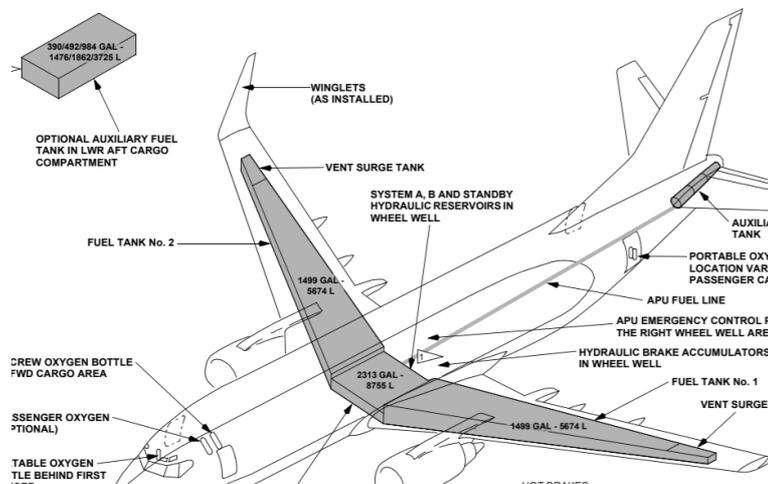


Figura 72 - Design del serbatoio Boeing 737-300

BOEING 737-300

CAPACITÀ SERBATOIO LATERALE (L)	5674
CAPACITÀ TOTALE SERBATOIO (L)	20104

Tabella 5 - Capacità serbatoio Boeing 737-300

2.3.2.2. Boeing 757-200 Freighter Winglet

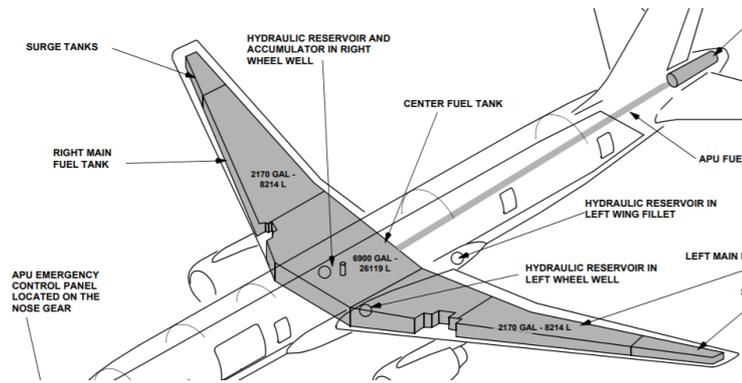


Figura 73 - Design del serbatoio 757-200 Freighter Winglet

BOEING 757-200 FREIGHTER WINGLET

CAPACITÀ SERBATOIO LATERALE (L)	8214
CAPACITÀ TOTALE SERBATOIO (L)	42680

Tabella 6 - Capacità serbatoio Boeing 737-200 Freighter Winglet

2.3.2.3. Boeing 767-200

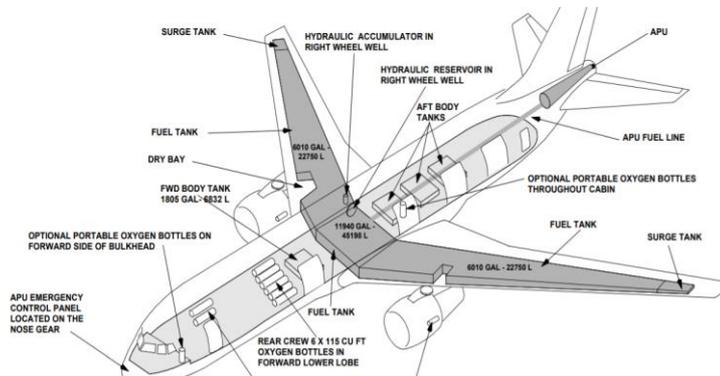


Figura 74 - Design del serbatoio Boeing 767-200

BOEING 767-200

CAPACITÀ SERBATOIO LATERALE (L)	22750
CAPACITÀ TOTALE SERBATOIO (L)	90770

Tabella 7 - Capacità serbatoio Boeing 737-200

2.3.2.4 Boeing 777-200 LR

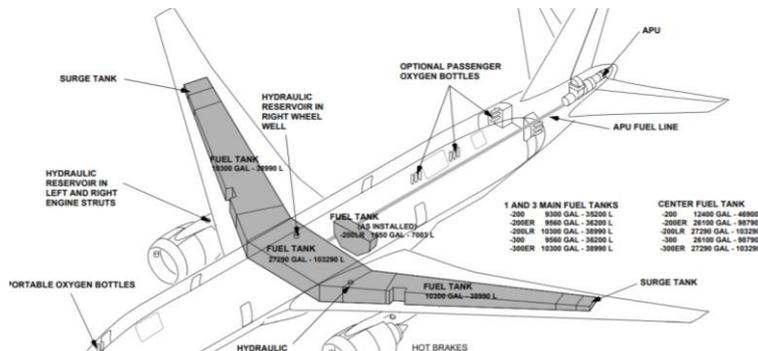


Figura 75 - Design del serbatoio Boeing 777-200 LR

BOEING 777-200 LR

CAPACITÀ SERBATOIO LATERALE (L)	38990
CAPACITÀ TOTALE SERBATOIO (L)	117340

Tabella 8 - Capacità serbatoio Boeing 777-200 LR

2.3.2.5 Canadair Regional Jet 1000

Per i restanti aerei, è stato preso come rappresentativo il *Canadair Regional Jet 1000*

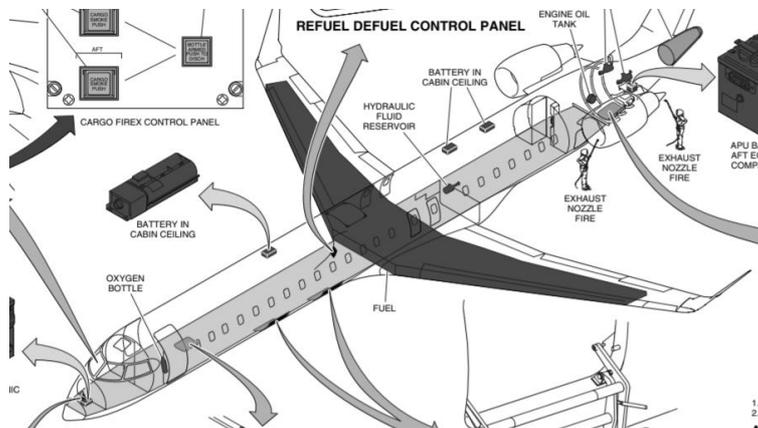


Figura 76 - Design del serbatoio Canadair Regional Jet 1000

CANADAIR REGIONAL JET 1000

CAPACITÀ TOTALE SERBATOIO (L)	10967
--------------------------------------	-------

Tabella 9 - Capacità serbatoio Canadair Regional Jet 1000

2.4. Albero degli eventi

Attraverso le caratterizzazioni prodotte è possibile costruire l'albero degli eventi (cfr. Figura 71) rappresentativo del gruppo di scenari che possono evolvere a seguito del rilascio di combustibile in considerazione di tutte le opportune condizioni al contorno.

Indagate le caratteristiche dei combustibili, si può ipotizzare di prendere in considerazione soltanto il **carburante B** (Kerosene tipo Jet A-1, contenente il massimo livello di composti aromatici) poiché evidenza delle **caratteristiche di pericolosità maggiori**, data la sua composizione, se confrontato con il carburante A e, quindi, ricomprende (in termini di estensione delle aree di pericolosità) anche gli scenari compatibili con il rilascio.

Si ipotizza di prevedere due scenari potenziali di pericolosità (funzione della quota di rilascio):

- rilascio di carburante con distanza 0 m dal suolo;
- rilascio di carburante con distanza 10 m dal suolo.

È opportuno, per le analisi di questi due scenari, rappresentare nei risultati grafici il solo dato di rilascio di combustibile da dieci metri dal suolo poiché essendo lo scenario più gravoso rispetta le pratiche consolidate nell'analisi di rischio ricomprendendo negli effetti anche il caso di rilascio dal piano di calpestio.

Si sviluppa quindi il modello di analisi (albero degli eventi), date tutte le ipotesi finora descritte, definiti gli eventi iniziatori precedentemente individuati, elaborando mediante il software ALOHA le possibili aree di impatto nell'intorno dell'aeroporto che consentono di valutare la pericolosità degli eventi di *pool fire* o *flash fire*.

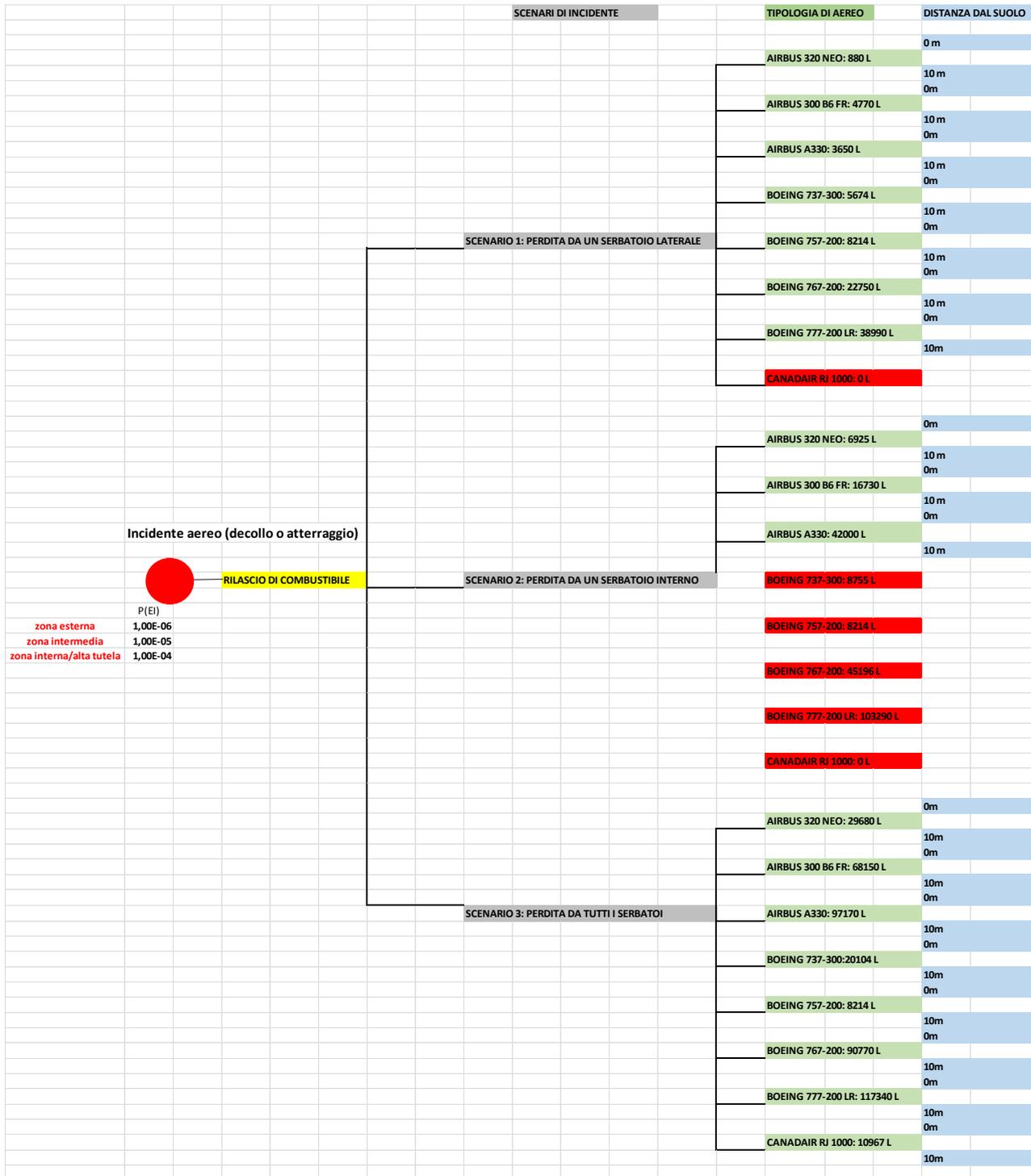


Figura 77 – ETA primario flow-chart

Ciascuno scenario di fine ramo è stato caratterizzato dalla specifica probabilità di accadimento e dalla pericolosità derivante dallo scenario di impatto valutato mediante la simulazione che tiene conto dei parametri caratteristici e delle condizioni al contorno.

2.5. Analisi delle condizioni meteorologiche

Per la simulazione degli scenari di incidente dovuti al rilascio di combustibile riferito alla perdita dai serbatoi di un aereo in fase di decollo o atterraggio è necessario stabilire le condizioni meteorologiche che possono condizionare suddetti scenari. Nel paragrafo seguente sono riportate le caratteristiche

meteoclimatiche, ricavate dal database del Servizio Idro-Meteo-Clima di Arpa Emilia Romagna considerando un periodo di 10 anni tra il 2010 e il 2019, che interessano l'area oggetto dello studio.

Dall'elaborazione dei dati meteoclimatici sono stati estrapolati i dati utili alla simulazione dell'evoluzione di scenari di incidente riguardanti la piovosità, la temperatura, l'umidità relativa e la direzione prevalente dei venti, suddividendo i dati in quattro archi temporali corrispondenti alle quattro stagioni climatiche (inverno, primavera, estate e autunno).

Il clima dell'area oggetto dello studio è quello tipico della pianura padana, un clima di tipo temperato subcontinentale, caratterizzato da notevoli escursioni della temperatura tra i mesi estivi e quelli invernali ed alti valori dell'umidità relativa con un regime pluviometrico caratterizzato da valori di piovosità di circa 721 mm/anno.

Le condizioni atmosferiche che possono incidere sull'evoluzione dello scenario incidentale con impatto sul territorio, riguardano principalmente la classe di stabilità atmosferica, la velocità del vento e la direzione del vento.

Dai dati desunti per la stazione di rilevamento Bologna Urbana, posizionata a 78 metri sul livello del mare, latitudine di 44.500754 e longitudine di 11.328789, si osserva che la struttura dei venti è sostanzialmente uniforme nella distribuzione delle provenienze nel corso dell'anno, con una prevalenza significativa di venti provenienti dai quadranti SW e in misura minore da W (Figura 78 e Figura 72).

La velocità del vento prevalente è compresa tra 2 e 4 m/s.

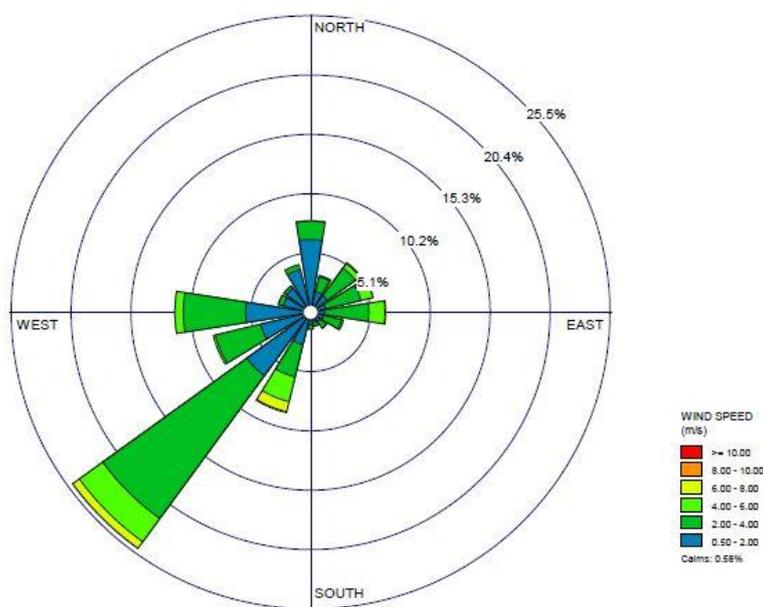
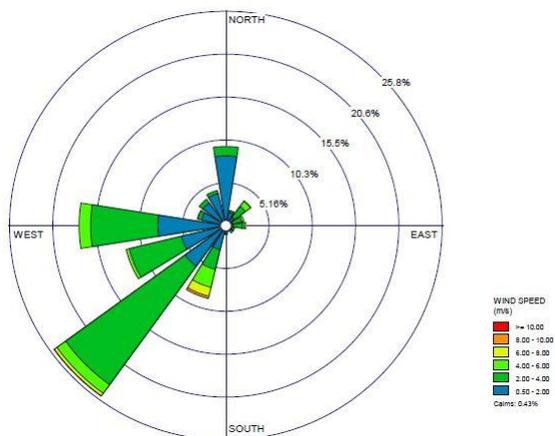
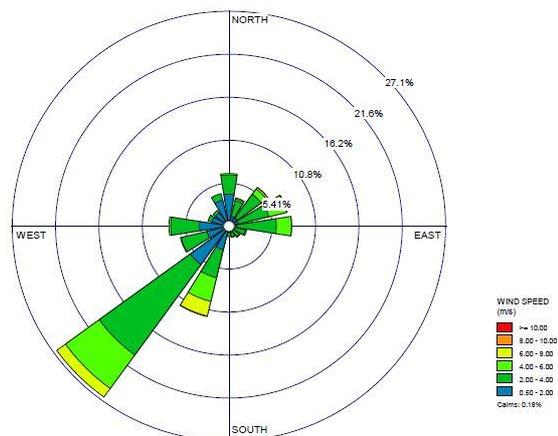


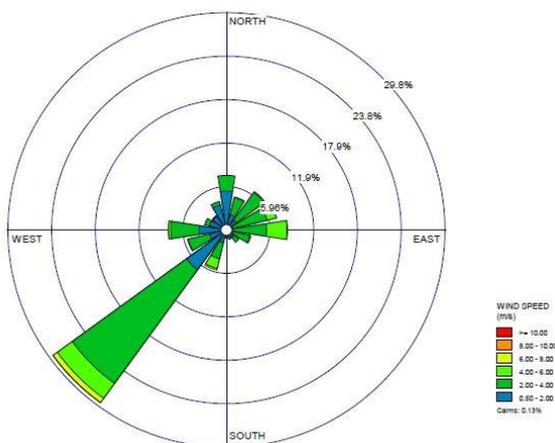
Figura 78 – Direzione del vento prevalente nel corso dell'anno



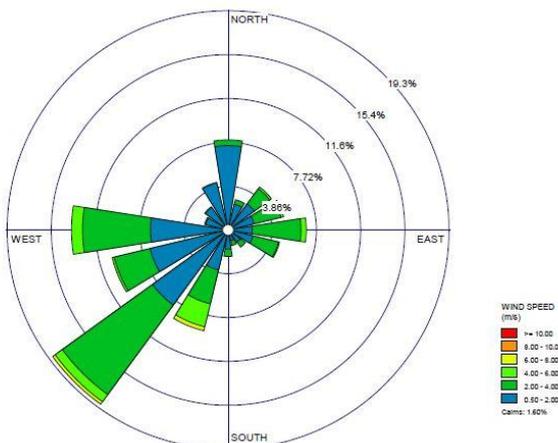
Venti prevalenti nella stagione invernale



Venti prevalenti nella stagione primaverile



Venti prevalenti nella stagione estiva



Venti prevalenti nella stagione autunnale

Figura 79 – Direzione del vento prevalente per stagioni

Per quanto riguarda le altre caratteristiche meteo-climatiche della zona si riportano, nella tabella che segue, i valori delle variabili desunti e suddivisi tenendo conto delle stagioni.

Parametri	INVERNO	PRIMAVERA	ESTATE	AUTUNNO
Temperatura media [°C] (2 m dal suolo)	8	17	25	13
Temperatura massima (media) [°C] (2 m dal suolo)	12	22	31	16
Temperatura massima [°C] (2 m dal suolo)	23	34	39	28
Umidità relativa media [%] (2 m dal suolo)	77	80	78	95
Pioggiosità [mm]	215	206	121	183
Velocità massima del vento (10 m dal suolo) [m/s]	19.8	20.9	19.5	14.2

Velocità media del vento (10 m dal suolo) [m/s]	2.3	2.7	2.5	1.9
Direzione prevalente dei venti (°)	225	225	225	225

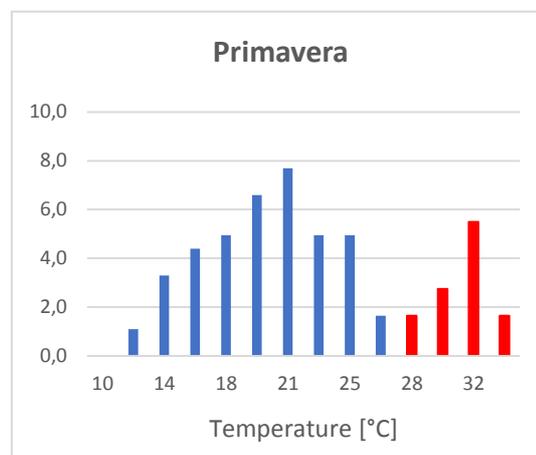
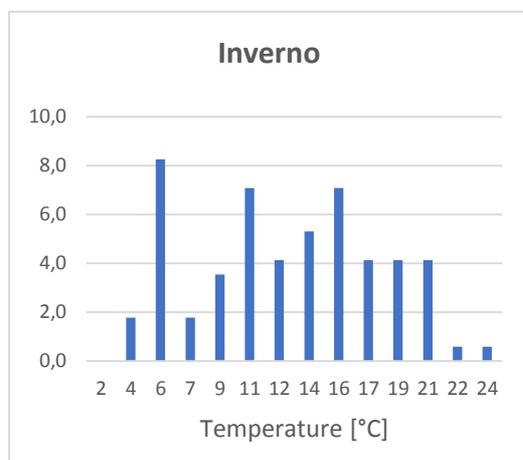
Tabella 10 - Caratteristiche meteorologiche

L'andamento delle frequenze per le temperature rilevate (Tabella 11) consente di individuare le condizioni compatibili con l'insorgere di eventi successivi allo sversamento del carburante (pool fire e flash fire). Sono state, infatti, evidenziate le condizioni compatibili in un range di variabilità (a favore di sicurezza) compreso tra 28°C e 40°C. Il periodo considerato rispondente all'ipotesi che la temperatura ambiente sia idonea a determinare gli eventi iniziatori del flusso del pericolo è evidenziato in tabella 11.

	INVERNO			PRIMAVERA			ESTATE			AUTUNNO		
	T	Fa	Fr	T	Fa	Fr	T	Fa	Fr	T	Fa	Fr
categoria 1=	2,2	0,0	0,00E+00	10,3	0,0	0,00E+00	15,7	0,0	0,00E+00	2,1	0,0	0,00E+00
categoria 2=	3,8	3,0	8,22E-03	12,0	2,0	5,48E-03	17,4	1,0	2,74E-03	3,8	1,0	2,74E-03
categoria 3=	5,5	14,0	3,84E-02	13,7	5,0	1,37E-02	19,1	0,0	0,00E+00	5,5	1,0	2,74E-03
categoria 4=	7,2	3,0	8,22E-03	15,4	8,0	2,19E-02	20,8	2,0	5,48E-03	7,1	0,0	0,00E+00
categoria 5=	8,9	6,0	1,64E-02	17,1	9,0	2,47E-02	22,5	4,0	1,10E-02	8,8	6,0	1,64E-02
categoria 6=	10,6	12,0	3,29E-02	18,8	9,0	2,47E-02	24,2	1,0	2,74E-03	10,5	9,0	2,47E-02
categoria 7=	12,3	7,0	1,92E-02	20,5	11,0	3,01E-02	25,9	4,0	1,10E-02	12,2	12,0	3,29E-02
categoria 8=	14,0	9,0	2,47E-02	22,1	12,0	3,29E-02	27,6	8,0	2,19E-02	13,9	8,0	2,19E-02
categoria 9=	15,7	12,0	3,29E-02	23,8	12,0	3,29E-02	29,3	12,0	3,29E-02	15,6	8,0	2,19E-02
categoria 10=	17,4	7,0	1,92E-02	25,5	3,0	8,22E-03	31,0	11,0	3,01E-02	17,3	5,0	1,37E-02
categoria 11=	19,1	7,0	1,92E-02	27,2	1,0	2,74E-03	32,6	19,0	5,21E-02	19,0	7,0	1,92E-02
categoria 12=	20,8	7,0	1,92E-02	28,9	3,0	8,22E-03	34,3	15,0	4,11E-02	20,7	5,0	1,37E-02
categoria 13=	22,5	1,0	2,74E-03	30,6	6,0	1,64E-02	36,0	11,0	3,01E-02	22,4	11,0	3,01E-02
categoria 14=	24,2	1,0	2,74E-03	32,3	9,0	2,47E-02	37,7	4,0	1,10E-02	24,1	6,0	1,64E-02
categoria 15=	25,9	0,0	0,00E+00	34,0	3,0	8,22E-03	39,4	1,0	2,74E-03	25,8	5,0	1,37E-02
categoria 16=	27,6	0,0	0,00E+00	35,7	0,0	0,00E+00	41,1	0,0	0,00E+00	27,5	3,0	8,22E-03
categoria 17=	29,3	0,0	0,00E+00	37,4	0,0	0,00E+00	42,8	0,0	0,00E+00	29,2	3,0	8,22E-03
categoria 18=	30,9	0,0	0,00E+00	39,1	0,0	0,00E+00	44,5	0,0	0,00E+00	30,9	0,0	0,00E+00
categoria 19=	32,6	0,0	0,00E+00	40,8	0,0	0,00E+00	46,2	0,0	0,00E+00	32,5	0,0	0,00E+00
categoria 20=	34,3	0,0	0,00E+00	42,5	0,0	0,00E+00	47,9	0,0	0,00E+00	34,2	0,0	0,00E+00

Tabella 11 – Rilevazione Temperature

Nella figura seguente (Figura 73), gli andamenti sono stati rappresentati per evidenziare più facilmente le condizioni selezionate (in arancio negli istogrammi di frequenza). In linea con tali andamenti (rilevati nell'ultimo anno disponibile – 2019), quindi, è stato ipotizzato che l'analisi restituisca, dal punto di vista dei parametri meteo-climatici idonei, la compatibilità riferita alla stagionalità (l'inverno è da escludersi in quanto le temperature ambientali medie registrate risultano notevolmente inferiori ai valori compatibili con il fenomeno indagato).



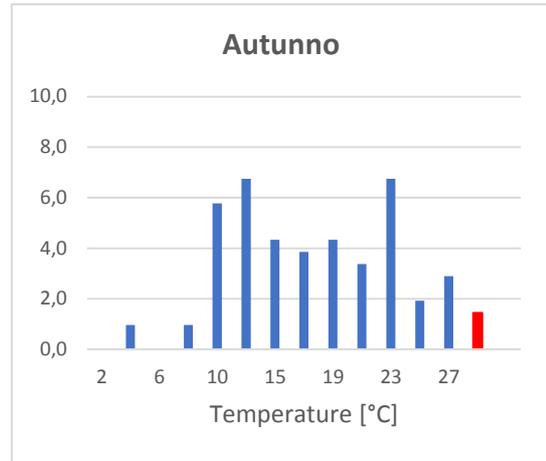
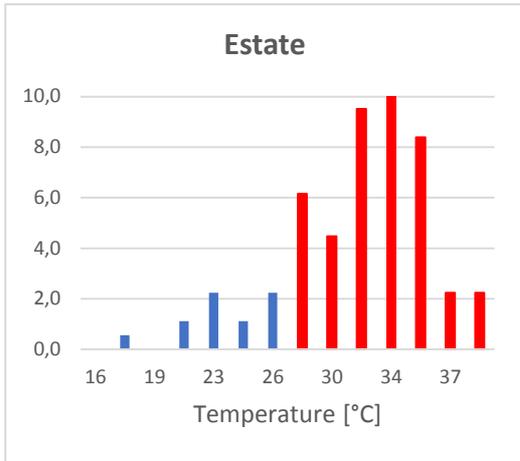


Figura 80 – Andamento delle temperature rilevate (istogrammi di frequenza), In rosso le condizioni idonee

2.5.1 Specifica delle variabili inserite nel simulatore ALOHA

Come specificato, le condizioni atmosferiche possono influire sull'estensione delle aree di danno conseguenti ad uno scenario incidentale. Solitamente le condizioni meteorologiche sono rappresentate dalle classi di stabilità atmosferica Pasquill-Gifford e dalla velocità del vento.

La stabilità atmosferica, assunta come indice della turbolenza atmosferica ovvero del grado di dispersione degli inquinanti gassosi immessi nell'atmosfera, viene classificata sulla base del valore del gradiente termico dell'aria atmosferica ed è rappresentata da sette condizioni:

- Classe A, atmosfera fortemente instabile;
- Classe B, atmosfera moderatamente instabile;
- Classe C, atmosfera debolmente instabile;
- Classe D, atmosfera neutra;
- Classe E, atmosfera debolmente stabile;
- Classe F, atmosfera stabile;
- Classe G, atmosfera estremamente stabile.

Nell'ambito dell'espletamento dell'analisi di rischio si deve tener conto delle caratteristiche meteorologiche dell'area e in modo particolare a quelle più conservative. Le valutazioni delle conseguenze dovranno essere effettuate almeno per le condizioni atmosferiche F2 e D5. Sono prese quindi come rappresentative di tutte le condizioni meteorologiche nelle analisi di rischio le seguenti classi meteorologiche:

- **Meteo a:** D5, classe D, velocità del vento di 5 m/s;
- **Meteo b:** F2, classe F, velocità del vento di 2 m/s.

Ciò è dovuto al fatto che nelle condizioni di stabilità, e in misura minore a quelle di neutralità, la dispersione in atmosfera di una sostanza inquinante è prevalentemente orizzontale non essendoci diluizione verticale, andando a configurarsi in tal modo le situazioni più conservative dal punto di vista della definizione delle distanze di danno.

Le due classi meteorologiche F2 e D5, caratterizzate da una velocità del vento rispettivamente di 2 m/s e 5 m/s, vengono quindi utilizzate come dati di input per stimare come una nuvola tossica potrebbe disperdersi dopo un rilascio chimico. Il software utilizzato per modellare la dispersione da inquinanti a partire da diversi tipi di rilascio (da serbatoio, da tubazioni, da pozza, etc.), così come diversi scenari di incendi ed esplosioni, è ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) sviluppato e distribuito dalla *Environmental Protection Agency* (EPA) e dal *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) statunitensi, per il settore dell'*Emergency Planning and Response*. Il modello di dispersione implementato in ALOHA consente di stimare le aree interessate dalla dispersione derivante da un rilascio di breve durata, di al massimo 60 minuti, in cui le pericolosità principali costituite da tossicità, infiammabilità, radiazione termica e sovrappressione potrebbe superare le soglie individuate.

L'impostazione delle simulazioni prevede l'inserimento di dati in ingresso quali:

- La selezione della località (SITE DATA), per inserire le coordinate di latitudine e longitudine, data e ora del rilascio, specificando inoltre le caratteristiche di eventuali edifici, in quanto la loro presenza condiziona la rugosità del suolo e quindi la turbolenza atmosferica, oltre alla possibilità di stimare la concentrazione indoor (*threat at point*);
- La selezione del composto chimico (CHEMICAL DATA);

- I parametri meteorologici (ATMOSPHERIC DATA) che permettono di identificare le classi di stabilità compatibili con i dati introdotti;
- La definizione del tipo di sorgente di emissione (SOURCE DATA);
- La scelta del modello da utilizzare per la dispersione (CALCULATION OPTION);
- La definizione della soglia che si vuole indagare.

2.5.1.1 Selezione della località

Sono state inserite le coordinate approssimate della località 44° 31' N e 11° 17' E e l'elevazione corrispondente pari a 34 metri sul livello del mare.

SITE DATA:

Location: BOLOGNA G. MARCONI AIRPORT, ITALY

Building: unsheltered single storied

Time: November 11, 2020 1127 hours ST (using computer's clock)

2.5.1.2 Selezione del composto chimico

Sono state inserite le proprietà fisico-chimiche del kerosene, combustibile normalmente utilizzato nei motori per aerei.

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: KEROSENE Molecular Weight: 170.00 g/mol

Default LOC-1: 290 ppm Default LOC-2: 1100 ppm Default LOC-3: 4000 ppm

AEGL-1 (60 min): 290 ppm AEGL-2 (60 min): 1100 ppm AEGL-3 (60 min): N/A

LEL: 700 ppm UEL: 5000 ppm

Ambient Boiling Point: 224.8° C

Vapor Pressure at Ambient Temperature: 3.74e-005 atm

Ambient Saturation Concentration: 37.6 ppm or 0.0038%

2.5.1.3 Selezione dei parametri meteorologici

Per ogni simulazione è necessario inserire i parametri meteorologici e il valore di *roughness*, ovvero di un valore di rugosità del terreno nell'area intorno al rilascio, di cui bisogna tener conto, svolgendo diverse simulazioni, nel caso in cui le aree di dispersione dei diversi scenari prospettati presentassero conformazioni topografiche o usi del suolo differenti.

I parametri richiesti e i valori inseriti nelle simulazioni permettono di determinare automaticamente la classe di stabilità atmosferica a partire dai valori di velocità del vento, copertura nuvolosa, temperatura dell'aria, data e ora.

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 5 meters/second from 225° true at 10 meters

Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths

Air Temperature: 38° C Stability Class: D

No Inversion Height Relative Humidity: 80%

2.5.1.4 Definizione del tipo di sorgente di emissione

Come sorgente di emissione si è ipotizzato di utilizzare una sorgente *puddle* costituita da una sostanza infiammabile quale è il cherosene, dalla quale è possibile modellare un *evaporating puddle* ovvero un *flash-fire* o un *burning puddle* ovvero un *pool fire*.

A titolo rappresentativo si riportano gli input degli scenari di *flash fire* e di *pool fire* inseriti nel software di modellazione:

SOURCE STRENGTH:

Evaporating Puddle (Note: chemical is flammable)
Puddle Diameter: 11.6 meters - Puddle Volume: 880 liters
Ground Type: Concrete - Ground Temperature: 38° C
Initial Puddle Temperature: 224.8° C
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 35.2 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 40.0 kilograms

SOURCE STRENGTH:

Burning Puddle / Pool Fire
Puddle Diameter: 11.6 meters - Puddle Volume: 880 liters
Initial Puddle Temperature: Air temperature
Flame Length: 17 meters - Burn Duration: 2 minutes
Burn Rate: 425 kilograms/min
Total Amount Burned: 661 kilograms

2.5.2 Evoluzione degli scenari in riferimento all'albero degli eventi rappresentati sul software ALOHA

Sono state quindi effettuate un totale di 108 simulazioni (confronta tabella 12), ovvero per ogni *top event* (individuato dal modello di aeromobile e dal volume di carburante sversato) due simulazioni, una per ogni scenario meteorologico (meteo *a* e meteo *b*), rappresentative dell'evoluzione dei possibili scenari di incidente connessi al rilascio di combustibile da un aereo in fase di decollo o atterraggio e, per gli scenari di *pool fire*, due simulazioni rappresentative del rilascio su asfalto o su terreno.

			D5, F2							
			Thermal radiation from pool fire		Thermal radiation from pool fire		Flash fire		Toxic Threat Zone	
			(on cement)		(on terrain)					
SCENARI										
Airbus 320 Neo	OUTER TANKS (x2) [I]	1	X		X		X		X	
	INNER TANKS (x2) [I]	2	X		X		X		X	
	TOTAL FUEL CAPACITY [I]	3	X		X		X		X	
Airbus A300 B6 Freighter	OUTER TANKS (x2) [I]	1	X		X		X		X	
	INNER TANKS (x2) [I]	2	X		X		X		X	
	TOTAL FUEL CAPACITY [I]	3	X		X		X		X	
Airbus A330	OUTER TANKS (x2) [I]	1	X		X		X		X	
	INNER TANKS (x2) [I]	2	X		X		X		X	
	TOTAL FUEL CAPACITY [I]	3	X		X		X		X	
Boeing 737-300	OUTER TANKS (x2) [I]	1	X		X		X		X	
	INNER TANKS (x2) [I]	2	X		X		X		X	
	TOTAL FUEL CAPACITY [I]	3	X		X		X		X	
Boeing 757-200 Freighter Winglets	OUTER TANKS (x2) [I]	1	X		X		X		X	
	INNER TANKS (x2) [I]	2	X		X		X		X	
	TOTAL FUEL CAPACITY [I]	3	X		X		X		X	
Boeing 767-200	OUTER TANKS (x2) [I]	1	X		X		X		X	
	INNER TANKS (x2) [I]	2	X		X		X		X	
	TOTAL FUEL CAPACITY [I]	3	X		X		X		X	
Boeing 777-200 LR	OUTER TANKS (x2) [I]	1	X		X		X		X	
	INNER TANKS (x2) [I]	2	X		X		X		X	
	TOTAL FUEL CAPACITY [I]	3	X		X		X		X	
Canadair Regional Jet 1000	OUTER TANKS (x2) [I]	1								
	INNER TANKS (x2) [I]	2								
	TOTAL FUEL CAPACITY [I]	3	X		X		X		X	

Tabella 12 – Scenari termofluidodinmici rappresentativi dell’analisi

Nel caso di innesco ritardato (*flash fire*) si ipotizza l’evaporazione della pozza di materiale infiammabile e la formazione una nube di vapore al di sopra della pozza: risulta possibile ricavare l’estensione della nube tossica di vapori e l’area “infiammabile”, ovvero la zona in cui la nube potrebbe causare un incendio a seguito di un innesco.

Nel caso di *pool fire*, i potenziali pericoli sono riconducibili alle conseguenze di un incendio da pozza di liquido infiammabile, ovvero alle radiazioni termiche, al fumo e ai sottoprodotti tossici dell’incendio. E’ stato dunque possibile modellare gli effetti determinati dall’incendio.

La valutazione delle conseguenze di *flash fire* e di *pool fire* è ottenuta a partire dalla conoscenza dei valori di soglia per l’irraggiamento termico che possono produrre effetti dannosi reversibili o irreversibili per le persone esposte, danni strutturali ai beni esposti (edifici, infrastrutture, etc.), in ultimo, ai valori di soglia legati alla tossicità e all’infiammabilità della sostanza, che possono indurre effetti dannosi per la salute umana e per l’ambiente.

La tabella seguente mostra i valori di soglia comunemente utilizzati in campo industriale e utilizzati pertanto in questo lavoro per definire l’estensione dell’area di pericolo, fissate le soglie di irraggiamento termico (*pool-fire*) e per stimare, in funzione dell’esposizione, i danni alle persone derivanti dai livelli di lesività definiti.

ELEVATA LETALITÀ	INIZIO LETALITÀ	LEZIONI IRREVERSIBILI
12.5 kW/m ²	7 kW/m ²	5 kW/m ²

Tabella 13 – Valori di soglia per la radiazione termica dovuti a *pool fire*

In maniera analoga, le soglie legate alle condizioni di infiammabilità e tossicità indotte dal *flash fire* sono rappresentate nelle tabelle seguenti. Per l’infiammabilità si utilizza il limite inferiore di infiammabilità (Lower Explosive Limit - LEL, [ppm]) al di sopra del quale il gas ha concentrazioni idonee ad infiammarsi in presenza di un innesco, mentre per la tossicità si utilizza il *Level Of Concern* (concentrazione limite di ossigeno - LOC, [ppm]) ovvero il livello di attenzione che indica la concentrazione nell’ambiente della

sostanza pericolosa alla quale, per una esposizione relativamente breve, possono prodursi effetti dannosi per la salute umana (espresso in termini di concentrazione di ossigeno)¹³.

LEL	60% LEL	10% LEL
7000 ppm	4200 ppm	700 ppm

Tabella 14 – Valori di soglia (Lower Explosive Limit) per l’infiammabilità dovuta a flash fire

LOC-3	LOC-2	LOC-1
4100 ppm	1100 ppm	290 ppm

Tabella 15 – Valori di soglia (Level Of Concern) per la tossicità dovuta a flash fire

Di seguito è riportato un esempio dei risultati ottenuti dalle simulazioni, in termini di estensione massima di ciascuna area di danno (*threat zone*) caratteristica della nube tossica risultante da ciascuna simulazione. I risultati completi dalle simulazioni sono riportati nell’allegato - Risultati simulazioni.

Le tre *threat zone* individuate per ciascuna simulazione (324 scenari a pericolosità distinta) identificano le aree di rischio in base ai valori di soglia impostati. Inoltre è riportata una *confidence lines*, per tener conto dell’incertezza dovuta al possibile cambiamento della direzione del vento nel tempo.

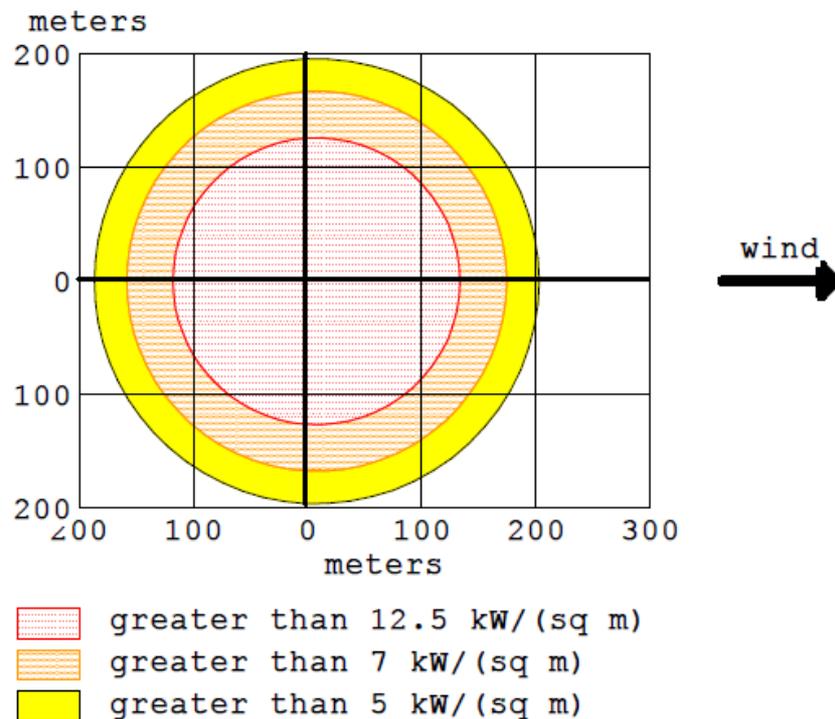


Figura 81 - Thermal Radiation Threat Zone (Airplane model: Boeing 777-200 – Scenario S3: TotalTank - Meteo: D5)

¹³ https://www.arpae.it/dettaglio_generale.asp?id=420&idlivello=584

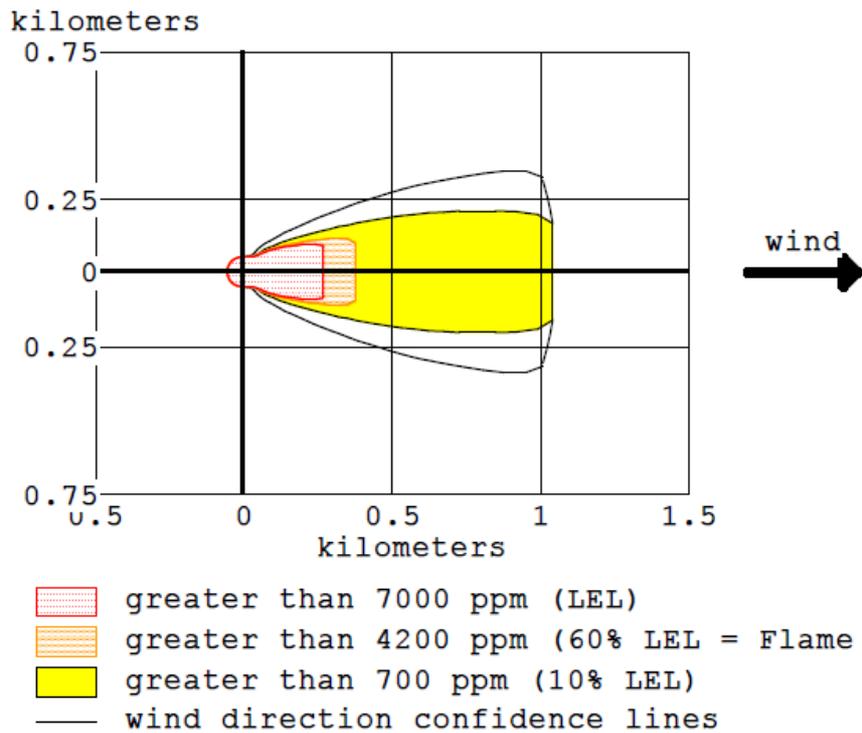


Figura 82 - Flammable Threat Zone (Airplane model: Boeing 777-200 – Scenario S3: Total Tank - Meteo: D5)

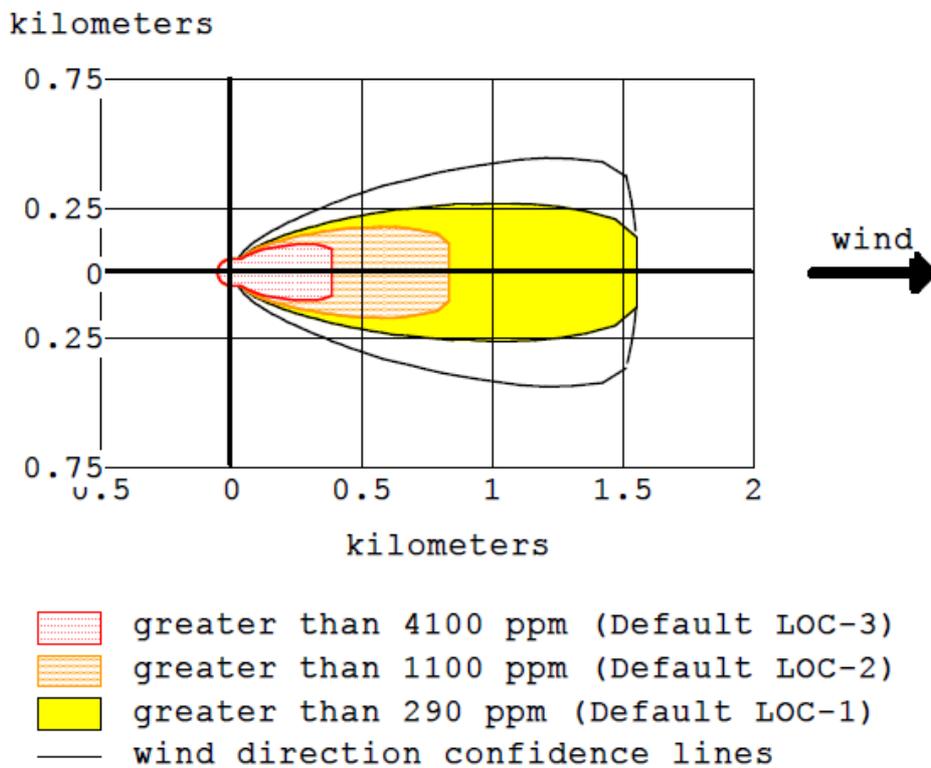


Figura 83 - Toxic Threat Zone (Airplane model: Boeing 777-200 – Scenario S3: Total Tank - Meteo: D5)

2.5.2.1 Valutazione del danno da radiazione termica

La radiazione termica dovuta ad un incendio può causare ustioni se l'intensità della radiazione è sufficientemente elevata e se il tempo di esposizione è sufficientemente lungo.

La classificazione del danno viene operata suddividendo le ustioni in 3 gradi distinti, per ognuno dei quali risultano individuati vari sottolivelli.

- Ustione di 1° grado: Profondità inferiore a 0.12 mm
- Ustione di 2° grado: Profondità inferiore ai 2 mm
- Ustione di 3° grado: Profondità maggiore di 2 mm

In generale, si ritiene non vi sia un elevato rischio di morte se meno del 20% della superficie corporea è ricoperto da ustioni di 2° e 3° grado (nel caso di un adulto sano). La probabilità di sopravvivenza decresce, anche in presenza di cure mediche intensive, se più del 50% della superficie corporea è ricoperto di ustioni di 2° e 3° grado. Oltre questi livelli si deve considerare un'alta probabilità di letalità (in generale estese ustioni di 3° portano facilmente al decesso).

Il danno ai tessuti è causato principalmente dal forte surriscaldamento della pelle: quest'ultima viene analizzata come se si trattasse di un mezzo monodimensionale con proprietà termiche costanti.

Per la valutazione dell'entità del danno finale (cfr. Tabella 2), all'uomo ed alle strutture, causato dai potenziali incidenti sono disponibili opportuni modelli di vulnerabilità. Per il calcolo del rischio, sia individuale che sociale, è necessario definire il danno di riferimento.

Poiché il bersaglio di maggior valore è l'uomo e il danno più elevato è la perdita della vita, la vulnerabilità si riferisce proprio alle dosi che comportano, con una probabilità assegnata, la morte dei soggetti esposti.

Flusso termico [kW/m ²]	Danno <i>descrizione</i>
1.7	nessun danno (per qualsiasi tempo di esposizione)
4	rottura del vetro per shock termico
5	ustioni di II grado (esposizione minima 13 secondi)
12-13	produzione vapori infiammabili negli edifici (da resine di legno, ecc.)
15	ignizione spontanea legno
30-50	ignizione spontanea materiali contenenti cellulosa
23-60	cedimento strutture in acciaio

Tabella 16 – Danni indotti dal flusso termico (kW/m²)

2.6. Valutazione dell'esposizione

Già nello studio condotto da Sapienza ed ENAC nel 2011, a firma dei proff. P. Di Mascio e G. Loprencipe si evidenzia:

In testata 12: un lungo tratto della ferrovia, la zona artigianale Commenda e la località Bargellino, comprese le strade locali e provinciali che le percorrono, ricadono nell'area intermedia compresa fra le curve di isorischio 10-6 e 10-5. Una parte della località Bargellino si trova anche nell'area interna compresa fra le curve di isorischio 10-5. La zona ad alta tutela delimitata dalla curva di isorischio 10-4 presenta un'area di estensione limitata oltre la recinzione del sedime aeroportuale.

In testata 30: un lungo tratto dell'autostrada Adriatica A14 ricade nell'area intermedia compresa fra le curve di isorischio 10-6 e 10-5 e un breve tratto è compreso nell'area interna definita fra le curve di isorischio 10-5 e 10-4. Ricadono ancora nell'area intermedia alcune zone della periferia settentrionale di Bologna comprese fra la A14 e Via Marco Polo. La zona ad alta tutela delimitata dalla curva di isorischio 10-4 presenta un'area di estensione limitata oltre la recinzione del sedime aeroportuale.

La caratterizzazione delle peculiarità del territorio (sia dell'ambito edificato che delle aree naturalistiche) restituisce le condizioni di esposizione, utili alla valutazione dell'impatto d'area, in termini di:

- **Identificazione di aree omogenee per destinazione d'uso (caratterizzazione)**
 - area ad uso civile (insediamenti urbani)
 - area produttiva industriale (no RIR)
 - area produttiva industriale RIR
 - area produttiva ad uso agricolo
 - area destinata a reti di servizi (mobilità: rete viaria, rete ferroviaria)
 - area naturalistica
 - area sottoposta a vincolo di tutela (paesaggistico, ambientale)
- **qualificazione dei possibili bersagli (target)**
 - area ad uso civile (insediamenti urbani):
 - nuclei abitativi
 - centri di aggregazione (teatri, cinema, oratori, stadi, aree di culto)
 - centri servizi (ospedali, scuole, stazioni)
 - centri commerciali
 - area produttiva industriale (no RIR)
 - stabilimenti produttivi
 - aree di stoccaggio materiali
 - aree produttive
 - area produttiva industriale (RIR)
 - stabilimenti produttivi
 - aree di stoccaggio materiali pericolosi
 - aree produttive
 - area produttiva ad uso agricolo
 - colture (estensione e tipologia)
 - area destinata a reti di servizi (mobilità: rete viaria, rete ferroviaria)
 - rete stradale provinciale

- rete stradale a pedaggio
- rete ferroviaria regionale
- rete alta velocità/alta capacità

area naturalistica

- boschi
- riserve naturali (parchi, giardini)
- acque superficiali (fiumi laghi)
- acque sotterranee (bacini idrici)
- flora
- fauna

area sottoposta a vincolo di tutela (paesaggistico, ambientale)

- riserve naturali
- aree archeologiche

quantificazione dell'esposizione (estensione)

area ad uso civile (insediamenti urbani):

- nuclei abitativi (densità demografica)
- centri di aggregazione (affollamento)
- centri servizi (affollamento)
- centri commerciali (affollamento)

area produttiva industriale (no RIR)

- stabilimenti produttivi (numero e superficie)
- aree di stoccaggio materiali (superficie e caratterizzazione dei materiali)
- aree produttive (superficie)

area produttiva industriale (RIR)

- stabilimenti produttivi (numero e superficie)
- aree di stoccaggio materiali pericolosi (superficie e caratterizzazione dei materiali)
- aree produttive (superficie)

area produttiva ad uso agricolo

- colture (estensione e tipologia)

area destinata a reti di servizi (mobilità: rete viaria, rete ferroviaria)

- rete stradale provinciale (estensione e caratteristiche di traffico)
- rete stradale a pedaggio (estensione e caratteristiche di traffico)
- rete ferroviaria regionale (estensione e livelli di servizio)
- rete alta velocità/alta capacità (estensione e livelli di servizio)

area naturalistica

- boschi (superficie)
- riserve naturali (superficie)
- acque superficiali (estensione)
- acque sotterranee (estensione)
- flora (caratterizzazione tipologica ed estensione superficiale)
- fauna (caratterizzazione tipologica e consistenza)

area sottoposta a vincolo di tutela (paesaggistico, ambientale)

- riserve naturali (superficie e caratterizzazione)
- aree archeologiche (superficie e caratterizzazione)

2.7. Caratterizzazione della pericolosità: sintesi del modello e risultati ottenuti

Dalla sintesi riportata nella tabella 12 si evince la molteplicità di condizioni (dipendente dalla variabilità dei parametri considerati) in termini di scenari evolutivi del flusso del pericolo.

Nonostante queste considerazioni, si può notare che le aree interessate, in termini di estensione superficiale, sono molto simili anche considerando tipologie di velivoli differenti con capacità dei serbatoi diverse.

In considerazione dell'evoluzione del flusso del pericolo si può evidenziare che:

- la pericolosità indotta dall'evoluzione dell'impatto (crash meccanico) è condizionata da:
 - stagionalità, considerando le condizioni climatiche riferite a temperature e umidità relativa opportune;
 - superficie di impatto, considerando l'estensione della pozza di carburante, a seguito del rilascio, condizionata dal tipo di superficie (terreno o asfalto, nelle condizioni ipotizzabili)
 - le condizioni anemologiche (in termini probabilizzati), considerato l'effetto (in termini di estensione e forma della nube) sui prodotti tossici volatili aerotrasportati.
- ogni scenario evolutivo contribuisce alla valutazione in termini di area di impatto e probabilità di accadimento dell'evento, secondo il flow-chart individuato come successione logica e cronologica di evoluzioni compatibili:
 - Event Tree Analysis crash primario (riferito all'incidente aereo durante le operazioni di decollo e atterraggio) – rif. § 4.1.1;
 - Event Tree Analysis primario T12, T30 (valutazione dell'impatto compatibile con i flussi di traffico registrati e prevedibili in Testata 12 e Testata 30) rif. § 4.1.2;
 - Event Tree Analysis secondario (crash) T12, T30 (individuazione degli scenari di impatto per le *Zone di rischio* - area ad alta tutela, area interna e area intermedia ed esterna - differenziati in funzione dei risultati espressi dall'ETA primario T12, T30) rif. § 4.1.3;
 - Event Tree Analysis per innesco pozza (per aree di impatto in cui non risultano impianti RIR) rif. § 4.1.4;
 - Event Tree Analysis Pool Fire T12, T30 (per gli scenari evolutivi nelle *Zone di rischio* - area ad alta tutela, area interna e area intermedia ed esterna) rif. § 4.1.5;
 - Event Tree Analysis Flash Fire T12, T30 (per gli scenari evolutivi nelle *Zone di rischio* - area ad alta tutela, area interna e area intermedia ed esterna) rif. § 4.1.6;
 - Event Tree Analysis Toxic Threat Zone T12, T30 (per gli scenari evolutivi nelle *Zone di rischio* - area ad alta tutela, area interna e area intermedia ed esterna) rif. § 4.1.6;
 - Event Tree Analysis secondario per aree con impianti RIR (per gli scenari evolutivi di pool fire e flash fire) rif. § 4.1.7;
 - Event Tree Analysis secondario effetto domino (per aree con impianti RIR) rif. § 4.1.8;
 - Event Tree Analysis crash secondario (per gli scenari evolutivi nelle *Zone di rischio* - area intermedia con insediamenti urbani) rif. § 4.1.9;
 - Event Tree Analysis (crash secondario e evoluzione in pool fire e flash fire) stradale (per gli scenari che interessano le infrastrutture di mobilità) rif. § 4.1.10;
 - Event Tree Analysis (crash secondario e evoluzione in pool fire e flash fire) ferroviario (per gli scenari che interessano le infrastrutture di mobilità) rif. § 4.1.11.

Ad ogni scenario, nel rispetto della partizione degli eventi e delle relative proprietà algebriche, è stato attribuito il valore di probabilità di accadimento costituendo la realizzazione di uno specifico ramo dell'albero degli eventi.

I danni conseguenti, funzione dell'esposizione di persone e beni nell'area di potenziale impatto, sono stati determinati, acquisite le condizioni di esposizione nelle specifiche aree e ipotizzato, a favore di sicurezza, un incremento delle stesse per aggiornare i risultati dell'analisi alla data di realizzazione del progetto (Masterplan 2016-2030).

3. Caratterizzazione impianti produttivi a rischio di incidente rilevante (RIR)

Lo studio caratterizza le aziende ricadenti nell'area di interesse all'intorno del sedime aeroportuale, identificando tutti gli impianti che, secondo le normative di riferimento (Direttiva Seveso I (82/501/CEE) e correlate), possono essere indirettamente interessate dall'incidente di un aeromobile secondo l'effetto domino. Si riporta, oltre all'inquadramento normativo in materia, un'analisi più dettagliata sugli stabilimenti a rischio di incidente rilevante individuati nell'area di studio identificando la posizione, l'attività principale svolta e le sostanze utilizzate nella produzione o stoccate (natura e quantità).

3.1. Normative di riferimento

Attualmente sul territorio nazionale la normativa di riferimento in materia di controllo del pericolo di incidenti rilevanti connessi a determinate sostanze pericolose è il Decreto Legislativo n. 105 del 26 giugno 2015, che recepisce la Direttiva 2012/18/UE, cosiddetta Seveso III.

Il Decreto, entrato in vigore il 29 luglio 2015, ha abrogato il D.Lgs. n. 334 del 17 agosto 1999 e s.m.i., precedente riferimento normativo nazionale in materia.

Il D.lgs.105/2015 si applica agli stabilimenti in cui sono presenti sostanze pericolose in quantità uguali o superiori a quelle indicate nell'allegato I.

In funzione dei quantitativi di sostanze pericolose detenute gli impianti vengono suddivisi in:

- stabilimenti di soglia superiore (SS);
- stabilimenti di soglia inferiore (SI).

Gli elementi che individuano uno stabilimento a rischio di incidente rilevante sono:

- la lavorazione o il deposito di sostanze pericolose (tossiche, infiammabili, esplosive, comburenti, pericolose per l'ambiente in quantità tale da superare determinate soglie indicate in Allegato I al D.Lgs.105/2015);
- la possibilità di evoluzione non controllata con conseguente pericolo grave, immediato o differito sia per l'uomo all'interno o all'esterno dello stabilimento sia per l'ambiente circostante a causa di emissione di sostanze tossiche, incendio, esplosione di grande entità.

Il D.lgs. 105/2015 si applica agli stabilimenti così come definiti all'articolo 2 e con le esclusioni previste dall'articolo 3 del decreto.

In particolare, si intende per Stabilimento: "Tutta l'area sottoposta al controllo di un gestore nella quale sono presenti sostanze pericolose all'interno di uno o più impianti (comprese le infrastrutture o le attività comuni o connesse)".

3.2. Piano di emergenza esterno (PEE)

Per gli stabilimenti di soglia superiore e di soglia inferiore, al fine di valutare e gestire gli effetti derivanti da incidenti rilevanti, il Prefetto, d'intesa con le regioni e con gli enti locali interessati, sentito il Comitato Tecnico Regionale (CTR) e previa consultazione della popolazione, predispone il **Piano di Emergenza Esterna (PEE)** e ne coordina l'attuazione.

Il piano di emergenza esterno ha i seguenti obiettivi:

- controllare e circoscrivere gli incidenti rilevanti in modo da minimizzare gli effetti e limitare i danni;
- mettere in atto le misure necessarie per proteggere l'uomo e l'ambiente dalle conseguenze di incidenti rilevanti;
- informare adeguatamente la popolazione e le autorità locali competenti in fase preventiva e nel corso dell'emergenza;
- provvedere, sulla base delle disposizioni vigenti, al ripristino dello stato di normalità dopo un incidente rilevante.

Secondo quanto previsto dall'articolo 21 comma 6 del Decreto Legislativo n. 105 del 26 giugno 2015, il PEE *"è riesaminato, sperimentato e, se necessario, aggiornato, previa consultazione della popolazione, dal Prefetto ad intervalli appropriati e, comunque, non superiori a tre anni. La revisione tiene conto dei cambiamenti avvenuti negli stabilimenti e nei servizi di emergenza, dei progressi tecnici e delle nuove conoscenze in merito alle misure da adottare in caso di incidenti rilevanti."*

3.3. Individuazione aziende RIR

Nella sezione riguardante il rischio industriale presente nel sito ARPA Emilia-Romagna, è stato possibile identificare tutti gli stabilimenti in cui sono presenti sostanze pericolose in quantità uguali o superiori a quelle indicate nell'allegato I del D.lgs. 105/2015 (in un'area di raggio pari a 15 km).

In particolare, si rileva la presenza di stabilimenti con soglia inferiore (evidenziati con colorazione arancione), stabilimenti con soglia superiore (in rosso), per un totale di dieci stabilimenti nell'area (cfr. fig. 79).

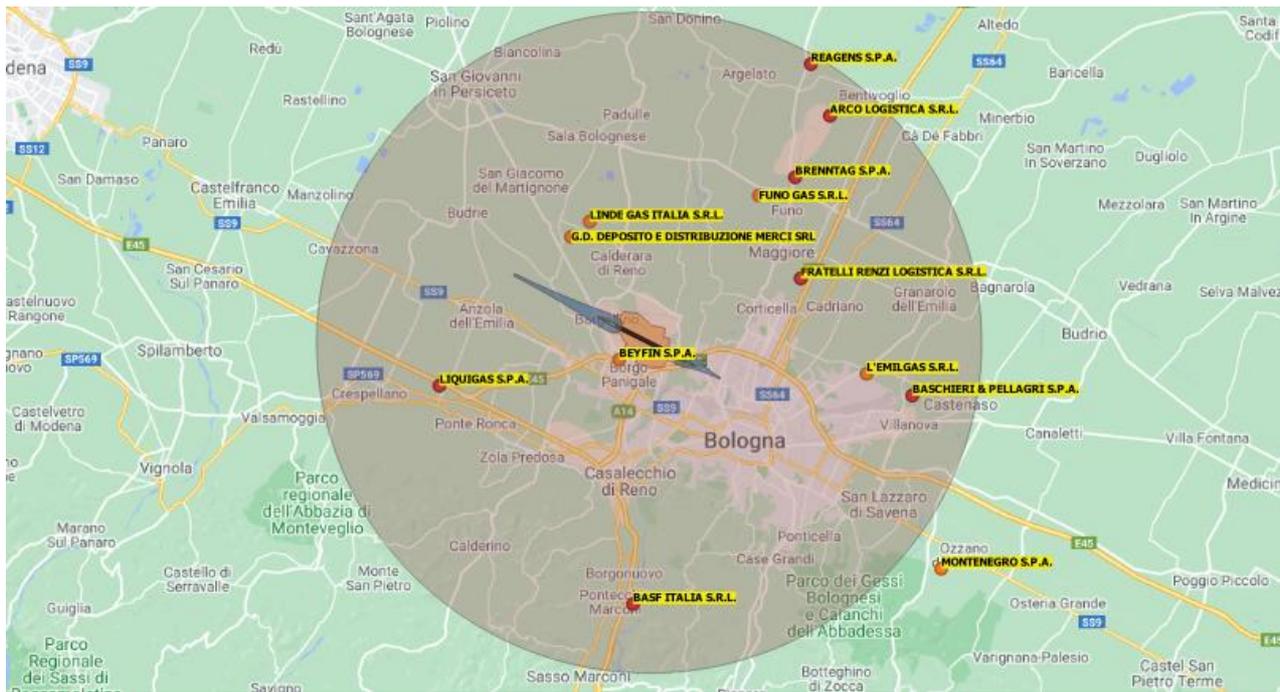


Figura 84 - Mappa centrata su aeroporto di Bologna scala [1:5000]

Nella tabella 33 sono riportate le principali caratteristiche degli stabilimenti, utili ai fini dell'analisi degli incidenti (ubicazione, soglia e presenza del Piano di Emergenza Esterno). Tutte le aziende hanno analizzato le condizioni critiche individuando scenari incidentali compatibili con i processi produttivi e con la presenza di aree di stoccaggio di materiali pericolosi.

Nome stabilimento	Comune	PPE	Soglia
BEYFIN S.p.A.	Bologna (BO)	SI	INFERIORE
BASF ITALIA S.p.A.	Sasso Marconi (BO)	SI	SUPERIORE
BASCHIERI & PELLAGRI	CASTENASO (bo)	SI	SUPERIORE
BRENNTAG S.p.A.	Bentivoglio (BO)	SI	SUPERIORE
F.lli RENZI LOGISTICA s.r.l.	Castel Maggiore (BO)	SI	SUPERIORE
G.D. s.r.l. – Deposito e Distribuzione Merci	Sala Bolognese	SI	INFERIORE
GOLDEN GAS S.p.A.	Argelato (BO)	SI	INFERIORE
L'EMILGAS s.r.l.	Bologna (BO)	SI	SUPERIORE
LINDE GAS Italia S.r.l.	Sala Bolognese (BO)	SI	INFERIORE
LIQUIGAS S.p.A.	Valsamoggia (BO)	SI	SUPERIORE
REAGENS S.p.A.	San Giorgio di Piano (BO)	SI	SUPERIORE

Tabella 17 - Elenco aziende RIR

Il dettaglio delle informazioni, estratte dai documenti disponibili, è presentato al paragrafo 3.4. Ai fini della valutazione di scenari incidentali indotti, per effetto domino, da un incidente aereo, sono riportati nella tabella 34 gli scenari considerati nei piani di emergenza esterni.

AZIENDA	TOP EVENT	Probabilità dell'evento occ/anno	Scenario incidentale e Stima delle Conseguenze		Frequenza di Accadimento dello scenario	Danno (n° addetti)
STABILIMENTO BEYFIN S.p.A BOLOGNA (ART 6 D.LGS. 334/99)	Rilascio di GPL per rottura maggiore su fase liquida. Linea da 3" in zona serbatoi, tempo di rilascio 20sec., portata di rilascio 10,9 Kg/s, quantità rilasciata Kg 265, massa di gas in campo di infiammabilità 164 Kg	4,49*10 ⁻⁵	GPL propano Flash Fire <i>Condizione atmosferica F2</i> <ul style="list-style-type: none"> Elevata letalità LFL → 76 m Inizio letalità LFL/2 → 98 m Aree di danno esterne ai confini aziendali	GPL Butano Pool Fire <i>Condizione atmosferica D5</i> <ul style="list-style-type: none"> Elevata letalità 12.5 kW/m2 → 13 m Inizio letalità 7 kW/m2 → 23 m Danni irreversibile 5 kW/m2 → 27 m Danni reversibili 3 kW/m2 → 37 m 	2,63*10 ⁻⁶	I° zona di pianificazione → 2 II° zona di pianificazione → 61
STABILIMENTO G.D. DEPOSITO E DISTRIBUZIONE MERCI S.r.l. SALA BOLOGNESE (ART 6 D.LGS. 334/99)	Incendio generalizzato del deposito di fitofarmaci NO ₂	3,45 x 10 ⁻⁶	Elevata Letalità (LC ₅₀) → non raggiunta Lesioni Irreversibili (IDLH) → 150 m Lesioni Reversibili → 375 m			II° zona di pianificazione → 82 III° zona di pianificazione → 565
STABILIMENTO LINDE GAS ITALIA S.r.l. SALA BOLOGNESE (ART 6 D.LGS. 334/99)	Possibile Incendio di materiale combustibile come ATB	4.1 x 10 ⁻⁵	Elevata Letalità 12.5 kW/m2 → 8.8 m Inizio Letalità 7 kW/m2 → 10.8 m Lesioni Irreversibili 5 kW/m2 → 12 m Lesioni reversibili 3 kW/m2 → 14 m			II° zona di pianificazione → 70
DEPOSITO GPL ED OLI MINERALI L'EMILGAS S.r.l. BOLOGNA (ART 8 D.LGS. 334/99)	Rilascio dalla parte inferiore del serbatoio	1.65 x 10 ⁻⁷	Elevata Letalità 12.5 kW/m2 → 135.4 m Inizio Letalità 7 kW/m2 → 200 m Lesioni Irreversibili 5 kW/m2 → Lesioni reversibili 3 kW/m2 →			I° zona di pianificazione → 11 II° zona di pianificazione → 11 fino a 120 (ristorante)
STABILIMENTO MATERIE ESPLODENTI BASCHIERI & PELLEGRINI S.p.a. CANTESANO	Esplosione locali di deposito Esplosioni locali di lavorazione	<10 ⁻⁴ 5 x 10 ⁻³	Elevata Letalità 0.3 bar → 137 m Inizio letalità 0.140 bar → 256 m Lesioni irreversibili 0.07bar → 376 m Lesioni reversibili 0.03 → 752 m			II° zona di pianificazione → 183 III° zona di pianificazione → 476
DEPOSITO F.LLI RENZI LOGISTICA S.r.l.	Dispersione Tossica di HF 40%	1.9 x 10 ⁻⁴	Elevata Letalità LC50 526 ppm → non raggiunto			II° zona di pianificazione → 60

CASTEL MAGGIORE (BO)			Lesioni irreversibili IDLH 30 ppm → 122 m Lesioni reversibili LOC 3 ppm → 465 m		III° zona di pianificazione → 1050
STABILIMENTO LIQUIGAS S.p.a. VALSAMOGGIA (BO)	Rilascio di GPL dalla parte inferiore del serbatoio determina lo scenario di <i>flash fire</i> più gravoso con conseguenze che si possono estendere oltre i confini aziendali.		Elevata Letalità LFL 526 ppm → 54 m Lesioni irreversibili 1/2LFL 30 ppm → 154 m		II° zona di pianificazione → 12 III° zona di pianificazione → 335
FUNO GAS					
STABILIMENTO CHIMICO BRENNTAG ITALIA S.P.A. BENTIVOGLIO (BO)	Incendio di un bancale di dicloroisocianurato di sodio con dispersione tossica di cloro		Elevata Letalità LC50 1035 mg/m3 → non raggiunto Lesioni irreversibili IDLH 29.484 mg/m3 → 202 m Lesioni reversibili LOC 2.95 mg/m3 → 495 m		II° zona di pianificazione → 106 III° zona di pianificazione → 470 Scuole a 700 metri

Tabella 18 – Analisi scenari incidentali aziende RIR

3.4. Anagrafiche aziende e informazioni di dettaglio

3.4.1 BEYFIN S.p.A.

DATI ANAGRAFICI			
Società		BEYFIN SpA	
Indirizzo		Via Vingone, 95 –50013 Campi Bisenzio (FI)	
Stabilimento		BEYFIN SpA Divisione SUNGAS	
Indirizzo		Via Persicetana Vecchia, 25 – 40100 Bologna (BO)	
Coordinate		Latitudine: 44° 31' 13" Nord Longitudine: 11° 16' 13" Est	
CLASSIFICAZIONE DI PERICOLOSITÀ E DATI IDENTIFICATIVI DELLE LAVORAZIONI			
Classe		Classe II (secondo il Metodo Indicizzato ai sensi dei DD.MM. 14/04/94 e 15/05/96)	
SOSTANZE PERICOLOSE PER MACROCATEGORIE			
Attività		Stoccaggio GPL	
Principali sostanze detenute		PROPANO – Gas di Petrolio Liquefatto	
Macrocategorie	Quantitativi totali	Quantitativi movimentati in entrata o uscita all'ANNO 2013	Totale mezzi impiegati all'ANNO 2013
Sostanze infiammabili	516 t + 175 t(*)	IN 6330 t (GPL) + 423 t (GASOLIO) OUT 7970 t (GPL) + 435 t (GASOLIO)	IN 285 (GPL) + 14 (GASOLIO) OUT 2200 (GPL) + 50 (GASOLIO)
Sostanze tossiche	-----	-----	-----
Sostanze corrosive	-----	-----	-----
Sostanze inquinanti per l'ambiente	175 t(*)	IN 423 t (GASOLIO), OUT 435 t (GASOLIO)	IN 14, OUT 50
Altra tipologia	-----	-----	-----
175t(*) = Trattasi della stessa quantità di gasolio. Viene citato in due categorie in quanto sostanza con doppia caratteristica.			

Tabella 19 - Anagrafica Beyfin S.p.a.

SOSTANZE PERICOLOSE PRESENTI			
Nome	Limite di soglia (t)		Q.max presente (t)
	Requisiti di soglia inferiore	Requisiti di soglia	
GPL	x	-	516
GASOLIO	-	-	175

Tabella 20 - Sostanze pericolose presenti in Beyfin S.p.a.

Evento	Frequenza occ/anno	Localizzazione
Rottura di un braccio di carico in fase liquida ad un punto di travaso	$2.1 \cdot 10^{-6}$	Rampa travaso Autobotti
Rottura di una pompa di movimentazione	$3 \cdot 10^{-6}$	Sala pompe e compressori
Rottura del sistema d'alimentazione della giostra GPL	$1 \cdot 10^{-3}$	Rampa di riempimento bombole
Rottura di una linea di fase liquida	$2.4 \cdot 10^{-6}$	Linea di movimentazione
Fessurazione di un serbatoio in fase liquida	$1 \cdot 10^{-5}$	Stoccaggio

Tabella 21 - Eventi caratterizzanti l'azienda Beyfin S.p.a.

3.4.1.1 Possibili effetti domino

Dall'analisi dell'impianto l'effetto domino più significativo è il BLEVE.

Tale evento è ipotizzabile solamente per le autobotti al travaso in quanto i serbatoi sono tumulati e l'unità di stoccaggio risulta essere in categoria A secondo il metodo indicizzato. Ciò, secondo le indicazioni contenute nell'Appendice III del DM 15.05.1996, rende marginale tale evento per i serbatoi di stoccaggio. D'altra parte, dal calcolo della frequenza d'accadimento attesa per il BLEVE dell'autobotte ad un punto di travaso ($2.2 \cdot 10^{-7}$ occasioni/anno), il rischio di BLEVE può essere ritenuto marginale.

3.4.1.2 Stima delle conseguenze incidentali

Trattandosi di un deposito in cui non vengono applicati procedimenti di lavorazione e nel quale non sono ipotizzabili reazioni chimiche fra le sostanze detenute, le sequenze di incidente risultano connesse prevalentemente a forature o rotture casuali che comportano il rilascio delle sostanze pericolose, mentre risultano meno verosimili guasti di strumentazione di processo o di controllo.

La stima delle conseguenze viene effettuata per i casi credibili di incidente, ovvero per gli eventi con frequenza attesa $> 1 \cdot 10^{-6}$ occasioni/anno riportati nella tabella precedente.

Per la definizione delle aree di danno dovuto all'irraggiamento e alla sovrappressione si è fatto riferimento ai valori di soglia per la valutazione degli effetti come riportati nella Tabella III/1 di cui all'Appendice III del DM 15.05.1996, che si riporta di seguito:

Soglie di danno alle persone ed alle strutture					
Fenomeno fisico	Elevata letalità	Inizio letalità	Lesioni irreversibili	Lesioni reversibili	Danni a strutture Effetti domino
Incendio (radiazione termica stazionaria)	12.5 kW/m ²	7 kW/m ²	5 kW/m ²	3 kW/m ²	12.5 kW/m ²
BLEVE/fireball (radiazione termica variabile)	Raggio fireball	350 kJ/m ²	200 kJ/m ²	125 kJ/m ²	800 m da stoccaggio in serbatoi cilindrici 100 m da parco bombole
Nubi di vapori infiammabili/flash fire	LFL	0.5 LFL	-	-	-
Esplosioni/UVCE (sovrapressioni di picco)	0.6 bar 0.3 bar	0.14 bar	0.07 bar	0.03 bar	0.3 bar

Tabella 22 - Possibili scenari accidentali Beyfin S.p.a.

EVENTO			DISTANZA IN METRI				
Rottura di un braccio di carico in fase liquida ad un punto di travaso	2.1 10 ⁻⁶	Flash-fire	127	192	NP	NP	NP
		Jet-fire	48	57	63	75	48
		Pool-fire	Effetti trascurabili				
Rottura di una pompa di movimentazione	3 10 ⁻⁶	Flash-fire	96	115	NP	NP	NP
		Jet-fire	40	48	53	64	40
		Pool-fire	Effetti trascurabili				
Rottura del sistema d'alimentazione della giostra GPL	1 10 ⁻³	Flash-fire	29	45	NP	NP	NP
		Jet-fire	22	26	29	35	22
		Pool-fire	No pozza				
Rottura di una linea di fase liquida	2.4 10 ⁻⁶	Flash-fire	73	106	NP	NP	NP
		Jet-fire	34	40	44	53	34
		Pool-fire	Effetti trascurabili				
Fessurazione di un serbatoio in fase liquida	1 10 ⁻⁵	Flash-fire	41	57	NP	NP	NP
		Jet-fire	23	27	30	36	23
		Pool-fire	Effetti trascurabili				

Tabella 23 - Eventi accidentali Beyfin S.p.a.

3.4.2 BASF ITALIA S.p.A.

DATI ANAGRAFICI		
Società	BASF ITALIA S.p.A.	
Indirizzo	Via Pila, 6/3, Pontecchio (BO)	
Stabilimento	BASF ITALIA S.p.A.	
Localizzazione geografica (ETRS89)	X = 681400 Y = 4922007	
CLASSIFICAZIONE DI PERICOLOSITÀ E DATI IDENTIFICATIVI DELLE LAVORAZIONI		
Soglia D.Lgs.105/2015	Soglia superiore	
SOSTANZE PERICOLOSE PER MACROCATEGORIE		
Attività	Lavorazione di prodotti chimici di base per la produzione di additivi per materie plastiche, fibre, rivestimenti, inchiostri, materiali fotografici e lubrificanti.	
PRINCIPALI SOSTANZE DETENUTE		
TIPO	CLASSIFICAZIONE	QUANTITÀ (t)
4-Ter-ottilfenolo		50
Acetone		360
Acido paracetico 35%		25
Alcool isopropilico 35%		120
Alcool laurilico		46
Ammina N4		35
Ammoniaca anidra		18
Anidride acetica		10
Benzotricloruro		95
Bromuro di allile		26
Butilammina		70
CGL-646		313
CGL-829		Quantitativo complessivo
CHIASSORB® 119		416
Cloruro di cianurile		130
Cloruro di ottile		95
Dibutilammina		50
Dimetilammina 40%		15
Gas naturale		0,015
Gasolio		59
Idrogeno		1,5
Matanolo		45
Morfolina		60

Nitrato d'ammonio		63
O-cresolo		64
Residui di distillazione		150
Resorcina		58
TINUVIN® 111		100
T-ottilamina		80
Toluone		144
THT8		34
Xilene		720

Tabella 24 - Anagrafica Basf Italia S.p.a.

3.4.2.1 Scenario incidentale

Tipo evento	Sostanza coinvolta	Quantità stoccata (t)	Ipotesi di sviluppo
Fessurazione della linea di adduzione dell'ammoniaca	Ammoniaca NH ₃ (sostanza gassosa considerata tossica)	15	Il rilascio di ammoniaca provoca l'evaporazione istantanea di tutto il liquido rilasciato e dispersione dei vapori di ammoniaca nell'ambiente

Tabella 25 - Scenari incidentali Basf Italia S.p.a.

La fuoriuscita incontrollata dell'ammoniaca in forma liquida comporta un passaggio di stato e nello specifico a quello gassoso.

Questo passaggio di stato forma una nube tossica che ricadendo al suolo, in concentrazioni dipendenti dalle condizioni atmosferiche, comporta effetti nocivi sul territorio esposto.

3.4.2.2 Condizioni meteo climatiche considerate

- temperatura media mensile compresa tra 1 °C e 27 °C;
- umidità relativa media mensile compresa tra 54 e 96%;
- direzione prevalente di provenienza del vento è Sud Sud-Ovest, soffiando di conseguenza verso Nord e Nord-Est (NNE);
- velocità media del vento compresa tra 2.5 m/s e 2.7 m/s.

Direzione di provenienza	Distribuzione di frequenza media del vento in % (anni 2002-2005)
N	3,91
NNE	5,79
NE	8,04
ENE	7,02
E	5,87
ESE	4,69
SE	5,43
SSE	6,96
S	12,19
SSW	14,44
SW	9,91
WSW	6,14
W	3,21
WNW	2,06
NW	1,81
NNW	2,53

Grafico di distribuzione della frequenza media del vento in funzione della direzione di provenienza

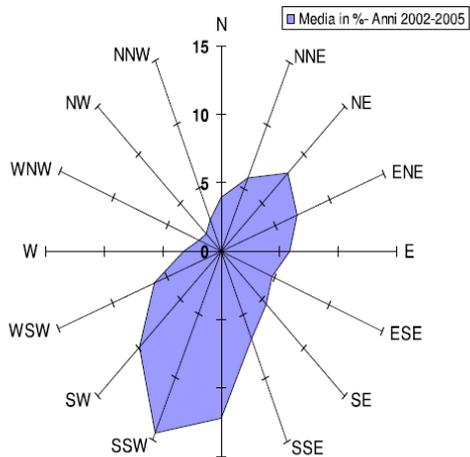


Figura 85 - Condizioni meteorologiche Basf Italia S.p.a.

3.4.3 BASCHIERI & PELLAGRI

DATI ANAGRAFICI		
Società	Baschieri & Pellagri S.p.A.	
Indirizzo	Via del frullo, 26, Castenaso (bo)	
Stabilimento	Baschieri & Pellagri S.p.A.	
Indirizzo	Via del frullo, 26, Castenaso (bo)	
Localizzazione geografica (ETRS89)	X = 693812 Y = 4931983	
CLASSIFICAZIONE DI PERICOLOSITÀ E DATI IDENTIFICATIVI DELLE LAVORAZIONI		
Soglia D.Lgs.105/2015	Soglia superiore	
SOSTANZE PERICOLOSE PER MACROCATEGORIE		
Attività	Fabbricazione e commercio di esplosivi, polveri e cartucce da caccia, tiro e difesa	
PRINCIPALI SOSTANZE DETENUTE		
TIPO	CLASSIFICAZIONE	QUANTITÀ (t)
Polvere propellente	Esplosiva e tossica	222
Cartucce, bossoli innescati e capsule di innesco	Esplosivi	2.600
Acetone	Infiammabile	1,15
Alcol etilico	Infiammabile	6,2
Difenilammina	Tossica e pericolo per l'ambiente	1,7
Nitrato di potassio	Comburente	1
Ipoclorito di sodio	Pericoloso per l'ambiente	1,5
Coloranti	Pericolosi per l'ambiente	0,35

Tabella 26 - Anagrafica BASCHIERI & PELLAGRI

SOSTANZE O/E PREPARATI PERICOLOSI PRESENTI				
Nome	Categoria	Limite art.6 (t)	Limite art.8 (t)	Quantità (t)
Polveri e semilavorati classificati esplosivi	Esplosivi	10	50	222,825
Esplosivi: - Cartucce - Capsule d'innesco - Bossoli innescanti	Esplosivi	10	50	2600,490 - 2160 ^a cartucce confezionate - 160 ^b capsule innesco, bossoli innescati - 280,490 ^c cartucce confezionate, capsule di innesco e bossoli innescati
Prodotti molto tossici	Tossici	5	20	222,825

Tabella 27 - Principali sostanze detenute in BASCHIERI & PELLAGRI

Note:

- a) a cui corrispondono circa 60.000.000 di cartucce e 90 tonnellate di polvere esplosiva in esse contenuta;
- b) a cui corrispondono circa 20.000.000 di pezzi e 1,4 tonnellate di esplosivo di innesco in essi contenuti;
- c) a cui corrispondono circa 7.791.000 cartucce e 11,687 tonnellate di polvere esplosiva in esse contenuta.

• **prima zona – zona di sicuro impatto:**

zona generalmente limitata alle immediate adiacenze dello stabilimento ed è caratterizzata da effetti sanitari comportanti una elevata probabilità di letalità anche per le persone mediamente sane;

• **seconda zona – zona di danno:**

zona, esterna rispetto la prima, caratterizzata da possibili danni, anche gravi ed irreversibili, per persone mediamente sane che non intraprendono le corrette misure di protezione e da possibili danni anche letali per persone maggiormente vulnerabili (neonati, bambini, malati, anziani, ecc.);

• **terza zona – zona di attenzione:**

zona caratterizzata dal possibile verificarsi di danni, generalmente non gravi e reversibili, a soggetti particolarmente vulnerabili, o comunque da reazioni fisiologiche che possono determinare situazioni tali da richiedere provvedimenti anche di ordine pubblico, nella valutazione delle autorità locali.

3.4.3.1 Scenari incidentali considerati

1) Scenario incidentale della dispersione tossica

Lo scenario della dispersione tossica da nitroglicerina non risulta credibile in quanto questa sostanza è presente in stabilimento solamente come componente di preparati (nitrograno, polveri in fase di semilavorati o finite) in forma completamente gelatinizzata. La nitroglicerina risulta completamente inertizzata.

Lo studio della dispersione tossica è stato valutato considerando il rilascio di monossido di carbonio per combustione della polvere contenuta nelle cartucce imballate, a seguito di un possibile incendio di una porzione del magazzino (21M1). Dalle risultanze dell'analisi di rischio è però emerso che in nessun caso vengono raggiunte concentrazioni pericolose ad altezza d'uomo di monossido di carbonio.

2) Scenario incidentale Esplosione (VCE – sovrappressione di picco)

Lo studio delle possibili sequenze incidentali, la stima delle probabilità di accadimento e la stima delle conseguenze pericolose è stato effettuato consultando la normativa francese Sécurité Pyrotechnique che è considerata lo *standard* di riferimento a livello europeo in materia di rischi associati alla detenzione ed utilizzo di sostanze esplosive. Il metodo di analisi utilizzato è quello qualitativo in quanto applicabile a stabilimenti caratterizzati da un'elevata standardizzazione delle attività e una bassa propensione alle modifiche tecniche e organizzative; criteri che rispecchiano la realtà dello stabilimento B&P di Castenaso.

d)

Top event 1 **esplosione di locale destinato ad attività di deposito**

Frequenza attesa di accadimento: $<10^{-4}$ eventi/anno

Top event 2 **esplosione in locale destinato ad attività di lavorazione**

Frequenza attesa di accadimento: 5×10^{-3} eventi/anno

Locale	Classificazione ONU	Carico di esplosivo (Kg)	I° zona Elevata letalità (m)	Inizio letalità (m)	II° zona Lesioni irreversibili (m)	III° zona (*) Lesioni reversibili (m)
Gruppo 2	ONU 1.4		5	<10	<25	-
8	ONU 1.3	300	23	33	44	-
20	ONU 1.4	19.000 ^A	5	< 10	< 25	-
44	ONU 1.1	3.000	115	216	317	635
44	ONU 1.3	3.000	50	72	94	-
45	ONU 1.1	3.000	115	216	317	635
45	ONU 1.3	5.000	60	85	111	-
46	ONU 1.1	5.000	137	256	376	752
46	ONU 1.3	20.000	95	136	176	-
47	ONU 1.1	5.000	137	256	376	752
47	ONU 1.3	20.000	95	136	176	-
48	ONU 1.1	5.000	137	256	376	752
48	ONU 1.3	20.000	95	136	176	-
49	ONU 1.1	5.000	137	256	376	752
49	ONU 1.3	20.000	95	136	176	-
50	ONU 1.1	1.500	92	172	252	504
50	ONU 1.3	20.000	95	136	176	-
51	ONU 1.1	2.500	109	204	299	597
51	ONU 1.3	20.000	95	136	176	-
52	ONU 1.1	1.000	80	150	220	440
52	ONU 1.3	20.000	95	136	176	-
53	ONU 1.1	1.000	80	150	220	440
53	ONU 1.3	20.000	95	136	176	-
21C	ONU 1.1	5.000	137	256	376	752
21D	ONU 1.1	10.000	172	323	474	948
21L	ONU 1.3	17.800	91	131	170	-
21M	ONU 1.1	448.000 ^A	5	< 10	< 25	-
21M1	ONU 1.1	1.872.000 ^A	5	< 10	< 25	-
43A	ONU 1.1	5.000	137	256	376	752
37C	ONU 1.4	540 ^A	4	10	25	-
37C	ONU 1.3	5	6	9	11	-
18/27	ONU 1.4	260.000 ^A	5	< 10	< 25	-
1A	ONU 1.4	950 ^A	1	< 10	< 25	-

Tabella 28 - Sintesi della valutazione delle conseguenze per lo scenario Top1, esplosione di un locale destinato all'attività di deposito in BASCHIERI & PELLAGRI

Tipo	Locale	Classificazione ONU	Carico di esplosivo (Kg)	I° zona Elevata letalità (m)	Inizio letalità (m)	II° zona Lesioni irreversibili (m)	III° zona (*) Lesioni reversibili (m)
LAV	17	ONU 1.3	500	28	40	52	
LAV	21B	ONU 1.1	2.000	101	189	277	554
LAV	24-21A	ONU 1.1	4.500	132	248	363	726
LAV	25A	ONU 1.3	500	28	40	52	
LAV	25L	ONU 1.1	700	71	133	195	391
LAV	25M	ONU 1.1	700	71	133	195	391
LAV	26/26C	ONU 1.1	1000	80	150	220	440
LAV	57A	ONU 1.1	200	47	88	129	257
LAV	60	ONU 1.3	700	31	44	58	-
LAV	63	ONU 1.1	200	47	88	129	257
SIMP	25B	ONU 1.1	500	63	119	175	349
SIMP	25E	ONU 1.1	1100	83	155	227	454
SIMP	25G	ONU 1.1	1.100	83	155	227	454
LAV	57BE	ONU 1.1	3.000	114	215	315	630
LAV	15	ONU 1.3	20	10	14	52	-

Tabella 29 - Sintesi della valutazione delle conseguenze per il top event: esplosione in locale destinato ad attività di lavorazione o manipolazione in BASCHIERI & PELLAGRI

3.4.3.2 Condizioni meteorologiche e climatiche considerate

Il clima dell'area è quello tipico della pianura padana con notevoli escursioni tra le temperature invernali e quelle estive ed alti valori di umidità relativa.

Il regime pluviometrico è caratterizzato da valori di piovosità di circa 819 mm/anno (dati stazione Colunga - San Lazzaro 91-08), tipici di un regime sublitoraneo adriatico con un massimo in novembre (96,9 mm) ed un minimo principale nel mese di febbraio (39,9 mm.).

Le condizioni atmosferiche che possono incidere sull'evoluzione dello scenario incidentale con impatto sul territorio, riguardano principalmente la classe di stabilità atmosferica, la velocità del vento e la direzione del vento.

Pertanto per la caratterizzazione del sito si sono desunti i dati dal modello di calcolo CALMET (2001-2010) del Servizio Meteo Regionale di ARPA.

Sulla base dei dati della stazione di rilevamento di Bologna, per il periodo 2001-2010, elaborate dal Servizio Meteo Regionale di ARPA, emerge che prevalgono nettamente i venti provenienti dal quadrante SW e in minore misura da W (figura 1)

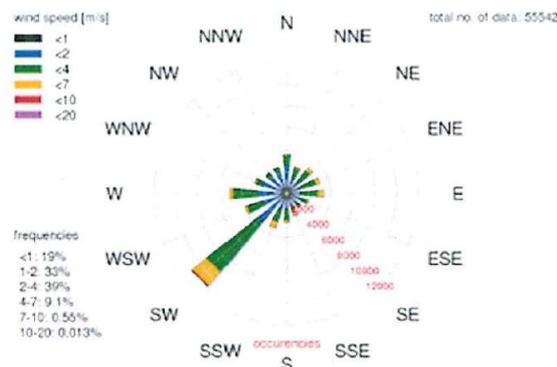


Figura 86 - Direzione del vento prevalente in BASCHIERI & PELLAGRI

La figura riporta la direzione prevalente dei venti, distinta per mesi e per fasce orarie nel periodo di osservazione 2001-2010, dalla quale si può osservare la netta prevalenza delle direzioni di provenienza SW (in fascia oraria 00-05 e 18-23), prevalente provenienza SW-W in fascia oraria 6-11 e prevalente provenienza dai quadranti E e N per la fascia oraria 12-17.

3.4.4 BRENNTAG S.p.A.

DATI ANAGRAFICI		
Società	BRENNTAG S.p.A.	
Indirizzo	Via Galliera, 6/2, BENTIVOGLIO (BO)	
Stabilimento	BRENNTAG S.p.A.	
Localizzazione geografica (ETRS89)	X = 688203 Y = 4941596	
CLASSIFICAZIONE DI PERICOLOSITÀ E DATI IDENTIFICATIVI DELLE LAVORAZIONI		
Soglia D.Lgs.105/2015	SOGLIA SUPERIORE	
Attività	Stoccaggio e distrib. all'ingrosso dett. noGPL	
Principali sostanze detenute	sostanze organiche, sostanze inorganiche liquide (acidi, basi, perossidi) e sostanze solide classificate comburenti.	
SOSTANZE PERICOLOSE PER MACROCATEGORIE		
Macrocategorie	Tot. serbatoi	mc
Sostanze organiche Isola 1	14	1020
Sostanze organiche Isola 2	13	2480
Sostanze organiche Isola 3	14	540
Clorurati	4	200
Glicoli	4	200
R65 -R66	3	90
Sostanze organiche	8	440
Macrocategorie	Tot. vasche	mc
Basi	12	780
Acidi	19	680
Perossidi	8	385

Tabella 30 - Dati anagrafici BRENNTAG S.p.a.

SOSTANZE PERICOLOSE PRESENTI			
Nome	Limite di soglia		Q.max presente (t)
	Soglia Art. 6 (t)	Soglia Art. 8 (t)	
Metanolo R11 – R23/24/25	500	5000	44
Sostanze tossiche R23/24/25	50	200	20
Comburenti R8	50	200	250
Liquidi infiammabili R11	5000	50000	650
Liquidi facilmente infiammabili R11	5000	50000	1100
Sostanze estremamente infiammabili R12	10	50	40
Sostanze pericolose per l'ambiente R50	100	200	530
Sostanze pericolose per l'ambiente R51/53	200	500	370

Tabella 31 - Principali sostanze detenute in BRENNTAG S.p.a.

3.4.4.1 Scenari incidentali considerati

In conformità al Parere Tecnico Conclusivo di istruttoria prot.n.17602 del 28 dicembre 2011, redatto dal Comitato Tecnico Regionale dei Vigili del Fuoco, ai sensi dell'art. 21 del D.Lgs n. 334/1999 s.m.i., si prende atto che le aree interessate dall'evento incidentale si estendono anche all'esterno dei confini aziendali, e che i maggiori rischi sono legati alle caratteristiche di comburenza, tossicità, pericolosità per l'ambiente e infiammabilità delle sostanze detenute.

Per l'individuazione delle zone di pianificazione si è fatto riferimento al DPCM del 25 febbraio del 2005 "Linee guida per la predisposizione del piano per l'emergenza esterna di cui all'art. 20 comma 4 del D.Lgs 334/99" Le predette "linee guida" individuano tre zone di pianificazione:

- **prima zona – zona di sicuro impatto:** è una zona generalmente limitata alle immediate adiacenze dello stabilimento ed è caratterizzata da effetti sanitari comportanti una elevata probabilità di letalità anche per le persone mediamente sane;
- **seconda zona – zona di danno:** è una zona, esterna rispetto la prima, caratterizzata da possibili danni, anche gravi ed irreversibili, per persone mediamente sane che non intraprendono le corrette misure di protezione e da possibili danni anche letali per persone maggiormente vulnerabili (neonati, bambini, malati, anziani, ecc.);
- **terza zona – zona di attenzione:** è caratterizzata dal possibile verificarsi di danni, generalmente non gravi e reversibili, a soggetti particolarmente vulnerabili, o comunque da reazioni fisiologiche che possono determinare situazioni tali da richiedere provvedimenti anche di ordine pubblico, nella valutazione delle autorità locali.

Top event identificati:

- A1) Rilascio di metanolo in fase di travaso (carico/scarico ATB);
- A2) Rilascio di toluene in fase di travaso (carico/scarico);
- C1) Rilascio di metanolo per perdita di tenuta della pompa;
- C2) Rilascio di metanolo durante il riempimento di cisternette/fusti;
- D1) Rilascio di metanolo da cisternetta per rottura durante la movimentazione;
- E1) Incendio di un bancale di dicloroisocianurato di sodio.

TOP	Descrizione evento	Scenario incidentale	SOGLIE DI RIFERIMENTO			
			Irraggiamento (distanze in mt.)			
			Elevata Letalità 12,5Kw/m2	Inizio Letalità 7Kw/m2	Lesioni Irreversibili 5Kw/m2	Lesioni Reversibili 3Kw/m2
			Dispersione Tossica (distanze in mt.)			
			LC50		IDLH	LOC
A.1	Rilascio di metanolo in fase di Travaso (carico /scarico ATB)	Dispersione Tossica	/		/	40,4
		<i>pool fire</i>	8,5	10,4	11,5	12,9
A.2	Rilascio di toluene in fase di travaso da ATB (carico/scarico)	<i>pool fire</i>	26,7	32,9	36,7	43
C.1	Rilascio di metanolo per perdita di tenuta della pompa	<i>pool fire</i>	0,99	1,1	1,3	1,4
C.2	Rilascio di metanolo da cisternetta per rottura durante la movimentazione	Dispersione Tossica	/		/	42
		<i>pool fire</i>	6,1	12,9	14,2	15,6
D.1	Rilascio di metanolo durante il riempimento di cisternette/ fusti	Dispersione Tossica	/	/	11	47,1
		<i>pool fire</i>	8.3	10	10,9	12,5
E.1	Incendio di un bancale di dicloroisocianurato di sodio	Dispersione Tossica di cloro	/		202	495

Tabella 32 - Eventi incidentali identificati in BRENNTAG S.p.a.

Valori di riferimento per la dispersione tossica di cloro

I valori di riferimento per la valutazione degli effetti più pericolosi in base ai quali sono determinate le zone di pianificazione dell'emergenza esterna riguardano il cloro e sono i seguenti:

- l'elevata letalità è determinata dalla concentrazione di cloro pari al valore dell' LC50 (*Lethal Concentration Fifty*) pari a $LC50 = 1035 \text{ mg/m}^3$, che rappresenta la concentrazione di sostanza tossica, letale per inalazione nel 50% dei soggetti esposti per periodi di tempo prefissati. Nell'ipotesi di accadimento di eventi incidentali, il presupposto è che si determinino concentrazioni elevate di sostanze pericolose per periodi di tempo molto brevi (dell'ordine di qualche minuto).
- le lesioni irreversibili sono determinate dalla concentrazione di cloro pari al valore dell'IDLH (*Immediately Dangerous to Life and Health*) pari a $29,484 \text{ mg/m}^3$ che rappresenta la concentrazione di sostanza tossica per la quale un individuo sano, in seguito ad esposizione di 30 minuti, non subisce per inalazione danni irreversibili alla salute e sintomi tali da impedire l'esecuzione delle appropriate azioni protettive.
- le lesioni reversibili sono determinate dalla concentrazione di cloro pari al valore del LOC (*Level Of Concern*) pari $2,95 \text{ mg/m}^3$ che indica la concentrazione di sostanze pericolose alla quale, per una esposizione relativamente breve, possono prodursi effetti dannosi per la salute umana, ma comunque reversibili. Il suo valore è generalmente pari ad 1/10 di quello dell'IDLH ..

3.4.4.2 Condizioni meteorologiche e climatiche considerate

Il clima dell'area è quello tipico della pianura padana caratterizzato da notevoli escursioni tra le temperature invernali e quelle estive ed alti valori di umidità relativa.

Il regime pluviometrico è caratterizzato da valori di piovosità di circa 740 mm./anno, tipici di un regime sublitoraneo adriatico con un massimo in novembre (77 mm.) ed un minimo principale nel mese di febbraio (35 mm.). Le condizioni atmosferiche che possono incidere sull'evoluzione dello scenario incidentale con impatto sul territorio, riguardano principalmente la classe di stabilità atmosferica, la velocità del vento e la direzione del vento.

Pertanto per la caratterizzazione del sito si sono desunti i dati dal modello di calcolo CALMET (2001-2010) del Servizio Meteo Regionale di Arpa.

Sulla base dei dati della stazione di rilevamento "Bologna Borgo Panigale" di Bologna, per il periodo 2001-2010, elaborate dal Servizio Meteo Regionale di Arpa, emerge che prevalgono nettamente i venti provenienti di quadranti SSW, E e W e in misura minore quelli da SW e WNW

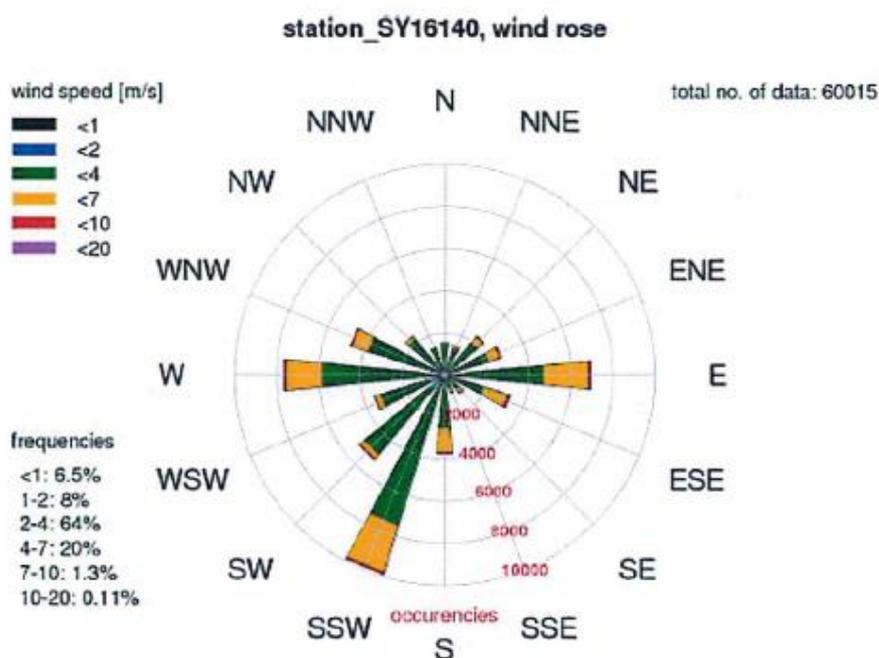


Figura 87 - Direzione del vento prevalente in BRENNTAG S.p.a

La velocità del vento prevalente è compresa tra 2 e 4 m/s. Le direzioni prevalenti sono sud-sudovest e est-ovest

3.4.5 F.Ili RENZI LOGISTICA s.r.l.

DATI ANAGRAFICI	
Società	F.LLI RENZI LOGISTICA s.r.l.
Indirizzo	Via Saliceto, 26/a, CASTEL MAGGIORE (BO)
Stabilimento	F.LLI RENZI LOGISTICA s.r.l.
Localizzazione geografica (ETRS89)	X = 688543 Y = 4936980
CLASSIFICAZIONE DI PERICOLOSITÀ E DATI IDENTIFICATIVI DELLE LAVORAZIONI	
Soglia D.Lgs.105/2015	SOGLIA SUPERIORE
Attività	Deposito di concimi e antiparassitari. Attività di immagazzinamento e distribuzione di prodotti antiparassitari e concimi.

Tabella 33 - Dati anagrafici F.Ili RENZI LOGISTICA s.r.l.

SOSTANZE PERICOLOSE PRESENTI			
Nome	Limite di soglia (t)		Q.max presente (t)
	Art.6	Art.8	
Molto Tossiche	5	20	70
Tossiche	50	200	80
Infiammabili R10 (nota 30 D.L.vo 334 e s.m.i)	5000	50000	44
Infiammabili R12	10	50	4
Pericolose per l'ambiente R50	100	200	500
Pericolose per l'ambiente R51/53	2000	500	500

Tabella 34 - Principali sostanze detenute in F.Ili RENZI LOGISTICA s.r.l.

3.4.5.1 Scenari incidentali considerati

Evento incidentale	Scenario incidentale e sostanze coinvolte	Probabilità	Distanze di danno (m)			
			Elevata Letalità	Lesioni Irreversibili	LOC	
			LC ₅₀	IDLH		
1	Incendio incontrollato di un'area compartimentata del magazzino (Area 3A) con emissione di fumi tossici (prodotti della combustione NO ₂ , HCl, HCN, CO, SO ₂ , ecc.)	Dispersione Tossica (inquinante di riferimento *HCL)	7,8*10 ⁻⁴	Non raggiunto	Non raggiunto	350 m Aree esterna ai confini del Deposito
2	Incendio incontrollato di un automezzo in area esterna di carico/scarico con emissione di fumi tossici della combustione (NO ₂ , HCl, HCN, CO, SO ₂ , ecc.)		4,5*10 ⁻⁷			
3	Rottura di un fusto da 1000 litri di HF al 40% e conseguente fuoriuscita di 700l di HF durante la fase di movimentazione del fusto in area carico/scarico	Dispersione Tossica di HF 40%	1,9*10 ⁻⁴	Non raggiunto	122 m	465 m Aree esterna ai confini del Deposito
4	Rottura di un fusto di liquido infiammabile da 200 l durante la fase di movimentazione del fusto in area carico/scarico. E conseguente uscita ed innesco	Pool Fire incendio di pozza di metanolo	1,44*10 ⁻⁴	12,5 KW/m ²	5 KW/m ²	3KW/m ²
5	Rottura di una tanica da 20 litri e conseguente fuoriuscita di dietil etere (classificato estremamente infiammabile con frase di rischio R12) durante la fase di movimentazione del fusto in area carico/scarico.			Pool Fire incendio di pozza di dietil etere	1,44*10 ⁻⁴	8

Tabella 35 - Eventi incidentali identificati in F.Ili RENZI LOGISTICA s.r.l.

Nota: lo scenario della dispersione tossica che può essere determinato dall'incendio di un comparto del magazzino o dall'incendio dell'automezzo contenenti fitofarmaci, individua tra i fumi di combustione l'HCl come il più pericoloso, in quanto la distanza in cui la concentrazione raggiunge la sua soglia LOC, tutti gli altri inquinanti hanno concentrazione inferiore al proprio limite

Valori di riferimento per la dispersione tossica

I valori di riferimento per la valutazione degli effetti più pericolosi in base ai quali sono determinate le zone di pianificazione dell'emergenza esterna riguardano l'acido fluoridrico al 40% e sono i seguenti:

- l'elevata letalità è determinata dalla concentrazione di acido Fluoridrico al 40% pari al valore dell'LC50 (Lethal Concentration Fifty) pari a 526 ppm, che rappresenta la concentrazione di sostanza tossica, letale per inalazione nel 50% dei soggetti esposti per periodi di tempo prefissati. Nell'ipotesi di accadimento di eventi incidentali, il presupposto è che si determinino concentrazioni elevate di sostanze pericolose per periodi di tempo molto brevi (dell'ordine di qualche minuto).
- Le lesioni irreversibili sono determinate dalla concentrazione di acido Fuoridrico al 40% pari al valore dell'IDLH (Immediately Dangerous to Life and Health) pari a 30 ppm, che rappresenta la concentrazione di sostanza tossica per la quale un individuo sano, in seguito ad esposizione di 30

minuti, non subisce per inalazione danni irreversibili alla salute e sintomi tali da impedire l'esecuzione delle appropriate azioni protettive.

- Le lesioni reversibili sono determinate dalla concentrazione di acido Fluoridrico al 40% pari al valore del LOC (Level Of Concern) pari a 3 ppm che indica la concentrazione di sostanze pericolose alla quale, per una esposizione relativamente breve, possono prodursi effetti dannosi per la salute umana, ma comunque reversibili. Il suo valore è generalmente pari ad 1/10 di quello dell'IDLH.

Top event	Scenario incidentale	Distanza delle zone di pianificazione		
Rottura di un fusto da 1000 litri di HF al 40% e conseguente fuoriuscita di 700 l di HF durante la fase di movimentazione del fusto in area carico/scarico	Dispersione tossica (inquinante di riferimento HF 40%)	I° zona zona di sicuro impatto	II° zona zona di danno	III° zona zona di attenzione
		Non raggiunta	123 m	465 m

Tabella 36 - Scenario più gravoso identificato in F.lli RENZI LOGISTICA s.r.l.

I° zona di pianificazione: coincide con l'area di danno dell'elevata letalità (LC50) (Zona di sicuro impatto) non viene raggiunta.

II° zona di pianificazione: coincidente con area di danno delle Lesioni irreversibili (IDLH) (Zona di danno) distanza massima 123 esterna allo stabilimento.

III° zona di pianificazione: distanza raggiunta dal LOC con area di danno circolare con centro nel punto di origine dell'incidente e raggio pari (Zona di attenzione) a 465 m.

3.4.5.2 Condizioni meteorologiche e climatiche considerate

Il clima dell'area è quello tipico della pianura padana caratterizzato da notevoli escursioni tra le temperature invernali e quelle estive ed alti valori di umidità relativa.

Il regime pluviometrico è caratterizzato da valori di piovosità di circa 740 mm/anno, tipici di un regime sublitoraneo adriatico con un massimo in novembre (77 mm) ed un minimo principale nel mese di febbraio (35 mm). Le condizioni atmosferiche che possono incidere sull'evoluzione dello scenario incidentale con impatto sul territorio, riguardano principalmente la classe di stabilità atmosferica, la velocità del vento e la direzione del vento.

Pertanto, per la caratterizzazione del sito si sono desunti i dati dal modello di calcolo CALMET (2001-2010) del Servizio Meteo Regionale di Arpa.

Sulla base dei dati della stazione di rilevamento "Bologna Borgo Panigale" di Bologna, per il periodo 2001-2010, elaborate dal Servizio Meteo Regionale di Arpa, emerge che prevalgono nettamente i venti provenienti di quadranti SSW, E e W e in misura minore quelli da SW e WNW (figura 1).

La velocità del vento prevalente è compresa tra 2 e 4 m/s.

La tabella 1 riporta la direzione prevalente dei venti distinta per mesi e per fasce orarie nel periodo di osservazione 2001-2010, dalla quale possiamo osservare la netta prevalenza delle direzioni di provenienza SSW (fascia oraria 00-05) e da E (fascia oraria 12-17) per tutto l'anno, direzioni che si ripresentano frequentemente e in alternanza anche nella fascia oraria 18-23.

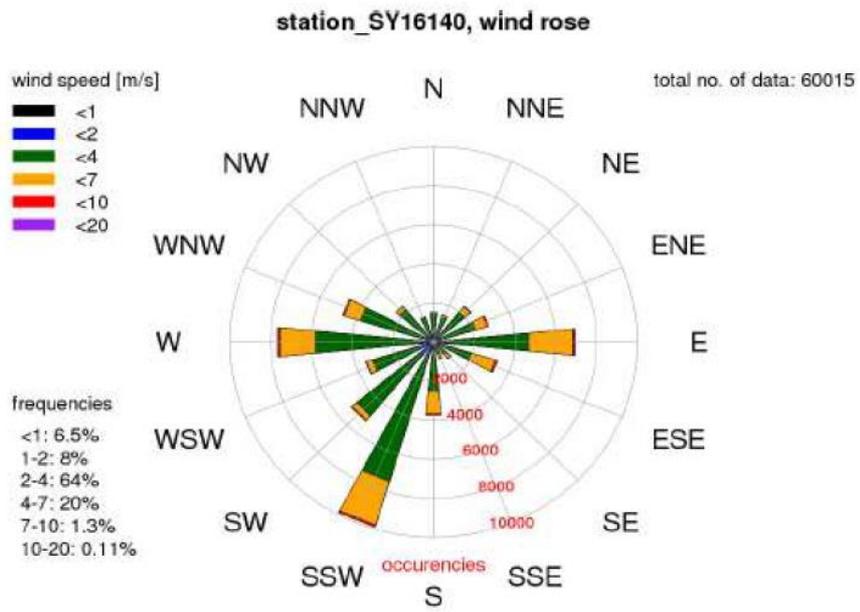


Figura 88 - Direzione del vento prevalente in F.Ili RENZI LOGISTICA s.r.l

3.4.6 G.D. s.r.l. – Deposito e Distribuzione Merci

DATI ANAGRAFICI	
Società	G.D. s.r.l. – Deposito e Distribuzione Merci
Indirizzo	VIA LABRIOLA, 14, SALA BOLOGNESE (BO)
Stabilimento	G.D. s.r.l. - Deposito e Distribuzione Merci
Localizzazione geografica (ETRS89)	X = 678108 Y = 4938549
CLASSIFICAZIONE DI PERICOLOSITÀ E DATI IDENTIFICATIVI DELLE LAVORAZIONI	
Soglia D.Lgs.105/2015	SOGLIA INFERIORE
Attività	Immagazzinamento e di distribuzione di prodotti finiti di vario genere come prodotti alimentari, condizionatori e prodotti fitosanitari per l'agricoltura

Tabella 37 - Anagrafica G.D. s.r.l. – Deposito e Distribuzione Merci

SOSTANZE PERICOLOSE PRESENTI			
Preparati	Limite di soglia		Q.max presente (t)
	Soglia Art. 6 (t)	Soglia Art. 8 (t)	
Molto tossici	5	20	10
Tossici	50	200	65
Molto tossico per l'ambiente	100	200	195

Tabella 38 - Sostanze pericolose identificate in G.D. s.r.l. – Deposito e Distribuzione Merci

3.4.6.1 Scenari incidentali considerati

- incendio generalizzato del Deposito di fitofarmaci (situato all'interno del magazzino);
- dispersione di sostanze o preparati pericolosi in area di carico e scarico.

Evento	Frequenza occ/anno	Probabilità di accadimento	Mancato intervento operatore	Indisponibilità impianto antincendio
Incendio generalizzato del deposito di fitofarmaci	$3,45 \times 10^{-6}$	$1,86 \times 10^{-2}$	1×10^{-3}	4×10^{-3}
Dispersione di sostanze o preparati pericolosi in area di carico e scarico	$5,43 \times 10^{-5}$	-	-	-

Tabella 39 - Scenari incidentali identificati in G.D. s.r.l. – Deposito e Distribuzione Merci

3.4.6.2 Condizioni meteorologiche e climatiche considerate

Il clima dell'area è quello tipico della pianura padana con notevoli escursioni tra le temperature invernali e quelle estive ed alti valori di umidità relativa.

Il regime pluviometrico è caratterizzato da valori di piovosità di circa 723 mm/anno (dati stazione Calderara di Reno 1991-08), tipici di un regime sublitoraneo adriatico con un massimo in novembre (77 mm) ed un minimo principale nel mese di febbraio (35 mm.).

Sulla base dei dati della stazione di rilevamento “Bologna Borgo Panigale” di Bologna, per il periodo 2001-2010, elaborate dal Servizio Meteo Regionale di Arpa, emerge che prevalgono nettamente i venti provenienti di quadranti SSW, E e W e in misura minore quelli da SW e WNW (figura 2).

La velocità del vento prevalente è compresa tra 2 e 4 m/s.

Per le singole stagioni i dati confermano per primavera ed estate, prevalenza di apporti da SSW e da E, in autunno la provenienza da SSW accompagnata da significativa presenza di venti provenienti da W mentre in inverno è netta la prevalenza di venti provenienti da O rispetto alle altre direzioni.

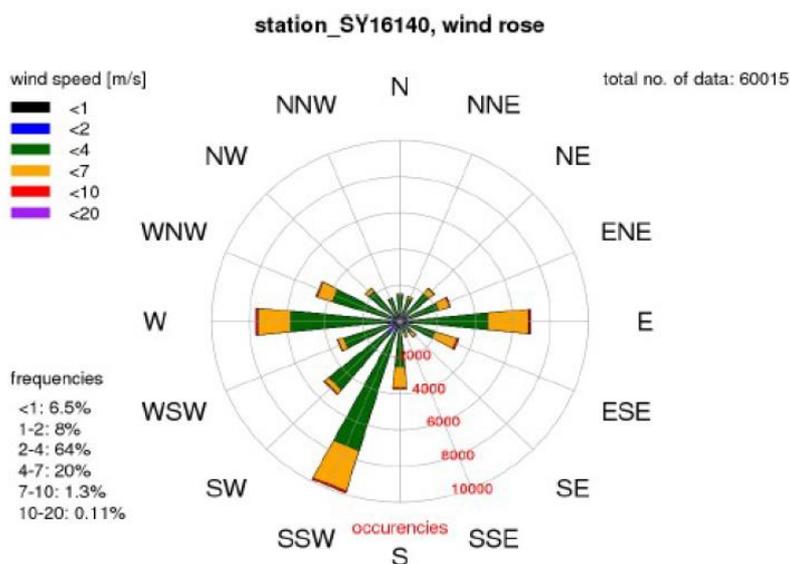


Figura 89 - Direzione del vento prevalente in G.D. s.r.l. – Deposito e Distribuzione Merci

3.4.7 GOLDEN GAS S.p.A.

DATI ANAGRAFICI	
Società	GOLDEN GAS s.r.l.
Indirizzo	Via Nuova, 39/1, Argelato (BO)
Stabilimento	GOLDEN GAS s.r.l.
Localizzazione geografica (ETRS89)	X = 686547 Y = 4940739
CLASSIFICAZIONE DI PERICOLOSITÀ E DATI IDENTIFICATIVI DELLE LAVORAZIONI	
Soglia D.Lgs.105/2015	SOGLIA INFERIORE
Attività	Ricezione, movimentazione, stoccaggio e spedizione di gas petrolio liquefatto (GPL)

Tabella 54 Dati anagrafici GOLDEN GAS S.p.a.

SOSTANZE PERICOLOSE PRESENTI			
Sostanza pericolosa	Limite di soglia (t)		Q.max presente (t)
	Soglia Art. 6 (t)	Soglia Art. 8 (t)	
GPL (Propano commerciale miscela tipo C)	50	200	184

Tabella 40 - Sostanze pericolose identificate in GOLDEN GAS S.p.a.

3.4.7.1 Scenari incidentali considerati

Evento	Scenario incidentale Stima delle conseguenze	Frequenza di accadimento
Rilascio di gpl da linea fase liquida da 4", foro da 2", con conseguente formazione di nube infiammabile	Flash Fire Elevata letalità LFL → 171 m Inizio Letalità LFL/2 → 241 m	DM 15/05/1996
Rilascio di gpl da compressore foro da 1" con conseguente formazione di nube infiammabile	Flash Fire Elevata letalità LFL → 24 m Inizio Letalità LFL/2 → 39 m	$5.11 \cdot 10^{-6}$
Rilascio di gpl da pompa foro 1" (che comprende anche foro 1/4") con conseguente formazione di nube infiammabile	Flash Fire Elevata letalità LFL → 101 m Inizio Letalità LFL/2 → 147 m	$2.44 \cdot 10^{-6}$
Rilascio di gpl per apertura impestiva di PSV di serbatoio, foro da 2" con conseguente formazione di getto (in pressione) infiammabile	Jet Fire Elevata letalità 12,5 kW m → nr Inizio Letalità 7 kW m → nr Danni Irreversibili 5 kW m → 16 m Danni reversibili 3 kW m → 27 m	$4,08 \cdot 10^{-6}$
Rilascio di gpl in fase di carico e scarico ATB con formazione di nube infiammabile	Flash Fire Elevata letalità LFL → 121 m Inizio Letalità LFL/2 → 174 m	$6,34 \cdot 10^{-7}$

Tabella 41 - Scenari incidentali identificati in GOLDEN GAS S.p.a.

3.4.7.2 Condizioni meteorologiche e climatiche considerate

Il clima dell'area è quello tipico della pianura padana con notevoli escursioni tra le temperature invernali e quelle estive ed alti valori di umidità relativa.

Il regime pluviometrico è caratterizzato da valori di piovosità di circa 660 mm/anno (dati stazione Calderara di Reno 1961-85), tipici di un regime sublitoraneo adriatico con un massimo in novembre (77 mm) ed un minimo principale nel mese di febbraio (35 mm).

Sulla base dei dati della stazione di rilevamento "Bologna Borgo Panigale" di Bologna, per il periodo 2001-2010, elaborate dal Servizio Meteo Regionale di Arpa, emerge che prevalgono nettamente i venti provenienti di quadranti SSW, E e W e in misura minore quelli da SW e WNW.

La velocità del vento prevalente è compresa tra 2 e 4 m/s.

Per le singole stagioni i dati confermano per primavera ed estate, prevalenza di apporti da SSW e da E, in autunno provenienza da SSW accompagnata da significativa presenza di venti provenienti da W mentre in inverno è netta la prevalenza di venti provenienti da O rispetto alle altre direzioni.

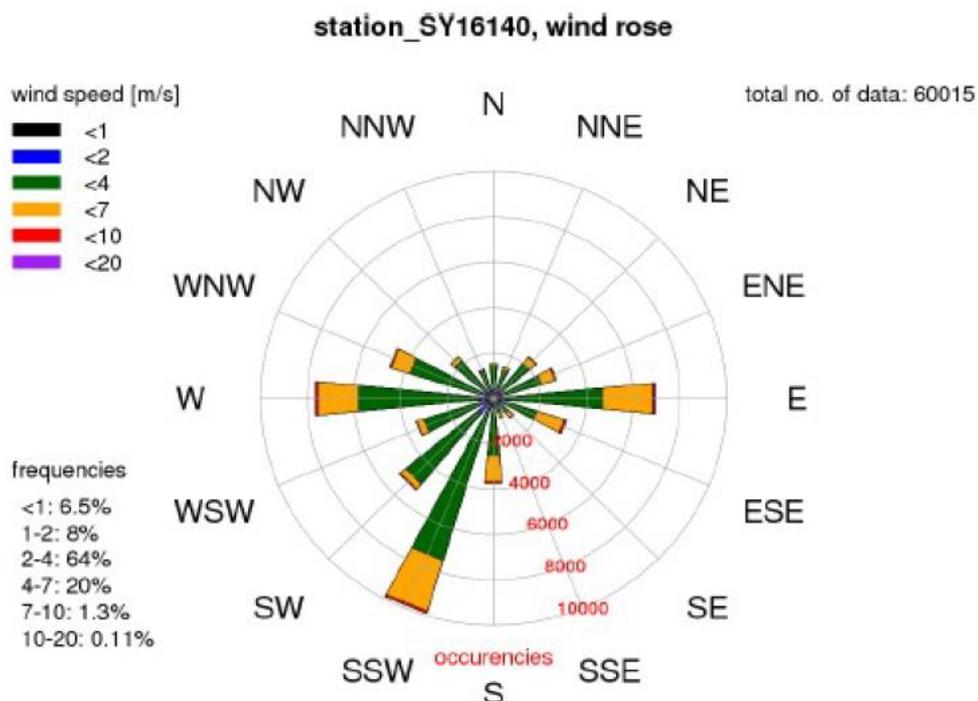


Figura 90 - Direzione principale del vento in GOLDEN GAS S.p.a.

3.4.8 EMILGAS s.r.l.

DATI ANAGRAFICI	
Società	L'EMILGAS s.r.l.
Indirizzo	Via Quarto di Sopra, 1, Bologna (BO)
Stabilimento	L'EMILGAS s.r.l.
Localizzazione geografica (ETRS89)	X = 691670 Y = 4932785
CLASSIFICAZIONE DI PERICOLOSITÀ E DATI IDENTIFICATIVI DELLE LAVORAZIONI	
Soglia D.Lgs.105/2015	SOGLIA SUPERIORE
Attività	Ricezione, movimentazione, stoccaggio e spedizione di gas petrolio liquefatto (GPL)

Tabella 42 - Anagrafica L'EMILGAS s.r.l.

SOSTANZE PERICOLOSE PRESENTI			
Sostanza pericolosa	Limite di soglia (t)		Q.max presente (t)
	Soglia Art. 6 (t)	Soglia Art. 8 (t)	
GPL Propano	-	-	330,2
Gasolio	-	-	262

Tabella 43 - Sostanze pericolose identificate in L'EMILGAS s.r.l.

3.4.8.1 Scenari incidentali considerati

Stima delle conseguenze			Distanze di Danno			
TOP EVENTS	Scenario	Frequenza	Elevata Letalità	Inizio Letalità	Lesioni irreversibili	Lesioni reversibili
	<i>Jet Fire</i>		12,5Kw/m ²	7Kw/m ²	5 Kw/m ²	3 Kw/m ²
	<i>Flash Fire</i>		LFL	½ LFL		
Rilascio dalla parte superiore del serbatoio	<i>Jet fire</i>	1,72x10 ⁻⁴	26,2	26,4	26,5	31
Rilascio dalla parte inferiore del serbatoio	<i>Flash Fire</i>	1,65x10 ⁻⁷	135,4	200,2		
Rilascio da tubazione di collegamento della fase liquida ai serbatoi	<i>Jet fire</i>	3,9 *10 ⁻⁷	47,6	48,3	49	56,2
	<i>Flash Fire</i>	3,9*10 ⁻⁸	69	128,5		
Rilascio per perdita dal braccio di carico del liquido durante le operazioni di travaso	<i>Jet fire</i>	2,84*10 ⁻⁸	49,5	49,6	50	58,7
Rilascio per perdita dalla manichetta di carico del gas durante le operazioni di travaso	<i>Jet fire</i>	2,84*10 ⁻⁸	19,6	19,8	19,9	23,5
Rilascio da pompa 180 s	<i>Jet fire</i>	2,4*10 ⁻⁸	57,7	57,9	58,5	69
Rilascio da compressore	<i>Jet fire</i>	2 *10 ⁻⁸	57,7	57,9	58,5	69
Rilascio durante le operazioni di imbombolamento	<i>Jet fire</i>	6,36 *10 ⁻⁵	17,9	18	18,1	21,3
	<i>Flash Fire</i>	6,36*10 ⁻⁷	6,6	16,9		
Rilascio da bombola	<i>Jet fire</i>	7*10 ⁻⁶	6,1	6,2	6,3	7,3

Tabella 44 - Scenari incidentali identificati in L'EMILGAS s.r.l.

Valori di riferimento per l'individuazione delle zone di pianificazione dell'emergenza

I valori di riferimento per la valutazione degli effetti dello scenario di *Flash-fire* in base ai quali sono determinate le zone di pianificazione dell'emergenza esterna (D.M.LL.PP. 9 maggio 2001) sono i seguenti:

- la delimitazione della prima zona, corrispondente all'elevata letalità, è determinata dal valore del LFL (Limite Inferiore di Infiammabilità),
- la delimitazione della seconda zona, corrispondente all'inizio letalità, è determinata dal valore di ½ LFL
- per il flash fire non è prevista la terza zona di danno.

Top event n°1.1. - Rilascio di GPL (propano) dalla parte inferiore del serbatoio			
Distanza delle zone di pianificazione			
SCENARIO	I° zona di sicuro impatto	II° zona di danno	III° zona di attenzione
Flash-fire	135 m	200 m	Non prevista per il flash-fire

Tabella 45 - Top event identificato in L'EMILGAS s.r.l.

- I° zona di pianificazione: Zona di sicuro impatto (soglia elevata letalità definita dall'LFL) corrisponde a 135 metri
- II° zona di pianificazione: Zona di danno (soglia inizio letalità definita da ½ LFL) corrisponde a 200 metri
- III° zona di pianificazione: Zona di attenzione (non è prevista per lo scenario considerato)

3.4.8.2 Condizioni meteorologiche e climatiche considerate

Il clima dell'area è quello tipico della pianura padana con notevoli escursioni tra le temperature invernali e quelle estive ed alti valori di umidità relativa.

Secondo la tabella climatica comunale riportata nell'Atlante Idroclimatico dell'Emilia Romagna elaborato dall'Agenzia Regionale Prevenzione Ambiente, nel periodo 1991-2008 il regime pluviometrico è stato caratterizzato da valori di piovosità media di 777 mm/anno, con massimi in novembre e minimi in febbraio.

Le condizioni atmosferiche che possono incidere sull'evoluzione dello scenario incidentale con impatto sul territorio, riguardano principalmente la classe di stabilità atmosferica, la velocità del vento e la direzione del vento.

Pertanto, per la caratterizzazione del sito si sono desunti i dati dal modello di calcolo CALMET (2001-2010) del Servizio METEO Regionale dell'Agenzia Regionale Prevenzione Ambiente.

Sulla base dei dati della stazione di rilevamento di Bologna, per il periodo 2001-2010 emerge che annualmente prevalgono nettamente i venti provenienti dal quadrante SW e in misura minore da W, mentre non si manifestano significative differenze tra gli altri apporti (figura 1).

La velocità del vento prevalente è compresa tra 2 e 4 m/s.

La tabella 1 riporta la direzione prevalente dei venti distinta per mesi e per fasce orarie nel periodo di osservazione 2001-2010, dalla quale possiamo osservare una netta distinzione tra fasce orarie con una maggiore variabilità diurna.

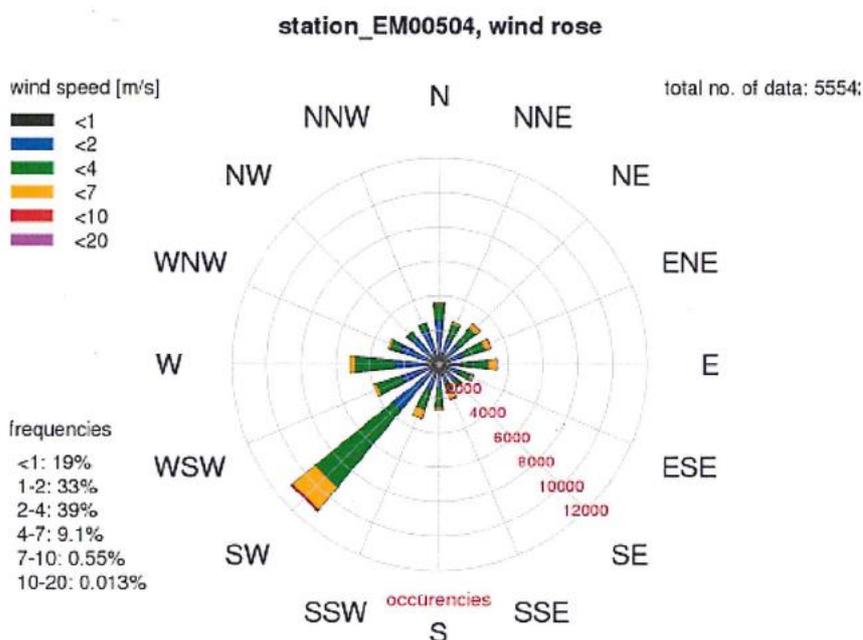


Figura 91 - Direzione del vento prevalente in L'EMILGAS s.r.l.

3.4.9 LINDE GAS Italia S.r.l.

DATI ANAGRAFICI	
Società	LINDE GAS Italia s.r.l.
Indirizzo	Via F. Turati, 18/a, SALA BOLOGNESE (BO)
Stabilimento	LINDE GAS Italia s.r.l.
Localizzazione geografica (ETRS89)	X = 678972 Y = 4939283
CLASSIFICAZIONE DI PERICOLOSITÀ E DATI IDENTIFICATIVI DELLE LAVORAZIONI	
Soglia D.Lgs.105/2015	SOGLIA INFERIORE
Attività	Produzione di argon, azoto e ossigeno liquidi mediante il processo di distillazione frazionata dell'aria (processo esclusivamente fisico). Stoccaggi di ossigeno, azoto ed argon in forma liquefatta refrigerata. Riempimento cisterne criogeniche per la distribuzione. Riempimento criocontenitori con ossigeno e azoto.

Tabella 46 - Anagrafica LINDE GAS Italia S.r.l.

SOSTANZE PERICOLOSE PER MACROCATEGORIE				
Sostanza	Volume m ³	Quantità (t)		
Ossigeno	1050	1197		
Azoto liquido	1020	825		
Argon liquido	50	69		
ELENCO SOSTANZE PERICOLOSE				
Prodotto	Classificazione	Quantità max (t)	Limiti art.6 (t)	Limiti art. 8 (t)
Ossigeno	O comburente (R8)	1209	200	2000

Tabella 47 - Principali sostanze identificate in LINDE GAS Italia S.r.l.

Nello stabilimento sono presenti altre sostanze pericolose ai sensi del D. Lgs. 344/99 in quantità inferiori al 2% della relativa soglia: 0,045 t di ammoniaca e 0,5 t di ipoclorito di sodio in soluzione, oltre ad altre sostanze non classificate pericolose ai sensi del D. Lgs 334/99 quali argon, azoto e acido solforico.

3.4.9.1 Scenari incidentali considerati

Evento	Scenario	Frequenza di accadimento (ev/anno)	Condizioni meteo	Conseguenze degli effetti e relative distanze di danno in m			
				Elevata Letalità		Lesioni Irreversibili	
Rilascio O ² dal troppo pieno del serbatoio	Dispersione Sovra Ossigenazione	2.6 x 10 ⁻⁵	D5	Conc. O ₂ 75% 2,1 m		Conc. O ₂ 30% 22 m	
			F2	Conc. O ₂ 75% 1,6 m		Conc. O ₂ 30% 36 m (interna allo stabilimento)	
Rilascio ossigeno da braccio di carico ATB	Dispersione Sovra Ossigenazione	4.1 x 10 ⁻³	D5	Conc. O ₂ 75% 1,6 m		Conc. O ₂ 30% 14 m	
			F2	Conc. O ₂ 75% 1,3m		Conc. O₂ 30% 25 m Esterna ai confini aziendali	
	Possibile Incendio di materiale combustibile come ATB	4.1 x 10 ⁻⁵	D5	Elevata Letalità	Inizio Letalità	Lesioni Irreversibili	lesioni reversibili
				12.5 kW/m ²	7 kW/m ²	5 kW/m ²	3 kW/m ²
			8.8	10.8	12	14	

Tabella 48 - Scenari incidentali identificati in LINDE GAS Italia S.r.l.

3.4.9.2 Condizioni meteorologiche e climatiche considerate

Il clima dell'area è quello tipico della pianura padana con notevoli escursioni tra le temperature invernali e quelle estive ed alti valori di umidità relativa.

Il regime pluviometrico è caratterizzato da valori di piovosità di circa 723 mm/anno (dati stazione Calderara di Reno 1991-08), tipici di un regime sublitoraneo adriatico con un massimo in novembre (77 mm) ed un minimo principale nel mese di febbraio (35 mm).

Le condizioni atmosferiche che possono incidere sull'evoluzione dello scenario incidentale con impatto sul territorio, riguardano principalmente la classe di stabilità atmosferica, la velocità del vento e la direzione del vento.

Sulla base dei dati della stazione di rilevamento "Bologna Borgo Panigale" di Bologna, per il periodo 2001-2010, elaborate dal Servizio Meteo Regionale di Arpa, emerge che prevalgono nettamente i venti provenienti di quadranti SSW, E e W e in misura minore quelli da SW e WNW.

La velocità del vento prevalente è compresa tra 2 e 4 m/s.

Per le singole stagioni i dati confermano per primavera ed estate, prevalenza di apporti da SSW e da E, in autunno la provenienza da SSW accompagnata da significativa presenza di venti provenienti da W mentre in inverno è netta la prevalenza di venti provenienti da O rispetto alle altre direzioni.

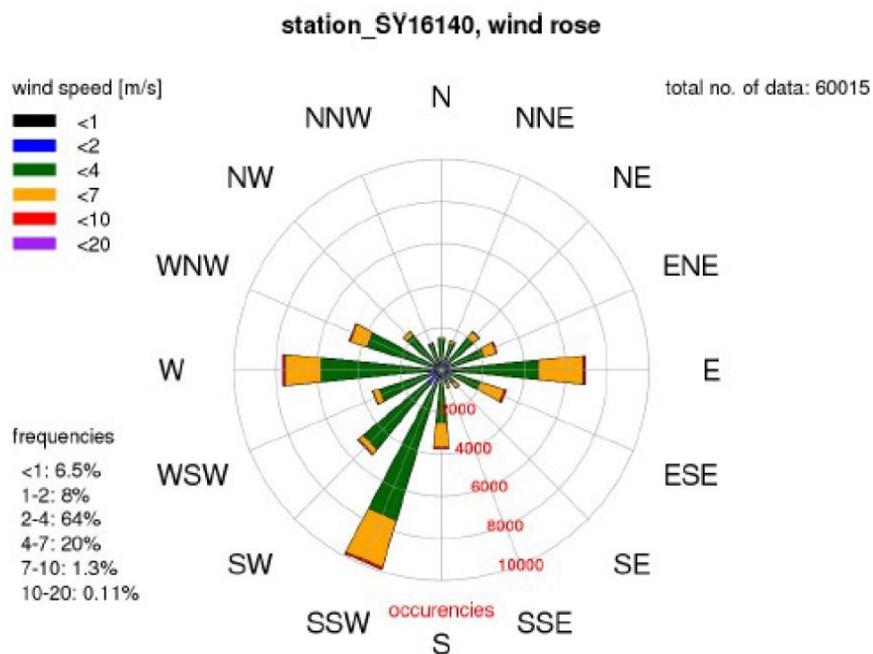


Figura 92 - Direzione prevalente del vento in LINDE GAS Italia S.r.l.

3.4.10 LIQUIGAS S.p.A.

DATI ANAGRAFICI	
Società	LIQUIGAS s.p.a.
Indirizzo	Via della Solidarieta', 12-14, Via della Solidarieta', 12-14 (BO)
Stabilimento	LIQUIGAS s.p.a. - Stabilimento di CREPELLANO
Localizzazione geografica (ETRS89)	X = 672338 Y = 4931688
CLASSIFICAZIONE DI PERICOLOSITÀ E DATI IDENTIFICATIVI DELLE LAVORAZIONI	
Soglia D.Lgs.105/2015	SOGLIA SUPERIORE
Attività	Ricezione, movimentazione, stoccaggio, imbottigliamento e spedizione di gas petrolio liquefatto (GPL) per la sua commercializzazione sfusa ed in bombole.

Tabella 49 - Anagrafica LIQUIGAS S.p.a.

ELENCO SOSTANZE PERICOLOSE			
Prodotto	Quantità max (t)	Limiti art.6 (t)	Limiti art. 8 (t)
GPL	958,30	50	200
Gasoli	1	2500	25000

Tabella 50 - Principali sostanze identificate in LIQUIGAS S.p.a.

3.4.10.1 Scenari incidentali considerati

Descrizione evento	Scenario incidentale	Stima delle conseguenze pericolose			
		Irraggiamento da incendio (distanze in m)			
		Elevata Letalità	Inizio Letalità	Lesioni Irreversibili	Lesioni Reversibili
Rilascio di GPL per Rottura catastrofica o distacco totale del braccio di carico fase liquida ad un punto di travaso	Jet fire	40	47	52	62
	Flash fire	45	93		
Rilascio di GPL per Rottura pompa di movimentazione fase liquida (ex Top event 7)	Jet fire	40	48	53	64
	Flash fire	30	80		
Rilascio di GPL per Rottura catastrofica linea fase liquida	Jet fire	40	48	53	64
	Flash fire	30	80		
Rilascio di GPL per Rottura catastrofica serbatoio fase liquida	Flash fire	54	154		

Tabella 51 - Scenari incidentali identificati in LIQUIGAS S.p.a.

3.4.10.2 Condizioni meteorologiche e climatiche considerate

Il clima dell'area è quello tipico della pianura padana caratterizzato da notevoli escursioni tra le temperature invernali e quelle estive ed alti valori di umidità relativa.

Il regime pluviometrico è caratterizzato da valori di piovosità di circa 760 mm./anno, tipici di un regime sublitoraneo adriatico con un massimo in aprile (74 mm.) ed un minimo principale nel mese di febbraio (47 mm.).

Le condizioni atmosferiche che possono incidere sull'evoluzione dello scenario incidentale con impatto sul territorio, riguardano principalmente la classe di stabilità atmosferica, la velocità del vento e la direzione del vento.

Pertanto per la caratterizzazione del sito si sono desunti i dati dal modello di calcolo CALMET (2001-2010) del Servizio Meteo Regionale di Arpa.

Sulla base dei dati della stazione di rilevamento "Bologna Borgo Panigale" di Bologna, per il periodo 2001-2010, elaborate dal Servizio Meteo Regionale di Arpa, emerge che prevalgono nettamente i venti provenienti di quadranti SSW, E e W e in misura minore quelli da SW e WNW (figura 1).

La velocità del vento prevalente è compresa tra 2 e 4 mt./s.

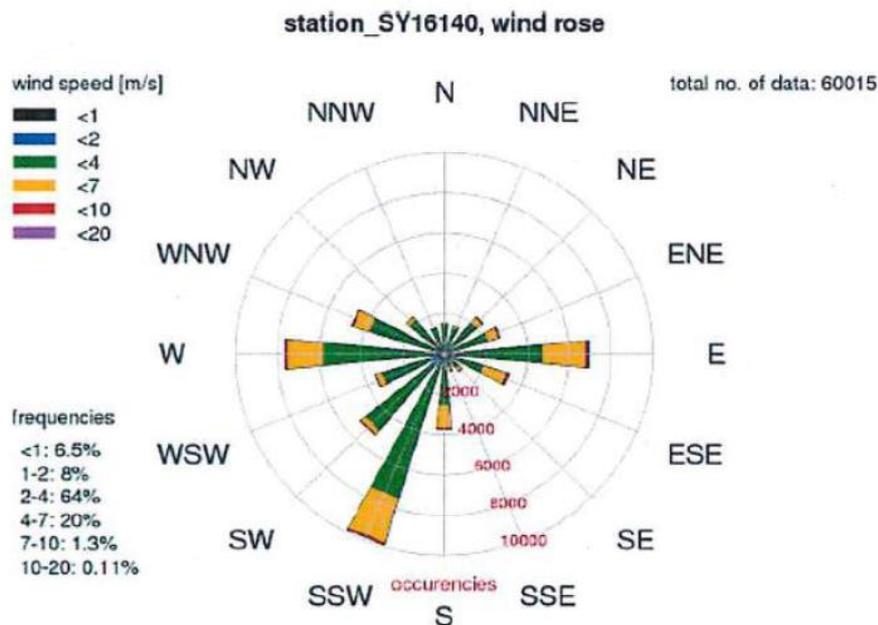


Figura 93 - Direzione prevalente del vento in LIQUIGAS S.p.a.

3.4.11 REAGENS S.p.A.

DATI ANAGRAFICI	
Società	REAGENS S.p.A.
Indirizzo	Via Codronchi, 4, SAN GIORGIO DI PIANO (BO)
Stabilimento	REAGENS S.p.A.
Localizzazione geografica (ETRS89)	X = 688832 Y = 4946953
CLASSIFICAZIONE DI PERICOLOSITÀ E DATI IDENTIFICATIVI DELLE LAVORAZIONI	
Soglia D.Lgs.105/2015	SOGLIA SUPERIORE
Attività	Produzione di stabilizzanti, additivi e antiossidanti per materie plastiche e additivi per produzione di vernici.

Tabella 52 - Anagrafica REAGENS S.p.a.

ELENCO SOSTANZE PERICOLOSE			
Prodotto	Quantità max (t)	Limiti art.6 (t)	Limiti art. 8 (t)
Molto Tossici (T+)	0		20
Tossici (T)	338,4		200
Liquidi infiammabili R10-R11	17,5		5000
Comburenti	41		200
Molto Tossici per l'ambiente acquatico (N, R50)	757		200
Tossici per l'ambiente acquatico (N, / R51/53)	100		500

Tabella 53 - Sostanze pericolose identificate in REAGENS S.p.a.

3.4.11.1 Scenari incidentali considerati

Evento incidentale	Scenario	Probabilità (ev./anno)	Conseguenze degli Effetti	Area di Danno (m)
Linea O152 fessurazione del tubo flessibile di collegamento tra la bombola e l'impianto	Dispersione Tossica: Rilascio tossico di SO₂ con mancato abbattimento e confinamento della nube	2x10 ⁻⁶	Elevata letalità LC ₅₀ 6712,3 mg/m ³	7 m (area interna allo stabilimento)
			lesioni irreversibili IDLH 266,36 mg/m ³	45 m (area interna allo stabilimento)
			Lesioni reversibili LOC 26, 63 mg/m ³	192 m

Tabella 54 - Scenari incidentali identificati in REAGENS S.p.a.

Si precisa che nel caso in esame per una condizione atmosferica molto stabile (classe di Pasquill "F") e bassa velocità del vento (2m/s) la nube tossica permane per tempi molto brevi, nella concentrazione del LC50 per circa 20 secondi, dell'IDLH per circa 80 secondi e per il LOC per circa 230 secondi.

3.4.11.2 Condizioni meteorologiche e climatiche considerate

Il clima dell'area è quello tipico della pianura padana con notevoli escursioni tra le temperature invernali e quelle estive ed alti valori di umidità relativa.

Il regime pluviometrico è caratterizzato da valori di piovosità di circa 660 mm/anno (dati stazione Calderara di Reno, tipici di un regime sublitoraneo adriatico con un massimo in novembre (77 mm) ed un minimo principale nel mese di febbraio (35 mm.).

Sulla base dei dati della stazione di rilevamento "Bologna Borgo Panigale" di Bologna, per il periodo 2001-2010, elaborate dal Servizio Meteo Regionale di Arpa, emerge che prevalgono nettamente i venti provenienti di quadranti SSW, W e E e in misura minore quelli da SW e WNW

La velocità del vento prevalente è compresa tra 2 e 4 m/s.

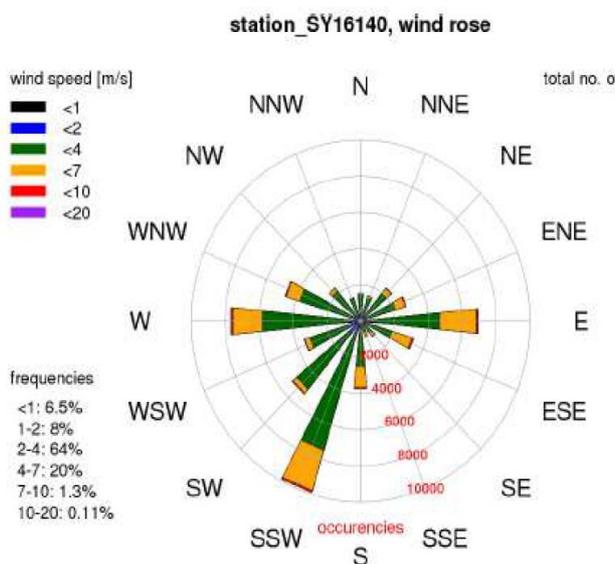


Figura 94 - Direzione prevalente del vento in REAGENS S.p.a.

4. La valutazione del rischio d'area:

quantificazione della probabilità degli scenari di pericolo e dei danni alle persone (perdita di vite umane)

4.1.1 Event Tree Analysis crash primario (riferito all'incidente aereo durante le operazioni di decollo e atterraggio)

La valutazione del rischio territoriale (qui definito rischio d'area ad indicare una zona, di raggio opportuno, ricompresa nell'intorno del sedime aeroportuale) è stata effettuata integrando il modello di analisi ETA (cfr. Premessa) attraverso step successivi e interconnessi che implicano, a partire dall'Evento Inziatore di impatto meccanico (crash) dell'aeromobile al suolo, durante le operazioni di decollo o di atterraggio, per il quale sono state precedentemente definite le curve isoprobabilità qui assunte, l'evoluzione primaria del flusso del pericolo nello scenario di rilascio di carburante per effetto del danneggiamento dei serbatoi dell'aeromobile durante le fasi di atterraggio o decollo.

Tale rilascio è modulato, in funzione delle specifiche della flotta di aeromobili caratteristica del traffico aeroportuale, in tre scenari equiprobabili (in termini di probabilità di accadimento) e caratterizzati da differenti entità dello sversamento (distinti, quindi per pericolosità specifica), a seconda che l'impatto induca il danneggiamento di un serbatoio esterno, interno o la rottura catastrofica con l'effetto di rilascio immediato di tutto il carburante disponibile. I tre scenari sono stati "adattati" alle famiglie di aeromobili, dopo aver selezionato l'aeromobile più rappresentativo di ciascuna famiglia e qualificato:

- la capienza minima, media e massima dei serbatoi (in base alle caratteristiche costruttive degli aeromobili)
- la probabilità di impatto di ogni aeromobile in funzione dell'analisi del traffico aereo previsto.

Inoltre, è stato considerato che il rilascio possa avvenire in varie condizioni, clusterizzate, a scopo di esaustività e sintesi, in due condizioni rappresentative:

- rilascio al suolo
- rilascio ad altezza pari a 10m dalla superficie del suolo

Anche in questo caso, a favore di sicurezza e rappresentatività, le due condizioni sono state assunte equiprobabili.

In figura 89 è rappresentato il grafo ET per l'Evento Inziatore "originario", introducendo, quali possibili evoluzioni del flusso del pericolo, le condizioni che tengono in considerazione: le modalità di rilascio, le caratteristiche del rilascio (quantitativo sversato compatibile con gli aeromobili rappresentativi della flotta aerea), le condizioni di rilascio (dispersione al suolo, dispersione in aria).

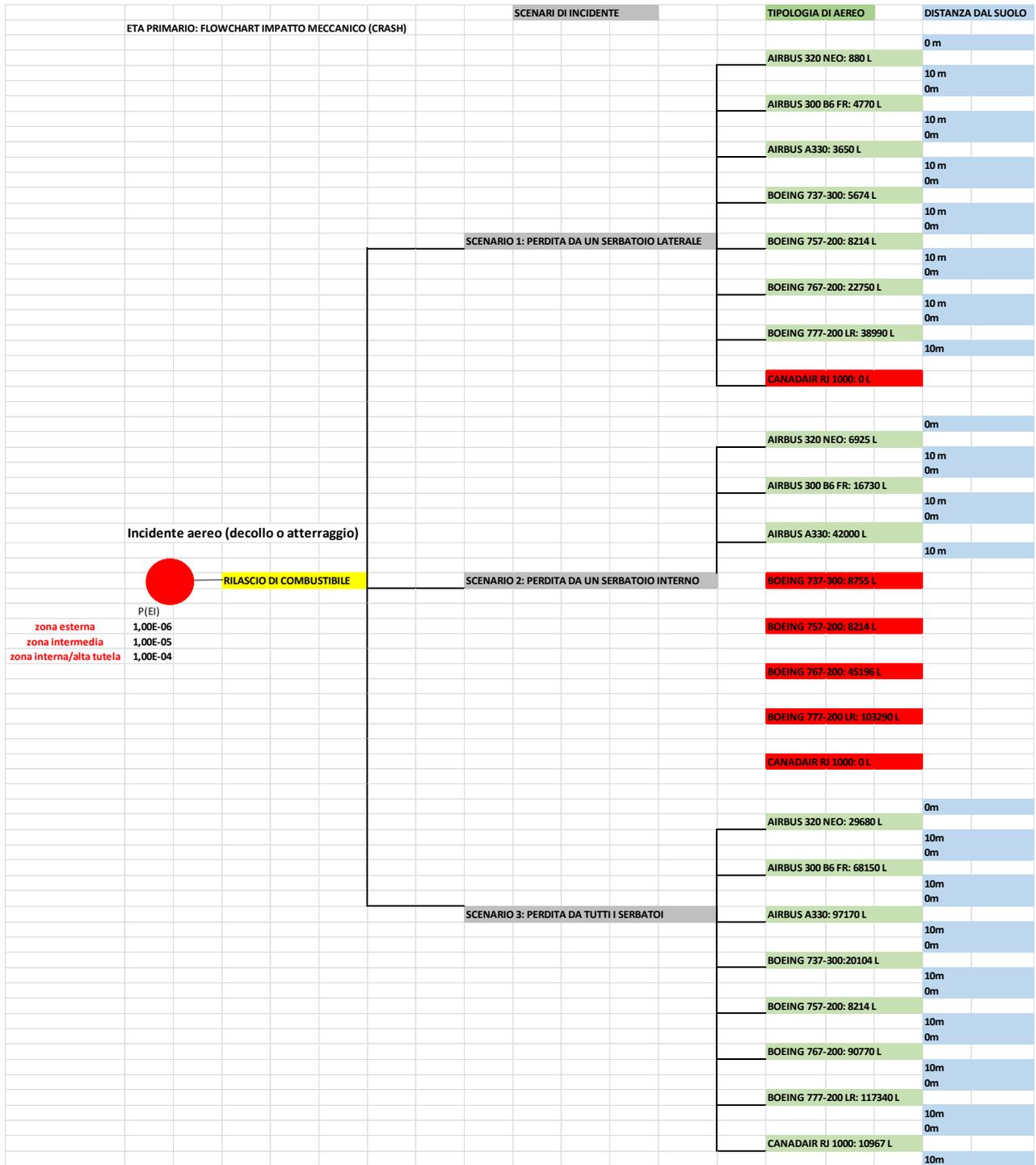


Figura 95 - Event Tree Analysis (flow-chart) crash primario

4.1.2 Event Tree Analysis primario T12, T30 (valutazione dell’impatto compatibile con i flussi di traffico registrati e prevedibili in Testata 12 e Testata 30)

L’ETA primario (di impatto meccanico) è stato caratterizzato, in termini aerali, considerando le condizioni di traffico differenziate sulle due testate di decollo e atterraggio (T12 e T30), ottenendo scenari di fine ramo che sviluppano i medesimi scenari di dispersione a seguito del crash (presentati in 4.1.1), per tipologia di aeromobile (in termini di probabilità di coinvolgimento di un aeromobile rappresentativo delle singole famiglie selezionate), condizioni geometriche di rilascio (in termini di probabilità di rilascio al suolo o in aria) ed introducendo i risultati dell’analisi dei dati meteo-climatici che, in funzione delle temperature rilevate e disponibili sull’ultimo anno di osservazione (2019), definiscono la probabilità che il rilascio avvenga in condizioni di temperatura ambiente opportune per le successive evoluzioni del flusso del pericolo (scenari di innesco). Ove tali condizioni di temperatura non vengano registrate, il rilascio determina scenari di contaminazione delle matrici ambientali che vengono analizzati, secondo i modelli di valutazione di rischio ambientale, mediante il confronto con valori di Concentrazione Soglia di Contaminazione (CSC).

I risultati di tale modello analitico sono proposti nelle figure 90 e 91 rappresentative dell’Event Tree Analysis per crash in corrispondenza delle testate T12 e T30.

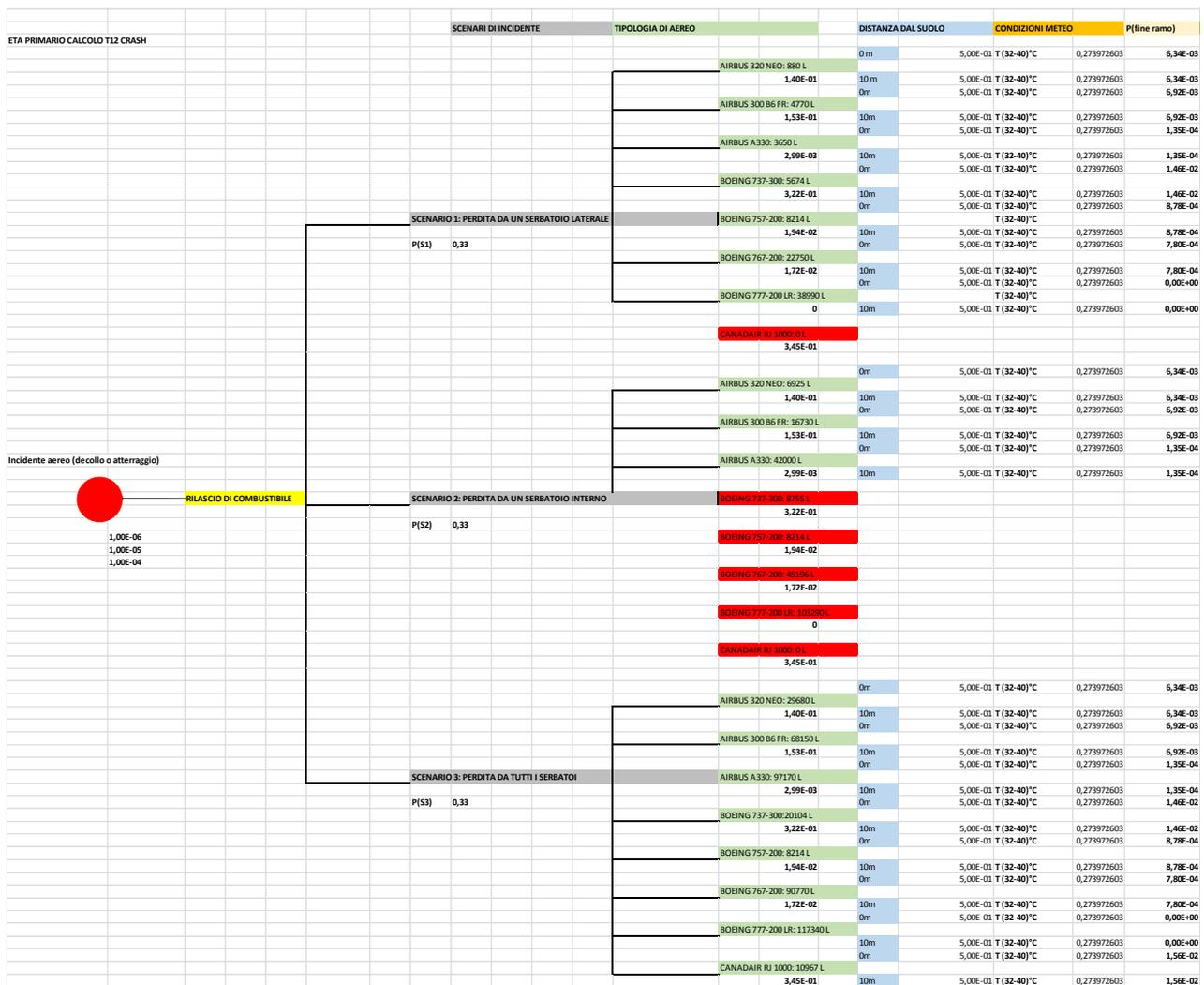


Figura 96 - Event Tree Analysis (modello di calcolo) crash primario T12

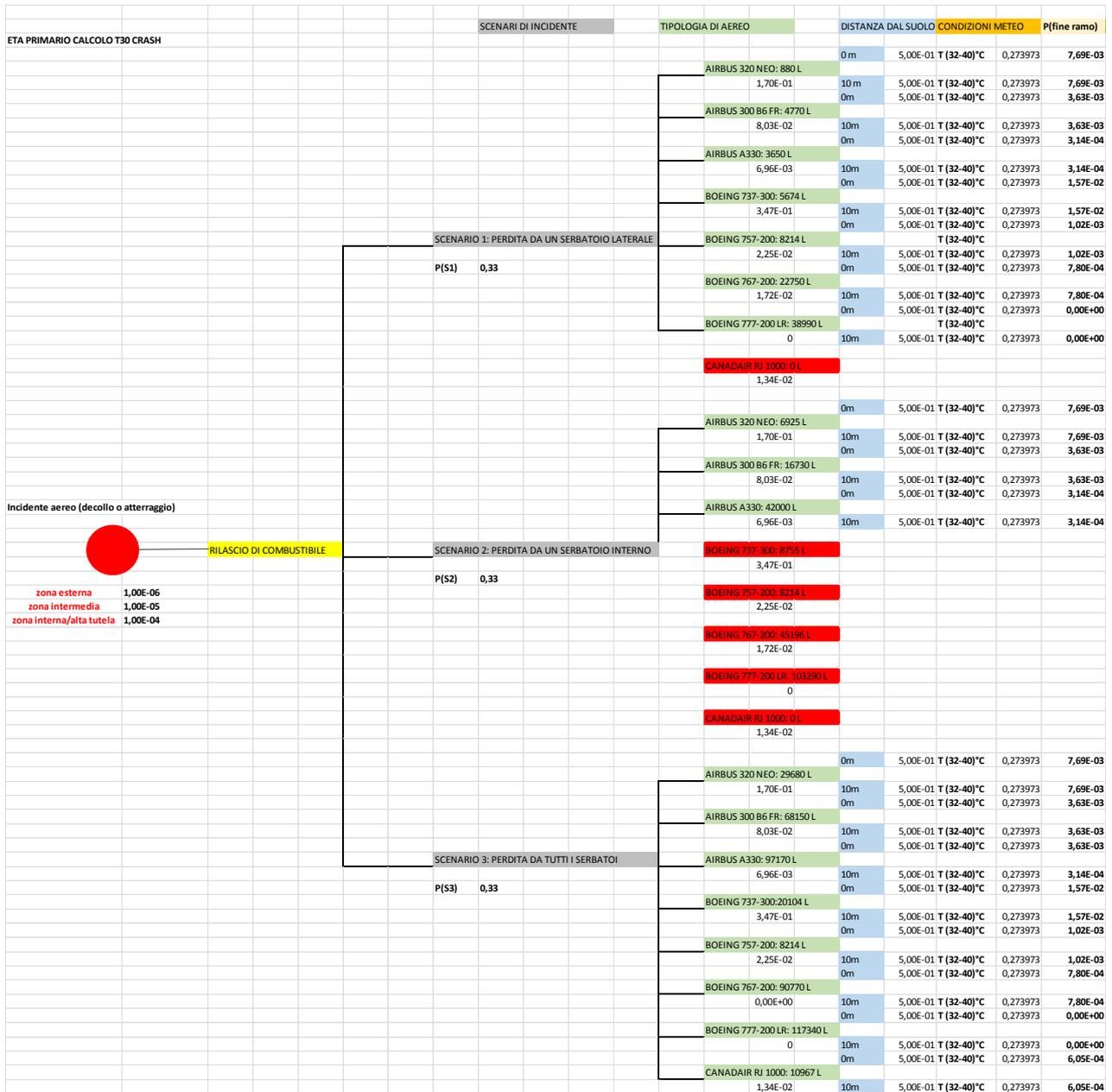


Figura 97 - Event Tree Analysis (modello di calcolo) crash primario T30

4.1.3 Event Tree Analysis secondario (crash) T12, T30 (individuazione degli scenari di impatto per le Zone di rischio - area ad alta tutela, area interna e area intermedia ed esterna - differenziati in funzione dei risultati espressi dall'ETA primario T12, T30)

A partire dall'analisi dell'impatto meccanico e dagli scenari di fine ramo individuati al 4.1.2 (e differenziati in base al traffico aereo sulle testate T12 e T30), la probabilità d'impatto sull'area individuata ai fini della valutazione del rischio territoriale è stata differenziata in funzione delle curve di isoprobabilità, definite a partire dallo studio condotto da Sapienza ed ENAC nel 2011, assumendo che la probabilità di impatto sia quantificata come segue, al netto dell'area media distrutta per effetto del solo crash meccanico (espressa in ettari di superficie):

- Zona ad alta tutela: $p_{imp}=10E-04$
- Zona interna: $p_{imp}=10E-05$
- Zona intermedia: $p_{imp}=10E-06$
- Zona esterna: $p_{imp}=10E-06$ (condizione limite superiore della zona esterna)

Le figure 92 e 93 riportano i risultati appena descritti.

ETA PRIMARIO CALCOLO T12 CRASH	SCENARI DI INCIDENTE	TIPOLOGIA DI AEREO	DISTANZA DAL SUOLO	CONDIZIONI METEO	P(fine ramo)	zona esterna			zona interna/intermedia			zona alta tutela			
						P(fine ramo)	P(fine ramo)	P(fine ramo)	P(fine ramo)	P(fine ramo)	P(fine ramo)	P(fine ramo)	P(fine ramo)		
Incidente aereo (decollo o atterraggio)	P(S1) 0,33	SCENARIO 1: PERDITA DA UN SERBATOIO LATERALE	AIRBUS 320XLR: 880 L	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	6,34E-03	6,34E-09	6,34E-08	6,34E-07	6,34E-07	6,34E-07	6,34E-07	6,34E-07	6,34E-07
			1,40E-01	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	6,34E-03	6,34E-09	6,34E-08	6,34E-07	6,34E-07	6,34E-07	6,34E-07	6,34E-07	6,34E-07
			AIRBUS 300 B6 FR: 4770 L	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	6,92E-03	6,92E-09	6,92E-08	6,92E-07	6,92E-07	6,92E-07	6,92E-07	6,92E-07	6,92E-07
			1,53E-01	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	6,92E-03	6,92E-09	6,92E-08	6,92E-07	6,92E-07	6,92E-07	6,92E-07	6,92E-07	6,92E-07
			AIRBUS A330: 3550 L	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	1,35E-04	1,35E-10	1,35E-09	1,35E-08	1,35E-08	1,35E-08	1,35E-08	1,35E-08	1,35E-08
			2,99E-03	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	1,35E-04	1,35E-10	1,35E-09	1,35E-08	1,35E-08	1,35E-08	1,35E-08	1,35E-08	1,35E-08
			BOEING 737 300: 5674 L	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	1,46E-02	1,46E-08	1,46E-07	1,46E-06	1,46E-06	1,46E-06	1,46E-06	1,46E-06	1,46E-06
			3,22E-01	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	1,46E-02	1,46E-08	1,46E-07	1,46E-06	1,46E-06	1,46E-06	1,46E-06	1,46E-06	1,46E-06
			BOEING 737 300: 8214 L	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	8,78E-04	8,78E-10	8,78E-09	8,78E-08	8,78E-08	8,78E-08	8,78E-08	8,78E-08	8,78E-08
			1,94E-02	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	8,78E-04	8,78E-10	8,78E-09	8,78E-08	8,78E-08	8,78E-08	8,78E-08	8,78E-08	8,78E-08
			BOEING 767 300: 22750 L	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	7,80E-04	7,80E-10	7,80E-09	7,80E-08	7,80E-08	7,80E-08	7,80E-08	7,80E-08	7,80E-08
			1,72E-02	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	7,80E-04	7,80E-10	7,80E-09	7,80E-08	7,80E-08	7,80E-08	7,80E-08	7,80E-08	7,80E-08
			BOEING 777 200 LR: 30350 L	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
			0	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
			CANADAR RJ 1000: 21	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	1,56E-02	1,56E-08	1,56E-07	1,56E-06	1,56E-06	1,56E-06	1,56E-06	1,56E-06	1,56E-06
3,45E-01	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	1,56E-02	1,56E-08	1,56E-07	1,56E-06	1,56E-06	1,56E-06	1,56E-06	1,56E-06	1,56E-06			
Incidente aereo (decollo o atterraggio)	P(S2) 0,33	SCENARIO 2: PERDITA DA UN SERBATOIO INTERNO	AIRBUS 320XLR: 880 L	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	6,34E-03	6,34E-09	6,34E-08	6,34E-07	6,34E-07	6,34E-07	6,34E-07	6,34E-07	
			1,40E-01	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	6,34E-03	6,34E-09	6,34E-08	6,34E-07	6,34E-07	6,34E-07	6,34E-07	6,34E-07	
			AIRBUS 300 B6 FR: 16700 L	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	6,92E-03	6,92E-09	6,92E-08	6,92E-07	6,92E-07	6,92E-07	6,92E-07	6,92E-07	
			1,53E-01	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	6,92E-03	6,92E-09	6,92E-08	6,92E-07	6,92E-07	6,92E-07	6,92E-07	6,92E-07	
			AIRBUS A330: 42000 L	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	1,35E-04	1,35E-10	1,35E-09	1,35E-08	1,35E-08	1,35E-08	1,35E-08	1,35E-08	
			2,99E-03	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	1,35E-04	1,35E-10	1,35E-09	1,35E-08	1,35E-08	1,35E-08	1,35E-08	1,35E-08	
			BOEING 737 300: 8724 L	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	1,46E-02	1,46E-08	1,46E-07	1,46E-06	1,46E-06	1,46E-06	1,46E-06	1,46E-06	
			3,22E-01	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	1,46E-02	1,46E-08	1,46E-07	1,46E-06	1,46E-06	1,46E-06	1,46E-06	1,46E-06	
			BOEING 737 300: 8124 L	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	8,78E-04	8,78E-10	8,78E-09	8,78E-08	8,78E-08	8,78E-08	8,78E-08	8,78E-08	
			1,94E-02	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	8,78E-04	8,78E-10	8,78E-09	8,78E-08	8,78E-08	8,78E-08	8,78E-08	8,78E-08	
			BOEING 767 300: 22750 L	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	7,80E-04	7,80E-10	7,80E-09	7,80E-08	7,80E-08	7,80E-08	7,80E-08	7,80E-08	
			1,72E-02	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	7,80E-04	7,80E-10	7,80E-09	7,80E-08	7,80E-08	7,80E-08	7,80E-08	7,80E-08	
			BOEING 777 200 LR: 30350 L	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
			0	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
			CANADAR RJ 1000: 21	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	1,56E-02	1,56E-08	1,56E-07	1,56E-06	1,56E-06	1,56E-06	1,56E-06	1,56E-06	
3,45E-01	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	1,56E-02	1,56E-08	1,56E-07	1,56E-06	1,56E-06	1,56E-06	1,56E-06	1,56E-06				
Incidente aereo (decollo o atterraggio)	P(S3) 0,33	SCENARIO 3: PERDITA DA TUTTI I SERBATOI	AIRBUS 320XLR: 29800 L	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	6,34E-03	6,34E-09	6,34E-08	6,34E-07	6,34E-07	6,34E-07	6,34E-07		
			1,40E-01	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	6,34E-03	6,34E-09	6,34E-08	6,34E-07	6,34E-07	6,34E-07	6,34E-07		
			AIRBUS 300 B6 FR: 68150 L	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	6,92E-03	6,92E-09	6,92E-08	6,92E-07	6,92E-07	6,92E-07	6,92E-07		
			1,53E-01	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	6,92E-03	6,92E-09	6,92E-08	6,92E-07	6,92E-07	6,92E-07	6,92E-07		
			AIRBUS A330: 97700 L	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	1,35E-04	1,35E-10	1,35E-09	1,35E-08	1,35E-08	1,35E-08	1,35E-08		
			2,99E-03	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	1,35E-04	1,35E-10	1,35E-09	1,35E-08	1,35E-08	1,35E-08	1,35E-08		
			BOEING 737 300: 20104 L	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	1,46E-02	1,46E-08	1,46E-07	1,46E-06	1,46E-06	1,46E-06	1,46E-06		
			3,22E-01	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	1,46E-02	1,46E-08	1,46E-07	1,46E-06	1,46E-06	1,46E-06	1,46E-06		
			BOEING 737 300: 8214 L	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	8,78E-04	8,78E-10	8,78E-09	8,78E-08	8,78E-08	8,78E-08	8,78E-08		
			1,94E-02	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	8,78E-04	8,78E-10	8,78E-09	8,78E-08	8,78E-08	8,78E-08	8,78E-08		
			BOEING 767 300: 90700 L	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	7,80E-04	7,80E-10	7,80E-09	7,80E-08	7,80E-08	7,80E-08	7,80E-08		
			1,72E-02	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	7,80E-04	7,80E-10	7,80E-09	7,80E-08	7,80E-08	7,80E-08	7,80E-08		
			BOEING 777 200 LR: 117940 L	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
			0	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
			CANADAR RJ 1000: 10967 L	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	1,56E-02	1,56E-08	1,56E-07	1,56E-06	1,56E-06	1,56E-06	1,56E-06		
3,45E-01	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273972603	1,56E-02	1,56E-08	1,56E-07	1,56E-06	1,56E-06	1,56E-06	1,56E-06					

Figura 98 - Event Tree Analysis (modello di calcolo) crash primario T12: Aree di impatto

ETA PRIMARIO CALCOLO T30 CRASH		SCENARI DI INCIDENTE	TIPOLOGIA DI AEREO	DISTANZA DAL SUOLO	CONDIZIONI METEO	P(fine ramo)	zona esterna P(fine ramo)	zona intermedia P(fine ramo)	zona alta tutela P(fine ramo)		
Incidente aereo (decollo o atterraggio)  zona esterna 1,00E-06 zona intermedia 1,00E-05 zona interna/alta tutela 1,00E-04	RILASCIO DI COMBUSTIBILE	SCENARIO 1: PERDITA DA UN SERBATOIO LATERALE P(S1) 0,33	AIRBUS 320 NEO: 880 L	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	7,69E-03	7,69E-09	7,69E-08	7,69E-07	
			AIRBUS 320 NEO: 1.70E-01	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	7,69E-03	7,69E-09	7,69E-08	7,69E-07	
			AIRBUS 300 B6 FR: 4770 L	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	3,63E-03	3,63E-09	3,63E-08	3,63E-07	
			AIRBUS 300 B6 FR: 8,03E-02	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	3,63E-03	3,63E-09	3,63E-08	3,63E-07	
			AIRBUS A330: 3650 L	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	3,14E-04	3,14E-10	3,14E-09	3,14E-08	
			AIRBUS A330: 6,96E-03	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	3,14E-04	3,14E-10	3,14E-09	3,14E-08	
			BOEING 737-300: 5674 L	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	1,57E-02	1,57E-08	1,57E-07	1,57E-06	
			BOEING 737-300: 3,47E-01	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	1,57E-02	1,57E-08	1,57E-07	1,57E-06	
			BOEING 737-300: 5,00E-01	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	1,02E-03	1,02E-09	1,02E-08	1,02E-07	
			BOEING 737-300: 2,25E-02	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	1,02E-03	1,02E-09	1,02E-08	1,02E-07	
			BOEING 767-200: 22750 L	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	7,80E-04	7,80E-10	7,80E-09	7,80E-08	
			BOEING 767-200: 1,72E-02	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	7,80E-04	7,80E-10	7,80E-09	7,80E-08	
		BOEING 777-200 LR: 38990 L	0	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
		BOEING 777-200 LR: 0	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
		CANADAIR RJ 1000: 0 L	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	7,69E-03	7,69E-09	7,69E-08	7,69E-07		
		CANADAIR RJ 1000: 1,34E-02	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	7,69E-03	7,69E-09	7,69E-08	7,69E-07		
		AIRBUS 320 NEO: 6925 L	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	7,69E-03	7,69E-09	7,69E-08	7,69E-07		
		AIRBUS 320 NEO: 1,70E-01	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	7,69E-03	7,69E-09	7,69E-08	7,69E-07		
		AIRBUS 300 B6 FR: 16730 L	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	3,63E-03	3,63E-09	3,63E-08	3,63E-07		
		AIRBUS 300 B6 FR: 8,03E-02	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	3,63E-03	3,63E-09	3,63E-08	3,63E-07		
		AIRBUS A330: 42000 L	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	3,14E-04	3,14E-10	3,14E-09	3,14E-08		
		AIRBUS A330: 6,96E-03	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	3,14E-04	3,14E-10	3,14E-09	3,14E-08		
		SCENARIO 2: PERDITA DA UN SERBATOIO INTERNO P(S2) 0,33	BOEING 737-300: 3255 L	3,47E-01	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	7,69E-03	7,69E-09	7,69E-08	7,69E-07
			BOEING 737-300: 3,47E-01	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	7,69E-03	7,69E-09	7,69E-08	7,69E-07	
BOEING 757-200: 8214 L	2,25E-02		0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	3,63E-03	3,63E-09	3,63E-08	3,63E-07		
BOEING 757-200: 2,25E-02	10m		5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	3,63E-03	3,63E-09	3,63E-08	3,63E-07			
BOEING 757-200: 45136 L	1,72E-02		0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	3,14E-04	3,14E-10	3,14E-09	3,14E-08		
BOEING 757-200: 1,72E-02	10m		5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	3,14E-04	3,14E-10	3,14E-09	3,14E-08			
BOEING 777-200 LR: 10290 L	0		0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	7,69E-03	7,69E-09	7,69E-08	7,69E-07		
BOEING 777-200 LR: 0	10m		5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	7,69E-03	7,69E-09	7,69E-08	7,69E-07			
CANADAIR RJ 1000: 0 L	1,34E-02		0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	3,63E-03	3,63E-09	3,63E-08	3,63E-07		
CANADAIR RJ 1000: 1,34E-02	10m		5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	3,63E-03	3,63E-09	3,63E-08	3,63E-07			
AIRBUS 320 NEO: 29680 L	1,70E-01		0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	7,69E-03	7,69E-09	7,69E-08	7,69E-07		
AIRBUS 320 NEO: 1,70E-01	10m		5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	7,69E-03	7,69E-09	7,69E-08	7,69E-07			
AIRBUS 300 B6 FR: 68150 L	8,03E-02	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	3,63E-03	3,63E-09	3,63E-08	3,63E-07			
AIRBUS 300 B6 FR: 8,03E-02	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	3,63E-03	3,63E-09	3,63E-08	3,63E-07				
AIRBUS A330: 97170 L	6,96E-03	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	3,14E-04	3,14E-10	3,14E-09	3,14E-08			
AIRBUS A330: 6,96E-03	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	3,14E-04	3,14E-10	3,14E-09	3,14E-08				
BOEING 737-300: 20104 L	3,47E-01	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	1,57E-02	1,57E-08	1,57E-07	1,57E-06			
BOEING 737-300: 3,47E-01	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	1,57E-02	1,57E-08	1,57E-07	1,57E-06				
BOEING 757-200: 8214 L	2,25E-02	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	1,02E-03	1,02E-09	1,02E-08	1,02E-07			
BOEING 757-200: 2,25E-02	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	1,02E-03	1,02E-09	1,02E-08	1,02E-07				
BOEING 767-200: 90770 L	0,00E+00	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	7,80E-04	7,80E-10	7,80E-09	7,80E-08			
BOEING 767-200: 0,00E+00	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	7,80E-04	7,80E-10	7,80E-09	7,80E-08				
BOEING 777-200 LR: 117340 L	0	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00			
BOEING 777-200 LR: 0	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00				
CANADAIR RJ 1000: 10967 L	1,34E-02	0m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	6,05E-04	6,05E-10	6,05E-09	6,05E-08			
CANADAIR RJ 1000: 1,34E-02	10m	5,00E-01 T (32-40)°C	0,273973	6,05E-04	6,05E-10	6,05E-09	6,05E-08				

Figura 99 - Event Tree Analysis (modello di calcolo) crash primario T30: : Aree di impatto

4.1.4 Event Tree Analysis per innesco pozza (per aree di impatto in cui non risultano impianti RIR)

Gli scenari di innesco della pozza sono compatibili con l'impatto in aree a diversa destinazione d'uso. Definita la pericolosità, le conseguenze rilevanti sono determinate dall'esposizione, in termini di beni e persone esposti al flusso del pericolo.

La prima significativa distinzione da operare nell'ambito della valutazione è legata, quindi, alle caratteristiche del territorio, sintetizzabili in:

1. aree residenziali (comprehensive anche delle scuole e dei servizi di pubblica utilità);
2. aree commerciali e industriali (escludendo gli insediamenti RIR);
3. aree boschive/agricole/zootecniche (ricadenti nell'analisi di rischio ambientale per caratteristiche dei beni esposti);
4. aree industriali RIR (valutate anche considerando i potenziali effetti domino compatibili con le caratteristiche delle sostanze impiegate, stoccate e prodotte negli stabilimenti), trattate separatamente;
5. aree con presenza di infrastrutture di servizi (reti stradali, ferroviarie), trattate separatamente.

Il modello di analisi applicato per le specifiche condizioni di impatto definite ai punti 1-3 è rappresentato in figura 94.

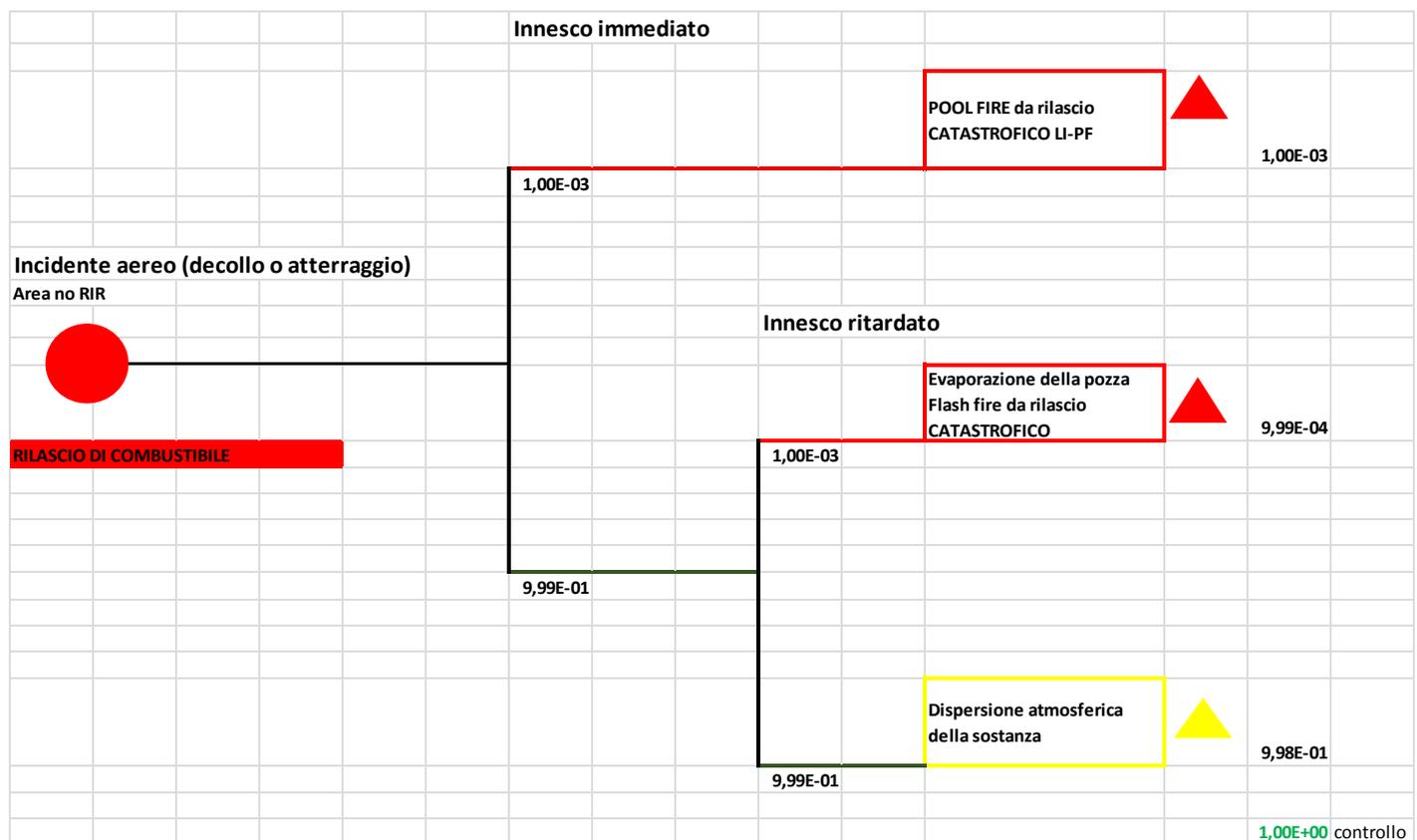


Figura 100 – Event Tree Analysis per aree no RIR con innesco della pozza

Per ciascun aeromobile rappresentativo delle famiglie di aeromobili della flotta presente sull'aeroporto di Bologna, è stata valutata la probabilità di impatto condizionata alla destinazione d'uso dell'area specifica, differenziando, per quanto già esposto, il traffico sulle testate (T12 e T30).

Le sintesi dei risultati sono riportate nelle tabelle e nelle figure seguenti: il calcolo dettagliato, presentato in tabella 55 e 56 (rispettivamente T12 e T30) per un solo caso (Airbus 320 Neo) per regioni di brevità, ma l'analisi contempla le medesime valutazioni per ogni aeromobile considerato (cfr. tabella 57).

AIRBUS 320 NEO		1282 m2		
1		zona esterna (r= 15 km)	zona intermedia	zona interna/alta tutela
2		n° impatti sull'area	n° impatti sull'area	n° impatti sull'area
3	area residenziale	6,57E+10	1,46E+07	0,00E+00
	area industriale no RIR	3,34E+10	1,22E+09	9,60E+07
	area industriale RIR	1,63E+08	0,00E+00	0,00E+00
	area boschiva/coltivata	1,46E+11	1,28E+07	0,00E+00
	area stradale	5,33E+09	0,00E+00	8,44E+06
	area ferroviaria	1,03E+10	2,66E+07	9,68E+06
		2,61E+11	1,28E+09	1,14E+08
		Pimpatto area	Pimpatto area	Pimpatto area
		2,52E-01	1,14E-02	0,00E+00
		1,28E-01	9,58E-01	8,41E-01
		6,26E-04	0,00E+00	0,00E+00
		5,60E-01	1,01E-02	0,00E+00
		2,04E-02	0,00E+00	7,40E-02
		3,94E-02	2,08E-02	8,48E-02

Tabella 55 – Valutazione della probabilità di impatto dell'aeromobile in funzione del tipo e della destinazione d'uso delle aree di impatto (T 12)

T_12 velivolo	SCENARIO 1	SCENARIO 2	SCENARIO 3	zona esterna P(fine ramo)	zona intermedia P(fine ramo)	zona intermedia/alta tutela P(fine ramo)	zona esterna P_crash(fine ramo)	zona intermedia P_crash(fine ramo)	zona intermedia/alta tutela P_crash(fine ramo)
	SERBATOIO LATERALE VOLUME RILASCIATO [1]	SERBATOIO INTERNO VOLUME RILASCIATO [1]	CAPACITA' TOTALE VOLUME RILASCIATO [1]						
	880	6925	29680						
AIRBUS 320 NEO: 29680 L	3,33E-01	3,33E-01	3,33E-01	6,34E-09	6,34E-08	6,34E-07	2,11E-09	2,11E-08	2,11E-07
							2,11E-09	2,11E-08	2,11E-07
							2,11E-09	2,11E-08	2,11E-07
	4770	16730	68150						
AIRBUS 300 B6 FR: 68150 L	3,33E-01	3,33E-01	3,33E-01	6,92E-09	6,92E-08	6,92E-07	2,31E-09	2,31E-08	2,31E-07
							2,31E-09	2,31E-08	2,31E-07
							2,31E-09	2,31E-08	2,31E-07
	3650	42000	97170						
AIRBUS A330: 97170 L	3,33E-01	3,33E-01	3,33E-01	1,35E-10	1,35E-09	1,35E-08	4,51E-11	4,51E-10	4,51E-09
							4,51E-11	4,51E-10	4,51E-09
							4,51E-11	4,51E-10	4,51E-09
	5674	8755	20104						
BOEING 737-300:20104 L	5,00E-01	0,00E+00	5,00E-01	1,46E-08	1,46E-07	1,46E-06	7,28E-09	7,28E-08	7,30E-07
							7,28E-09	7,28E-08	7,30E-07
	26119	8214	42680						
BOEING 757-200: 8214 L	5,00E-01	0,00E+00	5,00E-01	8,78E-10	8,78E-09	8,78E-08	4,39E-10	4,39E-09	4,39E-08
							4,39E-10	4,39E-09	4,39E-08
	45196	22750	90770						
BOEING 767-200: 90770 L	5,00E-01	0,00E+00	5,00E-01	7,80E-10	7,80E-09	7,80E-08	3,90E-10	3,90E-09	3,90E-08
							3,90E-10	3,90E-09	3,90E-08
	38990	22750	117340						
BOEING 777-200: 117340 L	5,00E-01	0,00E+00	5,00E-01	7,80E-10	7,80E-09	7,80E-08	3,90E-10	3,90E-09	3,90E-08
							3,90E-10	3,90E-09	3,90E-08
			10967						
CANADAIR RJ 1000: 10967 L	0,00E+00	0,00E+00	1,00E+00	1,56E-08	1,56E-07	1,56E-06	1,56E-08	1,56E-07	1,56E-06

Figura 101 – Valutazione delle probabilità di impatto in funzione degli aeromobili rappresentativi del traffico aeroportuale e delle zone d'impatto individuate nello studio Sapienza-ENAC 2011 (T 12)

AIRBUS 320 NEO		1282 m2		
1		zona esterna (r= 15 km)	zona intermedia	zona interna/alta tutela
2		n° impatti sull'area	n° impatti sull'area	n° impatti sull'area
3	area residenziale	4,00E+04	2,61E+02	0,00E+00
	area industriale no RIR	6,52E+02	7,00E+01	1,30E+01
	area industriale RIR	9,94E+01	0,00E+00	0,00E+00
	area boschiva/coltivata	8,89E+04	4,03E+01	1,09E+00
	area stradale	3,24E+03	2,36E+01	3,57E+00
	area ferroviaria	6,25E+03	3,04E+00	0,00E+00
		1,39E+05	3,98E+02	1,77E+01
		Pimpatto area	Pimpatto area	Pimpatto area
		2,87E-01	6,55E-01	0,00E+00
		4,69E-03	1,76E-01	7,36E-01
		7,15E-04	0,00E+00	0,00E+00
		6,39E-01	1,01E-01	6,19E-02
		2,33E-02	5,95E-02	2,02E-01
		4,49E-02	7,66E-03	0,00E+00

Tabella 56 – Valutazione della probabilità di impatto dell'aeromobile in funzione del tipo e della destinazione d'uso delle aree di impatto (T 30)

T_30	VOLUME RILASCIATO [I]	VOLUME RILASCIATO [I]	VOLUME RILASCIATO [I]	P(fine ramo)	P(fine ramo)	P(fine ramo)	P_crash(fine ramo)	P_crash(fine ramo)	P_crash(fine ramo)
	880	6925	29680						
AIRBUS 320 NEO: 29680 L	3,33E-01	3,33E-01	3,33E-01	7,69E-09	7,69E-08	7,69E-07	2,56E-09	2,56E-08	2,56E-07
							2,56E-09	2,56E-08	2,56E-07
							2,56E-09	2,56E-08	2,56E-07
	4770	16730	68150						
AIRBUS 300 B6 FR: 68150 L	3,33E-01	3,33E-01	3,33E-01	3,63E-09	3,63E-08	3,63E-07	1,21E-09	1,21E-08	1,21E-07
							1,21E-09	1,21E-08	1,21E-07
							1,21E-09	1,21E-08	1,21E-07
	3650	42000	97170						
AIRBUS A330: 97170 L	3,33E-01	3,33E-01	3,33E-01	3,14E-10	3,14E-09	3,14E-08	1,05E-10	1,05E-09	1,05E-08
							1,05E-10	1,05E-09	1,05E-08
							1,05E-10	1,05E-09	1,05E-08
	5674	8755	20104						
BOEING 737-300:20104 L	5,00E-01	0,00E+00	5,00E-01	1,57E-08	1,57E-07	1,57E-06	7,85E-09	7,85E-08	7,85E-07
							7,85E-09	7,85E-08	7,85E-07
	26119	8214	42680						
BOEING 757-200: 8214 L	5,00E-01	0,00E+00	5,00E-01	1,02E-09	1,02E-08	1,02E-07	5,08E-10	5,08E-09	5,08E-08
							5,08E-10	5,08E-09	5,08E-08
	45196	22750	90770						
BOEING 767-200: 90770 L	5,00E-01	0,00E+00	5,00E-01	7,80E-10	7,80E-09	7,80E-08	3,90E-10	3,90E-09	3,90E-08
							3,90E-10	3,90E-09	3,90E-08
			10967						
CANADAIR RJ 1000: 10967 L	0,00E+00	0,00E+00	1,00E+00	6,05E-10	6,05E-09	6,05E-08	6,05E-10	6,05E-09	6,05E-08

Figura 102 – Valutazione delle probabilità di impatto in funzione degli aeromobili rappresentativi del traffico aeroportuale e delle zone d’impatto individuate nello studio Sapienza-ENAC 2011 (T 30)

aeromobile	SCENARIO 1	SCENARIO 2	SCENARIO 3
	SERBATOIO LATERALE VOLUME RILASCIATO [I]	SERBATOIO INTERNO VOLUME RILASCIATO [I]	CAPACITA' TOTALE VOLUME RILASCIATO [I]
AIRBUS 320 NEO: 29680 L	880	6925	29680
AIRBUS 300 B6 FR: 68150 L	4770	16730	68150
AIRBUS A330: 97170 L	3650	42000	97170
BOEING 737-300:20104 L	5674	8755	20104
BOEING 757-200: 8214 L	26119	8214	42680
BOEING 767-200: 90770 L	45196	22750	90770
CANADAIR RJ 1000: 10967 L			10967

Tabella 57 – Caratteristiche degli aeromobili rappresentativi del traffico aeroportuale

4.1.5 Event Tree Analysis Pool Fire T12, T30 (per gli scenari evolutivi nelle Zone di rischio - area ad alta tutela, area interna e area intermedia ed esterna) e stima dei danni alle persone (perdita di vite umane)

Definiti al paragrafo precedente gli effetti compatibili con l'innesco della pozza di carburante, le valutazioni che seguono tengono conto degli scenari di impatto sulle aree di interesse, prevedendo l'evoluzione dell'innesco in un incendio da pozza (pool fire) i cui effetti, in termini di pericolosità, sono funzione del quantitativo di carburante sversato (coerentemente con i tre scenari di rilascio e con i volumi corrispondenti ad ogni aeromobile individuato), delle condizioni meteo-climatiche prevedibili (in questo caso, posto che l'innesco sia individuato nelle sole condizioni di temperatura compatibili e già considerate, le caratteristiche dei venti definiscono l'area di pericolosità per dimensioni e forma) e delle caratteristiche di vulnerabilità dell'area d'impatto.

I risultati di sintesi sono riportati nelle figure seguenti (differenziati per le testate T12 e T30).

PF T12				
Scenari rilascio	zona esterna	zona intermedia	zona alta tutela	POOL FIRE
	P_crash(fine ramo)	P_crash(fine ramo)	P_crash(fine ramo)	P_pool fire
	7,07E+08	3,89E+06	2,78E+05	
1	2,11E-09	2,11E-08	2,11E-07	1,00E-03
2	2,11E-09	2,11E-08	2,11E-07	
3	2,11E-09	2,11E-08	2,11E-07	

	zona impatto D5 cemento			zona impatto D5 terreno			zona impatto F2 cemento			zona impatto F2 terreno		
	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto
S1 (Raggio area d'impatto)	27	33	37	17	20	23	18	26	31	10	15	18
Raggio impatto (m)												
Superficie impatto (m2)	2290	3421	4301	908	1257	1662	1018	2124	3019	314	707	1018
S2 (Raggio area d'impatto)	65	83	95	41	51	58	53	72	86	31	42	51
Raggio impatto (m)												
Superficie impatto (m2)	13272	21642	28353	5281	8171	10568	8825	16286	23235	3019	5542	8171
S3 (Raggio area d'impatto)	121	157	181	77	98	112	110	146	171	64	87	102
Raggio impatto (m)												
Superficie impatto (m2)	4,60E+04	7,74E+04	1,03E+05	1,86E+04	3,02E+04	3,94E+04	3,80E+04	6,70E+04	9,19E+04	1,29E+04	2,38E+04	3,27E+04

Figura 103 – Valutazioni degli scenari di pericolosità per il pool fire (T_12)

PF T30				
Scenari rilascio	zona esterna	zona intermedia	zona alta tutela	POOL FIRE
	P_crash(fine ramo)	P_crash(fine ramo)	P_crash(fine ramo)	P_pool fire
	7,07E+08	3,89E+06	2,78E+05	
1	2,56E-09	2,56E-08	2,56E-07	1,00E-03
2	2,56E-09	2,56E-08	2,56E-07	
3	2,56E-09	2,56E-08	2,56E-07	

	zona impatto D5 cemento			zona impatto D5 terreno			zona impatto F2 cemento			zona impatto F2 terreno		
	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto
S1 (Raggio area d'impatto)	27	33	37	17	20	23	18	26	31	10	15	18
Raggio impatto (m)												
Superficie impatto (m2)	2290	3421	4301	908	1257	1662	1018	2124	3019	314	707	1018
S2 (Raggio area d'impatto)	65	83	95	41	51	58	53	72	86	31	42	51
Raggio impatto (m)												
Superficie impatto (m2)	13272	21642	28353	5281	8171	10568	8825	16286	23235	3019	5542	8171
S3 (Raggio area d'impatto)	121	157	181	77	98	112	110	146	171	64	87	102
Raggio impatto (m)												
Superficie impatto (m2)	4,60E+04	7,74E+04	1,03E+05	1,86E+04	3,02E+04	3,94E+04	3,80E+04	6,70E+04	9,19E+04	1,29E+04	2,38E+04	3,27E+04

Figura 104 – Valutazioni degli scenari di pericolosità per il pool fire (T_30)

Gli scenari sviluppati tengono in considerazione le classi di stabilità meteorologica selezionate (D5, F2) e le condizioni di formazione della pozza (sversamento sulla superficie della pista, cemento; sversamento fuori pista, terreno) per valutare evoluzioni compatibili con l'effettivo quantitativo di carburante sversato e disponibile all'innesco. E' evidente, per le ipotesi poste, che le condizioni di sversamento su pista restituiscono pericolosità maggiori in caso di innesco per effetto del maggior quantitativo di carburante

disponibile rispetto allo sversamento su terreno (che presenta caratteristiche di permeabilità migliori). Ciò implica, conseguentemente, che il raggio e l'altezza della pozza siano differenti e determinino differenti aree di impatto (per estensione).

Il danno conseguente (perdita di vite umane) viene stimato a partire dalla densità demografica presente sulle aree investite in considerazione della destinazione d'uso (cfr. figure 105 e 106):

zona esterna (r= 15 km) vittime		zona intermedia vittime		zona interna/alta tutela vittime	
CLASSE D2, F5					
1E+01	4E+00	2E+01	7E-01		2E+00
3E+01	3E-02	1E-05	3E-07		6E+00
5E-01	2E-01	6E-04	2E-05		6E-05
2E+02	5E+01	3E+02	1E+01		3E+01
3E-07	9E-08	5E-07	2E-08		5E-08
5E+02	2E+02	1E+03	4E+01		1E+02

Figura 105 – Valutazioni degli scenari di danno per il pool fire (T_12)

zona esterna (r= 15 km) vittime		zona intermedia vittime		zona interna/alta tutela vittime	
CLASSE D2, F5					
1E+01	4E+00	7E-01	7E+00		1E+01
3E+01	3E-02	4E-07	4E-06		2E+01
5E-01	2E-01	2E-05	2E-04		3E-04
2E+02	5E+01	1E+01	1E+02		1E+02
3E-07	9E-08	2E-08	2E-07		2E-07
5E+02	2E+02	4E+01	4E+02		5E+02

Figura 106 – Valutazioni degli scenari di danno per il pool fire (T_30)

Il contributo al rischio d'area totale risulta:

Rischio d'area PF_T12	6.96E-08		
Rischio d'area PF_T30	1.71E-07		
Rischio d'area PF	2.41E-07	Tempo di ritorno minimo PF	4.74E+09

4.1.6 Event Tree Analysis Flash Fire T12, T30 (per gli scenari evolutivi nelle Zone di rischio - area ad alta tutela, area interna e area intermedia ed esterna) e stima dei danni alle persone (perdita di vite umane)

L'effetto del flash fire (incendio della nube di vapori infiammabili in caso di innesco ritardato, dopo l'evaporazione di liquido infiammabile da una pozza) è determinato dall'innesco ritardato della nube di vapori infiammabili, che si sposta e si diluisce sotto l'azione del vento assumendo il carattere di combustione rapidissima.

La radiazione termica non causa i danni maggiori, che sono piuttosto indotti dal **rapidissimo consumo dell'ossigeno nella zona al di sotto della nube infiammabile**.

Anche in questo caso, gli effetti, in termini di pericolosità, sono funzione del quantitativo di carburante sversato (coerentemente con i tre scenari di rilascio e con i volumi corrispondenti ad ogni aeromobile individuato), delle condizioni meteo-climatiche prevedibili (in questo caso, posto che l'innesco sia individuato nelle sole condizioni di temperatura compatibili e già considerate, le caratteristiche dei venti definiscono le condizioni di formazione e dispersione della nube e dell'area di pericolosità per dimensioni e forma) e delle caratteristiche di vulnerabilità dell'area d'impatto.

I risultati di sintesi sono riportati nelle figure seguenti (differenziati per le testate T12 e T30).

FF T12						
Scenari rilascio	zona esterna	zona intermedia	zona interna/alta tutela	FLASH FIRE		
	P_crash(fine ramo)	P_crash(fine ramo)	P_crash(fine ramo)	P_flash fire		
	7,07E+08	3,89E+06	2,78E+05			
1	2,11E-09	2,11E-08	2,11E-07	9,99E-04		
2	2,11E-09	2,11E-08	2,11E-07			
3	2,11E-09	2,11E-08	2,11E-07			

	zona impatto D5			zona impatto F2		
	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto
S1 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	23	34	109	45	53	122
Superficie impatto (m2)	3,00E+02	8,00E+02	2,21E+03	1,00E+03	2,71E+03	9,34E+03
S2 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	62	90	287	134	162	313
Superficie impatto (m2)	2,06E+03	3,23E+03	1,72E+04	2,15E+04	2,89E+04	7,93E+04
S3 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	129	183	563	285	334	595
Superficie impatto (m2)	9,59E+03	1,51E+04	7,92E+04	1,14E+05	1,44E+05	3,46E+05

Figura 107 – Valutazioni degli scenari di pericolosità per il flash fire (T_12): effetto di irraggiamento termico

FF T30				
Scenari rilascio	zona esterna	zona intermedia	zona interna/alta tutela	FLASH FIRE
	P_crash(fine ramo)	P_crash(fine ramo)	P_crash(fine ramo)	P_flash fire
	7,07E+08	3,89E+06	2,78E+05	
1	2,56E-09	2,56E-08	2,56E-07	9,99E-04
2	2,56E-09	2,56E-08	2,56E-07	
3	2,56E-09	2,56E-08	2,56E-07	

	zona impatto D5			zona impatto F2		
	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto
S1 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	23	34	109	45	53	122
Superficie impatto (m2)	3,00E+02	8,00E+02	2,21E+03	1,00E+03	2,71E+03	9,34E+03
S2 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	62	90	287	134	162	313
Superficie impatto (m2)	2,06E+03	3,23E+03	1,72E+04	2,15E+04	2,89E+04	7,93E+04
S3 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	129	183	563	285	334	595
Superficie impatto (m2)	9,59E+03	1,51E+04	7,92E+04	1,14E+05	1,44E+05	3,46E+05

Figura 108 – Valutazioni degli scenari di pericolosità per il flash fire (T_30): effetto di irraggiamento termico

	zona impatto D5			zona impatto F2		
	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto
S1 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	34	82	188	54	99	183
Superficie impatto (m2)	8,00E+02	1,40E+03	5,08E+03	2,74E+03	6,90E+03	1,70E+04
S2 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	91	214	487	163	266	433
Superficie impatto (m2)	3,20E+03	1,10E+04	3,93E+04	2,95E+04	6,25E+04	1,30E+05
S3 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	186	430	911	336	512	801
Superficie impatto (m2)	1,52E+04	5,18E+04	1,69E+05	1,46E+05	2,79E+05	5,48E+05

Figura 109 – Valutazioni degli scenari di pericolosità per il flash fire (T_12): effetto di dispersione prodotti tossici (Toxic Threat Zone)

	zona impatto D5			zona impatto F2		
	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto
S1 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	34	82	188	54	99	183
Superficie impatto (m2)	8,00E+02	1,40E+03	5,08E+03	2,74E+03	6,90E+03	1,70E+04
S2 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	91	214	487	163	266	433
Superficie impatto (m2)	3,20E+03	1,10E+04	3,93E+04	2,95E+04	6,25E+04	1,30E+05
S3 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	186	430	911	336	512	801
Superficie impatto (m2)	1,52E+04	5,18E+04	1,69E+05	1,46E+05	2,79E+05	5,48E+05

Figura 110 – Valutazioni degli scenari di pericolosità per il flash fire (T_30): effetto di dispersione prodotti tossici (Toxic Threat Zone)

A differenza del caso precedente (pool fire), gli scenari di incendio della nube di vapori sono differenziati rispetto alle condizioni meteorologiche selezionate come rappresentative dell'area (D5, F2) ma non direttamente rispetto alla superficie sulla quale avviene il rilascio (cemento, terreno). Gli aspetti connessi alla superficie sulla quale si verifica lo sversamento sono stati considerati nella quantità di carburante disponibile all'evaporazione e alla formazione della nube.

Il danno conseguente (perdita di vite umane) viene stimato a partire dalla densità demografica presente sulle aree investite in considerazione della destinazione d'uso (cfr. figure 111 e 112):

zona esterna (r= 15 km) vittime	zona intermedia vittime	zona interna/alta tutela vittime
CLASSE D2, F5		
4E+00	8E-05	
1E+00	3E-06	7E-01
2E+01	5E+01	
8E+00	2E+00	5E+00
1E+02	2E+02	
4E+01	7E+00	2E+01

Figura 111 – Valutazioni degli scenari di danno per il flash fire (T_12)

zona esterna (r= 15 km) vittime	zona intermedia vittime	zona interna/alta tutela vittime
CLASSE D2, F5		
4E+00	3E-06	
1E+00	3E-05	3E+00
2E+01	2E+00	
8E+00	2E+01	2E+01
1E+02	8E+00	
4E+01	8E+01	1E+02

Figura 112 – Valutazioni degli scenari di danno per il flash fire (T_30)

Il contributo al rischio d'area totale risulta:

Rischio d'area FF_T12	1.68E-07		
Rischio d'area FF_T30	8.75E-08		
Rischio d'area FF	2.55E-07	Tempo di ritorno minimo FF	4.74E+09

4.1.7 Event Tree Analysis secondario per aree con impianti RIR (per gli scenari evolutivi di pool fire e flash fire) e per gli scenari indotti da effetto domino e stima dei danni alle persone (perdita di vite umane)

La presenza di impianti RIR nell'area oggetto di studio ha evidenziato la necessità di effettuare un'attenta analisi delle condizioni compatibili con l'effetto domino.

In questo paragrafo vengono, quindi, presentati i modelli di analisi e i risultati di sintesi delle valutazioni inerenti:

- Eventi Iniziatori del flusso del pericolo consistenti nell'impatto meccanico dell'aeromobile e degli scenari evolutivi compatibili con l'innesco immediato di pozza (a seguito dello sversamento del carburante per compromissione dell'integrità dei serbatoi dell'aeromobile) o l'innesco ritardato della nube di vapori (a seguito dell'evaporazione della componente volatile del carburante e creazione di una nube di vapori nella composizione relativa idonea all'innesco). Questa analisi non contempla effetti conseguenti legati alla presenza di ulteriori elementi di pericolosità propri dell'impianto RIR coinvolto, limitandosi a quantificare il rischio d'area indotto da crash primario ed evoluzioni compatibili.
- Eventi Iniziatori del flusso del pericolo consistenti nell'impatto meccanico dell'aeromobile e negli scenari evolutivi compatibili con l'innesco immediato di pozza (a seguito dello sversamento del carburante per compromissione dell'integrità dei serbatoi dell'aeromobile) che implicano, per rottura meccanica o per effetto dell'irraggiamento termico in prossimità di parti dell'impianto dove sono presenti sostanze pericolose, l'evoluzione degli scenari primari in scenari secondari caratterizzati dall'effetto domino per i quali la causa che determina l'evoluzione del flusso del pericolo compatibile con le condizioni di esercizio dell'impianto RIR è determinata da un evento iniziatore primario riconducibile al traffico aeroportuale ed incide, quindi, in termini di probabilità di accadimento degli eventi derivati che sono caratterizzati nei PEE e che tengono in considerazione le caratteristiche delle sostanze presenti nell'impianto RIR ai fini dell'analisi di rischio e della conseguente gestione delle emergenze.

I due gruppi di eventi descritti sono disgiunti costituendo evoluzioni specifiche di scenari incidentali distinti in accordo con il flow-chart rappresentato in figura 113 che costituisce il modello logico di Event Tree Analysis sotteso alle valutazioni quantitative.

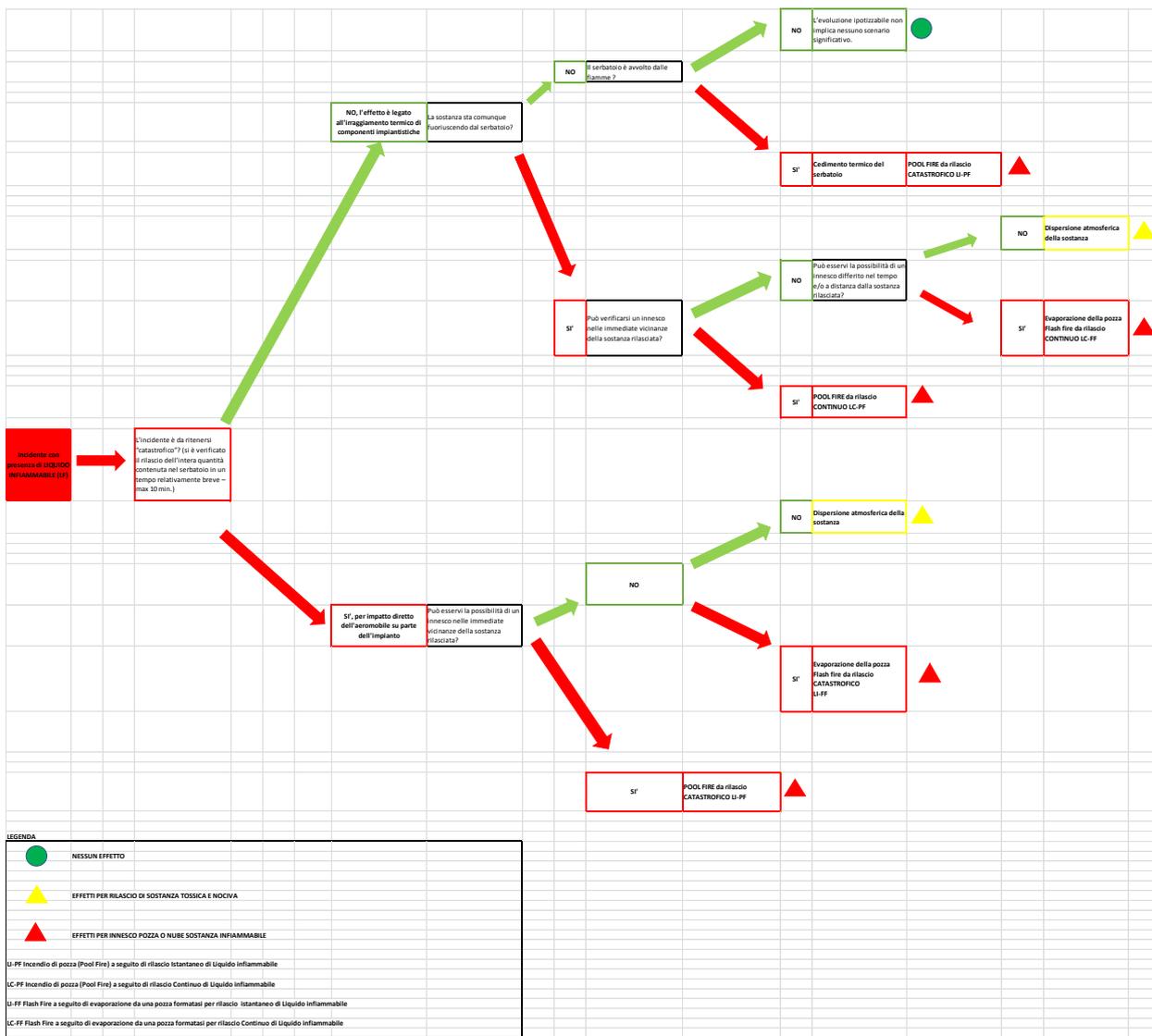


Figura 113 – Event Tree Analysis (flow-chart) evento secondario (effetto domino) impianti RIR

Per gli scenari di rilascio compatibili con le caratteristiche degli impianti analizzati, sia in caso di rottura per irraggiamento termico che in caso di rottura per crash dell'aeromobile, i rilasci non coinvolgono i serbatoi (interrati). Le aziende RIR non si trovano sulle rotte di sorvolo delle piste T12 e T30, quindi, l'assunzione nelle valutazioni proposte è cautelativa. Inoltre, l'impianto più prossimo alle rotte si trova a distanza pari a 2,6 km (Stabilimento D.G.). Sempre a scopo cautelativo, vengono considerati tutti gli impianti elencati e caratterizzati al §3 per verificare, attribuite le probabilità che l'evento incidentale sia determinato dall'innesco per impatto meccanico dell'aeromobile o per sollecitazione termica conseguente, le condizioni di pericolosità specifica quando vengano innescate sostanze aventi caratteristiche differenti dal carburante avio fin qui considerato (effetto domino).

Nel caso in cui le condizioni di pericolosità indotte dal crash dell'aeromobile, con eventuale innesco secondario di pool fire o innesco ritardato di flash fire, non siano tali da attivare eventi conseguenti che coinvolgano le sostanze pericolose presenti negli impianti RIR (assenza di effetto domino), le valutazioni di rischio, ai fini dell'analisi specifica, considerano gli effetti generati dalla pericolosità caratteristica degli incidenti riguardanti esclusivamente gli aeromobili sulle persone esposte (addetti presenti negli impianti).

I risultati complessivi dell'analisi sono riportati nella tabella 58 dove, in corrispondenza degli eventi di crash dell'aeromobile, innesco di pool fire per sversamento del carburante, innesco ritardato di flash fire per evaporazione della pozza, vengono indicate le probabilità di accadimento e i tempi di ritorno specifici.

I contributi di rischio all'indicatore di rischio totale d'area vengono computati come addendi del valore complessivo ed assumono significato, ai fini dell'analisi, solo in questi termini, rappresentando contributi parziali del valore atteso del danno.

Eventi Iniziatori	Probabilità	Tempi di ritorno
Crash area industriale RIR	4.47E-09	2.24E+08
Flash Fire area industriale RIR	4.47E-12	2.24E+11
Pool Fire area industriale RIR	4.47E-12	2.24E+11

Tabella 58 – Eventi Iniziatori (primari e secondari) dell'incidentalità aeroportuale (senza effetto domino)

L'ipotesi di effetto domino ha, invece, come oggetto di analisi la modulazione della probabilità di accadimento degli eventi incidentali già assunti per le verifiche contenute nei PEE degli impianti RIR. Il risultato complessivamente restituisce indicatori di rischio più bassi rispetto a quelli valutati nei PEE poiché, a parità di danno indotto, la probabilità che l'evento venga innescato per effetto del crash o dell'irraggiamento termico di un aeromobile è mediamente due ordini di grandezza inferiore alla probabilità che gli stessi eventi siano innescati da condizioni specifiche di "malfunzionamento" dell'impianto.

Nella figura seguente (cfr. figura 114) è rappresentato il quadro sinottico delle valutazioni effettuate per eventi derivati da effetto domino, ciascuna caratterizzata analiticamente mediante un contributo specifico (cfr. tabella 59) all'indicatore di rischio territoriale.

DENOMINAZIONE IMPIANTO RIR	RISCHIO TOTALE IMPIANTO R_{TOT}	TEMPO DI RITORNO T_R
STABILIMENTO BEYFIN S.p.A BOLOGNA (ART 6 D.LGS. 334/99)	1.00E-08	1.99E+08
STABILIMENTO G.D. DEPOSITO E DISTRIBUZIONE MERCI S.r.l. SALA BOLOGNESE (ART 6 D.LGS. 334/99)	2.26E-09	5.55E+07
STABILIMENTO LINDE GAS ITALIA S.r.l. SALA BOLOGNESE (ART 6 D.LGS. 334/99)	2.64E-09	9.46E+06
DEPOSITO GPL ED OLI MINERALI L'EMILGAS S.r.l. BOLOGNA (ART 8 D.LGS. 334/99)	NON SI REGISTRANO DANNI A SEGUITO DEGLI EVENTI INIZIATORI PRESENTI NEL PEE	1.50E+07
STABILIMENTO MATERIE ESPLODENTI BASCHIERI & PELLEGRINI S.p.a. CANTESANO	8.48E-07	1.30E+07
DEPOSITO F.LLI RENZI LOGISTICA S.r.l. CASTEL MAGGIORE (BO)	4.39E-09	1.22E+07
STABILIMENTO LIQUIGAS S.p.a. VALSAMOGGIA (BO)	9.87E-10	7.78E+06
STABILIMENTO CHIMICO BRENNTAG ITALIA S.P.A. BENTIVOGLIO (BO)	2.58E-15	7.41E+06

Tabella 59 – Valori Indicatore di Rischio Totale e Tempo di Ritorno per impianti RIR

AZIENDA	TOP EVENT	Famiglie velivoli	Probabilità di innesco T_12 nell'area	Probabilità di innesco T_12 (crash)	Probabilità di innesco T_30 nell'area	Probabilità di innesco T_30 (crash)	Scenario incidentale	Probabilità di accadimento dell'evento iniziatore (solo Pool fire)	Danno (n° addetti)	superficie impianto (m²)	Rischio d'area	Rischio totale RIR		
STABILIMENTO BRYEN S.p.A. BOLOGNA (ART 6 D.LGS. 334/99)	Rilascio di GPL per rottura maggiore su fase liquida. Linea da 3" in zona serbatoi. Tempo di rilascio 20sec. di rilascio 10,9 Kg/s quantità rilasciata Kg 205. Innesco di gas in campo di infiammabilità 164 Kg	AIRBUS 320 NEO: 29680 L	8,42E-13	1,33E-09	1,02E-12	1,62E-09	GPL propano				3500	1,00E-08	8,67E-07	
		AIRBUS 300 B6 FR: 68150 L	9,19E-13	1,46E-09	4,82E-13	7,64E-10	Flash Fire	Pool Fire	I zona: letalità				Th	1,15E+06
		AIRBUS A330: 97170 L	1,80E-14	2,85E-11	4,18E-14	6,62E-11	Condizione atmosferica P2	Condizione atmosferica D5	2					
		BOEING 737-300:20104 L	2,90E-12	4,59E-09	3,13E-12	4,96E-09	Stima delle Conseguenze		II zona: inizio letalità					
		BOEING 757-200: 8214 L	1,75E-13	2,77E-10	2,02E-13	3,21E-10	Stima delle Conseguenze		II zona: inizio letalità					
		BOEING 767-200: 90770 L	1,55E-13	2,46E-10	1,55E-13	2,46E-10	Elevata letalità LFL → 76 m	Elevata letalità 12,5 kW/m² → 13 m	1,00E-03	61				
		BOEING 777-200: 117340 L	9,19E-13	1,46E-09	0,00E+00	0,00E+00	Inizio letalità LFL2 → 98 m	Inizio letalità 7 kW/m² → 23 m						
		CANADAIR RJ 1000: 10967 L	1,55E-13	2,46E-10	2,41E-13	3,82E-10								
STABILIMENTO G.D. DEPOSITO DISTRIBUZIONE MERCI S.r.l. SALA BOLOGNESE (ART 6 D.LGS. 334/99)	Incendio generalizzato del deposito di fitofarmaci NO2	AIRBUS 320 NEO: 29680 L	2,04E-12	1,33E-09	2,48E-12	1,62E-09	deposito fitofarmaci NO2				8500	2,26E-09		
		AIRBUS 300 B6 FR: 68150 L	2,23E-12	1,46E-09	1,17E-12	7,64E-10								
		AIRBUS A330: 97170 L	4,36E-14	2,85E-11	1,01E-13	6,62E-11								
		BOEING 737-300:20104 L	7,05E-12	4,59E-09	7,60E-12	4,96E-09	Dispersione tossici		II zona: inizio letalità					
		BOEING 757-200: 8214 L	4,25E-13	2,77E-10	4,92E-13	3,21E-10						82		
		BOEING 767-200: 90770 L	3,77E-13	2,46E-10	3,77E-13	2,46E-10	Stima delle Conseguenze		III zona: danni reversibili					
		BOEING 777-200: 117340 L	2,23E-12	1,46E-09	0,00E+00	0,00E+00	Elevata letalità (L _{CO}) → non raggiunta							
		CANADAIR RJ 1000: 10967 L	3,77E-13	2,46E-10	5,85E-13	3,82E-10						565		
STABILIMENTO LINEE GAS ITALIA S.r.l. SALA BOLOGNESE (ART 6 D.LGS. 334/99)	Possibile incendio di materiale combustibile come ATF	AIRBUS 320 NEO: 29680 L	3,44E-12	4,95E-09	2,48E-12	6,62E-09	Flash Fire				14310	2,64E-09		
		AIRBUS 300 B6 FR: 68150 L	3,76E-12	5,41E-09	1,17E-12	3,12E-09								
		AIRBUS A330: 97170 L	7,34E-14	1,06E-10	1,01E-13	2,71E-10	Stima delle Conseguenze		II zona: inizio letalità					
		BOEING 737-300:20104 L	1,19E-11	1,71E-08	7,60E-12	2,03E-08						70		
		BOEING 757-200: 8214 L	7,16E-13	1,03E-09	4,92E-13	1,31E-09	Elevata letalità 12,5 kW/m² → 8,8 m							
		BOEING 767-200: 90770 L	6,35E-13	9,14E-10	3,77E-13	1,01E-09	Inizio letalità 7 kW/m² → 10,8 m							
		BOEING 777-200: 117340 L	3,76E-12	5,41E-09	0,00E+00	0,00E+00								
		CANADAIR RJ 1000: 10967 L	6,35E-13	3,66E-08	5,85E-13	1,56E-09								
DEPOSITO GPL ED OLI MINERALI L'EMILIAS S.r.l. BOLOGNA (ART 6 D.LGS. 334/99)	Esplosione locali deposito Esplosioni locali di lavorazione	AIRBUS 320 NEO: 29680 L	8,93E-16	4,95E-09	1,08E-15	6,01E-09	Esplosione				13000			
		AIRBUS 300 B6 FR: 68150 L	9,75E-16	5,41E-09	5,12E-16	2,84E-09								
		AIRBUS A330: 97170 L	1,91E-17	1,06E-10	4,43E-17	2,46E-10	Stima delle Conseguenze		II zona: inizio letalità					
		BOEING 737-300:20104 L	3,08E-15	1,71E-08	3,32E-15	1,84E-08						183		
		BOEING 757-200: 8214 L	1,86E-16	1,03E-09	2,15E-16	1,19E-09								
		BOEING 767-200: 90770 L	1,65E-16	9,14E-10	1,65E-16	9,14E-10	Stima delle Conseguenze		III zona: danni reversibili					
		BOEING 777-200: 117340 L	9,75E-16	5,41E-09	0,00E+00	0,00E+00	Elevata letalità 0,3 bar → 137 m						476	
		CANADAIR RJ 1000: 10967 L	1,65E-16	9,14E-10	2,56E-16	1,42E-09	Inizio letalità 0,140 bar → 256 m Lesioni irreversibili 0,07bar → 376 m Lesioni reversibili 0,03 → 752 m							
STABILIMENTO MATERIE ESPLODENTI BAGCHERI & PELLEGRINI S.p.A. CANTESANO	Rilascio dal serbatoio	AIRBUS 320 NEO: 29680 L	1,03E-15	5,71E-09	1,25E-15	6,94E-09	Pool Fire				15000	8,48E-07		
		AIRBUS 300 B6 FR: 68150 L	1,13E-15	6,24E-09	5,90E-16	3,27E-09								
		AIRBUS A330: 97170 L	2,20E-17	1,22E-10	5,12E-17	2,84E-10	Stima delle Conseguenze		I zona: letalità					
		BOEING 737-300:20104 L	3,55E-15	1,97E-08	3,83E-15	2,12E-08						11		
		BOEING 757-200: 8214 L	1,19E-09	1,19E-09	2,48E-16	1,37E-09								
		BOEING 767-200: 90770 L	1,90E-16	1,05E-09	1,90E-16	1,05E-09	Elevata letalità 12,5 kW/m² → 135,4 m							
		BOEING 777-200: 117340 L	1,13E-15	6,24E-09	0,00E+00	0,00E+00	Inizio letalità 7 kW/m² → 200 m							
		CANADAIR RJ 1000: 10967 L	1,05E-09	1,05E-09	2,95E-16	1,64E-09								
DEPOSITO F.LLI RENDI LOGISTICA S.r.l. CASTEL MAGGIORE (BO)	Dispersione tossica di HF 40%	AIRBUS 320 NEO: 29680 L	1,03E-15	6,09E-09	1,33E-15	7,40E-09	Dispersione tossici				16000	4,93E-09		
		AIRBUS 300 B6 FR: 68150 L	1,13E-15	6,66E-09	6,30E-16	3,49E-09								
		AIRBUS A330: 97170 L	2,20E-17	1,30E-10	5,46E-17	3,03E-10	Stima delle Conseguenze		II zona: inizio letalità					
		BOEING 737-300:20104 L	3,55E-15	2,10E-08	4,09E-15	2,27E-08						60		
		BOEING 757-200: 8214 L	2,14E-16	1,27E-09	2,64E-16	1,47E-09	Elevata letalità L _{CO} 526 ppm → 54 m							
		BOEING 767-200: 90770 L	1,90E-16	1,12E-09	2,03E-16	1,12E-09	Lesioni irreversibili IDH 30 ppm a 122 m						1050	
		BOEING 777-200: 117340 L	1,13E-15	6,66E-09	0,00E+00	0,00E+00	Lesioni reversibili LOC 3 ppm a 465 m							
		CANADAIR RJ 1000: 10967 L	1,90E-16	1,12E-09	3,15E-16	1,75E-09								
STABILIMENTO LINGHES S.p.A. VALSAMBROGA (BO)	Rilascio di GPL dalla parte inferiore del serbatoio determina lo scenario di flash fire più gravoso con conseguenze che si possono estendere oltre i confini aziendali.	AIRBUS 320 NEO: 29680 L	1,72E-15	9,52E-09	2,09E-15	1,16E-08	Flash Fire				25000	9,87E-10		
		AIRBUS 300 B6 FR: 68150 L	1,88E-15	1,04E-08	9,84E-16	5,45E-09								
		AIRBUS A330: 97170 L	3,67E-17	2,03E-10	8,53E-17	4,73E-10	Stima delle Conseguenze		II zona: inizio letalità					
		BOEING 737-300:20104 L	5,92E-15	3,28E-08	6,38E-15	3,54E-08						12		
		BOEING 757-200: 8214 L	3,57E-16	1,98E-09	4,13E-16	2,29E-09								
		BOEING 767-200: 90770 L	3,17E-16	1,76E-09	3,17E-16	1,76E-09	Elevata letalità L _{CO} 526 ppm → 54 m							
		BOEING 777-200: 117340 L	1,88E-15	1,04E-08	0,00E+00	0,00E+00	Lesioni irreversibili 1/23L 30 ppm → 154 m							
		CANADAIR RJ 1000: 10967 L	3,17E-16	1,76E-09	4,92E-16	2,73E-09								
STABILIMENTO CHIMICO BRENTAG ITALIA S.p.A. BENVIGLIO (BO)	Incendio di un bancale di dicloroisocianurato di sodio con dispersione tossica di cloro	AIRBUS 320 NEO: 29680 L	1,72E-15	9,52E-09	2,31E-15	1,28E-08	Dispersione tossici				27700	2,58E-15		
		AIRBUS 300 B6 FR: 68150 L	1,88E-15	1,04E-08	1,09E-15	6,04E-09								
		AIRBUS A330: 97170 L	3,67E-17	2,03E-10	9,45E-17	5,24E-10	Stima delle Conseguenze		II zona: inizio letalità					
		BOEING 737-300:20104 L	5,92E-15	3,28E-08	7,07E-15	3,92E-08						106		
		BOEING 757-200: 8214 L	3,57E-16	1,98E-09	4,58E-16	2,54E-09								
		BOEING 767-200: 90770 L	3,17E-16	1,76E-09	3,51E-16	1,95E-09								
		BOEING 777-200: 117340 L	1,88E-15	1,04E-08	0,00E+00	0,00E+00	Stima delle Conseguenze		III zona: danni reversibili					
		CANADAIR RJ 1000: 10967 L	3,17E-16	1,76E-09	5,45E-16	3,02E-09	Elevata letalità L _{CO} 1035 mg/m³ → 202 m Lesioni irreversibili IDH 29,484 mg/m³ → 202 m Lesioni reversibili LOC 2,95 mg/m³ → 495 m							

Figura 114 – Quadro sinottico delle valutazioni di rischio per gli impianti RIR censiti nell'area di interesse con stima dei danni alle persone

Il contributo al rischio d'area totale risulta:

Rischio d'area RIR	8.67E-07	Tempo di ritorno RIR	1.58E+06
--------------------	-----------------	----------------------	-----------------

4.1.8 Event Tree Analysis crash secondario (per gli scenari evolutivi nelle Zone di rischio - area intermedia/esterna con insediamenti urbani) e stima dei danni alle persone (perdita di vite umane)

Le tabelle 60 e 61 presentano la distribuzione delle superfici in funzione della destinazione d'uso del suolo nell'area oggetto di studio.

Tali superfici sono state considerate per definire la probabilità d'impatto specifica degli aeromobili che insistono sull'aeroporto, con traffico aereo differenziato rispettivamente per la testata T12 e per la testata T 30.

	zona esterna (r= 15 km) area (m ²)	zona intermedia (area m ²)	zona interna/alta tutela area (m ²)
area residenziale	5,13E+07	1,14E+04	0,00E+00
area industriale no RIR	2,61E+07	9,54E+05	7,49E+04
area industriale RIR	1,28E+05	0,00E+00	0,00E+00
area boschiva/coltivata	1,14E+08	1,00E+04	0,00E+00
area stradale	4,16E+06	0,00E+00	6,59E+03
area ferroviaria	8,01E+06	2,07E+04	7,55E+03

Tabella 60 – Distribuzione superfici in funzione della destinazione d'uso nell'area di studio (T 12)

	zona esterna (r= 15 km) area (m ²)	zona intermedia (area m ²)	zona interna/alta tutela area (m ²)
area residenziale	5,13E+07	3,34E+05	0,00E+00
area industriale no RIR	2,61E+07	8,97E+04	1,67E+04
area industriale RIR	1,28E+05	0,00E+00	0,00E+00
area boschiva/coltivata	1,14E+08	5,17E+04	1,40E+03
area stradale	4,16E+06	3,03E+04	4,58E+03
area ferroviaria	8,01E+06	3,90E+03	0,00E+00

Tabella 61 – Distribuzione superfici in funzione della destinazione d'uso nell'area di studio (T 30)

Il modello di analisi, applicato alle condizioni descritte, prevede che gli scenari di pericolosità, generati dall'impatto meccanico dell'aeromobile con conseguente innesco immediato di incendi da pozza, innesco ritardato di incendi da nube, dispersione di prodotti tossici senza innesco, siano verificati nelle aree residenziali individuate dalla mappatura territoriale della provincia di Bologna, siano attribuiti i valori di densità demografica coerenti con gli ultimi dati disponibili, sia considerato, cautelativamente, un

incremento del 20% di tali valori, e siano ipotizzate condizioni di esposizione derivanti dal Modello di Coburn, adottato tipicamente per valutare l'esposizione in zone residenziali all'effetto di un evento naturale (sisma, inondazione, dissesto idrogeologico).

	zona impatto D5 cemento			zona impatto D5 terreno			zona impatto F2 cemento			zona impatto F2 terreno		
	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto
S1 (Raggio area d'impatto)												
Raggio impatto (m)	27	33	37	17	20	23	18	26	31	10	15	18
Superficie impatto (m2)	2290	3421	4301	908	1257	1662	1018	2124	3019	314	707	1018
S2 (Raggio area d'impatto)												
Raggio impatto (m)	65	83	95	41	51	58	53	72	86	31	42	51
Superficie impatto (m2)	13273	21642	28353	5281	8171	10568	8825	16286	23235	3019	5542	8171
S3 (Raggio area d'impatto)												
Raggio impatto (m)	121	157	181	77	98	112	110	146	171	64	87	102
Superficie impatto (m2)	4,60E+04	7,74E+04	1,03E+05	1,86E+04	3,02E+04	3,94E+04	3,80E+04	6,70E+04	9,19E+04	1,29E+04	2,38E+04	3,27E+04

Tabella 62 – Pool Fire: definizione Aree di pericolosità (D5, F2, cemento, suolo – Testata T12)

	zona impatto D5			zona impatto F2		
	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto
S1 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	23	34	109	45	53	122
Superficie impatto (m2)	3,00E+02	8,00E+02	2,21E+03	1,00E+03	2,71E+03	9,34E+03
S2 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	62	90	287	134	162	313
Superficie impatto (m2)	2,06E+03	3,23E+03	1,72E+04	2,15E+04	2,89E+04	7,93E+04
S3 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	129	183	563	285	334	595
Superficie impatto (m2)	9,59E+03	1,51E+04	7,92E+04	1,14E+05	1,44E+05	3,46E+05

Tabella 63 – Flash Fire: definizione Aree di pericolosità (D5, F2 – Testata T12)

	zona impatto D5			zona impatto F2		
	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto
S1 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	34	82	188	54	99	183
Superficie impatto (m2)	8,00E+02	1,40E+03	5,08E+03	2,74E+03	6,90E+03	1,70E+04
S2 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	91	214	487	163	266	433
Superficie impatto (m2)	3,20E+03	1,10E+04	3,93E+04	2,95E+04	6,25E+04	1,30E+05
S3 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	186	430	911	336	512	801
Superficie impatto (m2)	1,52E+04	5,18E+04	1,69E+05	1,46E+05	2,79E+05	5,48E+05

Tabella 64 – Flash Fire (Toxic Threat Zone): definizione Aree di pericolosità (D5, F2 – Testata T12)

	zona impatto D5 cemento			zona impatto D5 terreno			zona impatto F2 cemento			zona impatto F2 terreno		
	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto
S1 (Raggio area d'impatto)												
Raggio impatto (m)	27	33	37	17	20	23	18	26	31	10	15	18
Superficie impatto (m2)	2290	3421	4301	908	1257	1662	1018	2124	3019	314	707	1018
S2 (Raggio area d'impatto)												
Raggio impatto (m)	65	83	95	41	51	58	53	72	86	31	42	51
Superficie impatto (m2)	13273	21642	28353	5281	8171	10568	8825	16286	23235	3019	5542	8171
S3 (Raggio area d'impatto)												
Raggio impatto (m)	121	157	181	77	98	112	110	146	171	64	87	102
Superficie impatto (m2)	4,60E+04	7,74E+04	1,03E+05	1,86E+04	3,02E+04	3,94E+04	3,80E+04	6,70E+04	9,19E+04	1,29E+04	2,38E+04	3,27E+04

Tabella 65 – Pool Fire: definizione Aree di pericolosità (D5, F2, cemento, suolo – Testata T30)

	zona impatto D5			zona impatto F2		
	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto
S1 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	23	34	109	45	53	122
Superficie impatto (m2)	3,00E+02	8,00E+02	2,21E+03	1,00E+03	2,71E+03	9,34E+03
S2 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	62	90	287	134	162	313
Superficie impatto (m2)	2,06E+03	3,23E+03	1,72E+04	2,15E+04	2,89E+04	7,93E+04
S3 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	129	183	563	285	334	595
Superficie impatto (m2)	9,59E+03	1,51E+04	7,92E+04	1,14E+05	1,44E+05	3,46E+05

Tabella 66 – Flash Fire: definizione Aree di pericolosità (D5, F2 – Testata T30)

	zona impatto D5			zona impatto F2		
	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto
S1 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	34	82	188	54	99	183
Superficie impatto (m2)	8,00E+02	1,40E+03	5,08E+03	2,74E+03	6,90E+03	1,70E+04
S2 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	91	214	487	163	266	433
Superficie impatto (m2)	3,20E+03	1,10E+04	3,93E+04	2,95E+04	6,25E+04	1,30E+05
S3 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	186	430	911	336	512	801
Superficie impatto (m2)	1,52E+04	5,18E+04	1,69E+05	1,46E+05	2,79E+05	5,48E+05

Tabella 67 – Flash Fire (Toxic Threat Zone): definizione Aree di pericolosità (D5, F2 – Testata T30)

Il danno conseguente (perdita di vite umane) viene stimato a partire dalla densità demografica presente sulle aree investite in considerazione della destinazione d'uso (cfr. figure 115 e 116):

zona esterna (r= 15 km) vittime	zona intermedia vittime	zona interna/alta tutela vittime
CLASSE D2, F5		
9E+00	3E-05	
3E+00	1E-06	2E+00
4E+01	8E+01	
1E+01	2E+00	8E+00
2E+02	4E+02	
6E+01	1E+01	4E+01

Figura 115 - Flash Fire (Toxic Threat Zone): definizione danno (D5, F2 – Testata T_12)

zona esterna (r= 15 km)	zona intermedia	zona interna/alta tutela
vittime	vittime	vittime
CLASSE D2, F5		
9E+00	1E-06	
3E+00	1E-05	9E+00
4E+01	3E+00	
1E+01	3E+01	3E+01
2E+02	1E+01	
6E+01	1E+02	2E+02

Figura 116 - Flash Fire (Toxic Threat Zone): definizione danno (D5, F2 – Testata T_30)

I risultati di sintesi, di seguito riportati, individuano il contributo specifico al rischio d'area indotto dall'effetto di eventi incidentali originati dal traffico aeroportuale con evoluzioni di incendi e dispersioni ai quali siano esposte aree residenziali.

Rischio residenziale totale PF_T12	5.88E-10
Rischio residenziale totale FF_T12	3.22E-10
Rischio residenziale totale TTZ_T12	5.40E-10

Tabella 68 – Rischio residenziale (derivante da Crash, Pool Fire, Flash Fire e Toxic Threat Zone), T 12

Rischio residenziale totale PF_T30	1.71E-09
Rischio residenziale totale FF_T30	3.28E-10
Rischio residenziale totale TTZ_T30	1.36E-09

Tabella 69 – Rischio residenziale (derivante da Crash, Pool Fire, Flash Fire e Toxic Threat Zone), T 30

da cui discende:

Rischio residenziale totale	4.85E-09	Tr	2.32E+10
------------------------------------	-----------------	-----------	-----------------

Tabella 70 – Rischio residenziale totale e relativo Tempo di Ritorno

4.1.9 Event Tree Analysis (crash secondario e evoluzione in pool fire e flash fire) stradale (per gli scenari che interessano le infrastrutture di mobilità) e stima dei danni alle persone (perdita di vite umane)

L'analisi della rete di mobilità stradale, effettuata al § 1.6, ha consentito di individuare le infrastrutture potenzialmente esposte all'evoluzione di incidenti indotti dall'impatto meccanico dell'aeromobile e da possibili fenomeni di innesco derivanti (pool fire e flash fire). Le infrastrutture interessate presentano caratteristiche tipologiche differenti, in relazione ai collegamenti garantiti (comunali, provinciali, extraregionali) con livelli di servizio definiti in termini di volume e composizione del traffico rilevato.

Sulle strutture viarie di interesse sono state effettuate analisi di traffico a partire dagli ultimi dati rilevati disponibili (strade statali, provinciali, autostrade), con incremento cautelativo del traffico medio giornaliero (TGM) al 2030. Tale incremento, ipotizzato linearmente crescente, è stato assunto complessivamente (al 2030) pari al 20% dell'ultimo dato rilevato.

L'approccio alla modellazione richiede che siano considerati gli effetti indotti dall'impatto meccanico dell'aeromobile, compatibilmente con i livelli di esercizio delle testate T12 e T30, dall'evoluzione in scenari di pool fire e flash fire primari e dalla realizzazione, per effetto domino, di scenari compositi che prevedono la presenza e l'innesco per impatto diretto o per irraggiamento di automezzi ADR.

Pertanto, sono stati considerati, anche in questo caso, scenari evolutivi coinvolgenti, per effetto domino, la componente ADR del traffico pesante (tale componente è stata assunta mediamente pari al 6% del volume di traffico pesante, coerentemente alle indicazioni contenute nei bollettini AISCAT sulle rilevazioni della rete a pedaggio (rete TERN) ed estese, quindi, per congruenza anche alle altre reti di collegamento analizzate (in questo caso, con un possibile effetto cautelativo di sovradimensionamento).

Anno/Mese	Postazione	Strada	Corsia	Giorni Validi	Transiti								Media Giornaliera Transiti							
					Totale	Non Classificato	Leggeri	Pesanti	Diurno	Notturno	Feriali	Festivi	Totale	Non Classificato	Leggeri	Pesanti	Diurno	Notturno	Feriali	Festivi
2020/09	627	SS 64 variante di Riola di Vergato	0 - DA PORRETTA TERME A FERRARA	30	133997	10	128074	5913	106575	27422	96183	37814	4.467	0	4.269	197	3.553	914	4.372	4.727
2020/09	627	SS 64 variante di Riola di Vergato	1 - DA FERRARA A PORRETTA TERME	30	126484	8	120696	5780	99941	26543	93077	33407	4.216	0	4.023	193	3.331	885	4.231	4.176
2020/08	627	SS 64 variante di Riola di Vergato	0 - DA PORRETTA TERME A FERRARA	31	150574	6	145532	5036	114061	36513	93363	57211	4.857	0	4.695	162	3.679	1.178	4.668	5.201
2020/08	627	SS 64 variante di Riola di Vergato	1 - DA FERRARA A PORRETTA TERME	31	140413	16	135507	4890	112787	27626	89942	50471	4.529	1	4.371	158	3.638	891	4.497	4.588
2020/07	627	SS 64 variante di Riola di Vergato	0 - DA PORRETTA TERME A FERRARA	31	145843	13	139443	6387	109785	36078	104202	41641	4.705	0	4.498	206	3.541	1.164	4.531	5.205
2020/07	627	SS 64 variante di Riola di Vergato	1 - DA FERRARA A PORRETTA TERME	31	141041	16	134747	6278	111201	29840	103312	37729	4.550	1	4.347	203	3.587	963	4.492	4.716
2020/06	627	SS 64 variante di Riola di Vergato	0 - DA PORRETTA TERME A FERRARA	30	129853	13	124318	5522	100702	29151	87743	42110	4.328	0	4.144	184	3.357	972	4.178	4.679
2020/06	627	SS 64 variante di Riola di Vergato	1 - DA FERRARA A PORRETTA TERME	30	122750	8	117376	5366	98837	23913	85331	37419	4.092	0	3.913	179	3.295	797	4.063	4.158
2020/05	627	SS 64 variante di Riola di Vergato	0 - DA PORRETTA TERME A FERRARA	31	93904	13	88892	4999	74281	19623	66510	27394	3.029	0	2.867	161	2.396	633	3.326	2.490
2020/05	627	SS 64 variante di Riola di Vergato	1 - DA FERRARA A PORRETTA TERME	31	89912	4	84991	4917	74861	15051	64269	25643	2.900	0	2.742	159	2.415	486	3.213	2.331
2020/04	627	SS 64 variante di Riola di Vergato	0 - DA PORRETTA TERME A FERRARA	30	36035	6	32584	3445	28621	7414	32094	3941	1.201	0	1.086	115	954	247	1.528	438
2020/04	627	SS 64 variante di Riola di Vergato	1 - DA FERRARA A PORRETTA TERME	30	33864	4	30697	3163	28078	5786	30074	3790	1.129	0	1.023	105	936	193	1.432	421
2020/03	627	SS 64 variante di Riola di Vergato	0 - DA PORRETTA TERME A FERRARA	31	59455	3	55199	4253	47639	11816	47188	12267	1.918	0	1.781	137	1.537	381	2.145	1.363
2020/03	627	SS 64 variante di Riola di Vergato	1 - DA FERRARA A PORRETTA TERME	31	55718	4	51684	4030	45648	10070	44870	10848	1.797	0	1.667	130	1.473	325	2.040	1.205

Tabella 71 – Dati di traffico SS e SP nell’area di interesse (periodo: 03-09/2020) [Fonte: Istat e Osservatorio metropolitano dell’incidentalità stradale]

AUTOSTRADE E TRAFORI	Categoria	Veicoli effettivi medi giornalieri				Veicoli teorici medi giornalieri				Veicoli-Km in milioni					
		Valori trimestrali		Valori annui		Valori trimestrali		Valori annui		Valori trimestrali			Valori annui		
		trimestre in esame	stesso trimestre anno precedente	2019	2018	trimestre in esame	stesso trimestre anno precedente	2019	2018	trimestre in esame	stesso trimestre anno precedente	Variazione in %	2019	2018	Variazione in %
A13 BOLOGNA - PADOVA km 127,3	leggeri	96.907	98.858	98.977	102.968	31.120	31.118	32.830	33.017	364,5	364,4	-	1.525,4	1.534,1	- 0,6
	pesanti	31.701	31.748	32.417	31.605	11.421	11.524	11.898	11.633	133,8	135,0	- 0,9	552,8	540,5	+ 2,3
	totale	128.609	130.606	131.394	134.573	42.541	42.643	44.727	44.650	498,2	499,4	- 0,2	2.078,2	2.074,6	+ 0,2

Tabella 72 – Dati di traffico A13, Bollettino AISCAT IV trimestre 2019

dati di input del modello di analisi sono finalizzati a definire, in funzione del volume di traffico caratteristico, le condizioni di formazione della coda, in caso di incidente causato da traffico aeroportuale, ai fini della stima dei livelli di esposizione.

Nelle tabelle seguenti sono riportate le analisi effettuate sulle singole tratte di interesse, ipotizzando, come già sottolineato, un incremento del traffico rilevato complessivamente pari al 20%.

NSA 313 - Prosecuzione tangenziale di Bologna complanare sud alla A 14		
TGM	veicoli	15.127
veicoli pesanti	%	6%
autoveicoli	%	94%
Traffico per carreggiata	veicoli	15.127
intervallo di condensazione	ore	20
traffico su 6 minuti	veicoli	75,6
veicoli di calcolo	veicoli	76
affollamento	autovetture	1,2
	mezzi pesanti	1
	autobus	30

totale esposti	120
-----------------------	------------

intervallo spaziale automobili	metri	6
intervallo spaziale mezzi pesanti	metri	20
lunghezza coda	metri	256

Tabella 73 – Studio delle condizioni di traffico NSA 313 - Prosecuzione tangenziale di Bologna complanare sud alla A 14

SP 18 tra Bargellino e Calderara di Reno (c/o Variante SP18)

TGM	veicoli	6.565
veicoli pesanti	%	10%
autoveicoli	%	90%
Traffico per carreggiata	veicoli	6564,57
intervallo di condensazione	ore	20
traffico su 6 minuti	veicoli	32,8
veicoli di calcolo	veicoli	33

affollamento	<i>autovetture</i>	1,2
	<i>mezzi pesanti</i>	1
	<i>autobus</i>	30
totale esposti	69	

intervallo spaziale automobili	metri	6
intervallo spaziale mezzi pesanti	metri	20
lunghezza coda	metri	121

Tabella 74 – Studio delle condizioni di traffico SP 18 tra Bargellino e Calderara di Reno (c/o Variante SP18)

SS 9 tra Anzola dell'Emilia e Bologna

TGM	veicoli	18.470
veicoli pesanti	%	10%
autoveicoli	%	90%
Traffico per carreggiata	veicoli	18469,9
intervallo di condensazione	ore	20
traffico su 6 minuti	veicoli	92,3
veicoli di calcolo	veicoli	92

affollamento	<i>autovetture</i>	1,2
	<i>mezzi pesanti</i>	1
	<i>autobus</i>	30
totale esposti	139	

intervallo spaziale automobili	metri	6
intervallo spaziale mezzi pesanti	metri	20
lunghezza coda	metri	342

Tabella 75 – Studio delle condizioni di traffico SS 9 tra Anzola dell'Emilia e Bologna

Via Porrettana (ex SS 64)

TGM	veicoli	11.161
veicoli pesanti	%	5,0%
autoveicoli	%	95%
Traffico per carreggiata	veicoli	11161,2
intervallo di condensazione	ore	20
traffico su 6 minuti	veicoli	55,8
veicoli di calcolo	veicoli	56

affollamento	<i>autovetture</i>	1,2
	<i>mezzi pesanti</i>	1
	<i>autobus</i>	30
totale esposti		96

intervallo spaziale automobili	metri	6
intervallo spaziale mezzi pesanti	metri	20
lunghezza coda	metri	187

Tabella 76 – Studio delle condizioni di traffico Via Porrettana (ex SS 64)

SS 64 variante di Riola di Vergato

TGM	veicoli	8.683
veicoli pesanti	%	5,0%
autoveicoli	%	95%
Traffico per carreggiata	veicoli	8682,7
intervallo di condensazione	ore	20
traffico su 6 minuti	veicoli	43,4
veicoli di calcolo	veicoli	43

affollamento	<i>autovetture</i>	1,2
	<i>mezzi pesanti</i>	1
	<i>autobus</i>	30
totale esposti		82

intervallo spaziale automobili	metri	6
intervallo spaziale mezzi pesanti	metri	20
lunghezza coda	metri	145

Tabella 77 – Studio delle condizioni di traffico SS 64 variante di Riola di Vergato

A1 MI-BO

TGM	veicoli	75.308
veicoli pesanti	%	24%
autoveicoli	%	76%
Traffico per carreggiata	veicoli	75307,8
intervallo di condensazione	ore	20
traffico su 6 minuti	veicoli	376,5

veicoli di calcolo	veicoli	377
affollamento	<i>autovetture</i>	1,2
	<i>mezzi pesanti</i>	1
	<i>autobus</i>	30
totale esposti		464
intervallo spaziale automobili	metri	6
intervallo spaziale mezzi pesanti	metri	20
lunghezza coda	metri	1762

Tabella 78 – Studio delle condizioni di traffico A1 MI-BO

A13 BO-PD		
TGM	veicoli	36.845
veicoli pesanti	%	24%
autoveicoli	%	76%
Traffico per carreggiata	veicoli	36845
intervallo di condensazione	ore	20
traffico su 6 minuti	veicoli	184,2
veicoli di calcolo	veicoli	184
affollamento	<i>autovetture</i>	1,2
	<i>mezzi pesanti</i>	1
	<i>autobus</i>	30
totale esposti		242
intervallo spaziale automobili	metri	6
intervallo spaziale mezzi pesanti	metri	20
lunghezza coda	metri	862

Tabella 79 – Studio delle condizioni di traffico A13 BO PD

A14 BO-AN		
TGM	veicoli	80.070
veicoli pesanti	%	21%
autoveicoli	%	79%
Traffico per carreggiata	veicoli	80069,8
intervallo di condensazione	ore	20
traffico su 6 minuti	veicoli	400,3
veicoli di calcolo	veicoli	400
affollamento	<i>autovetture</i>	1,2
	<i>mezzi pesanti</i>	1
	<i>autobus</i>	30
totale esposti		494
intervallo spaziale automobili	metri	6
intervallo spaziale mezzi pesanti	metri	20
lunghezza coda	metri	1790

Tabella 80 – Studio delle condizioni di traffico A14 BO AN

A14 RA1

TGM	veicoli	5.232
veicoli pesanti	%	25%
autoveicoli	%	75%
Traffico per carreggiata	veicoli	5232,25
intervallo di condensazione	ore	20
traffico su 6 minuti	veicoli	26,2
veicoli di calcolo	veicoli	26

affollamento	<i>autovetture</i>	1,2
	<i>mezzi pesanti</i>	1
	<i>autobus</i>	30
totale esposti		60

intervallo spaziale automobili	metri	6
intervallo spaziale mezzi pesanti	metri	20
lunghezza coda	metri	124

Tabella 81 – Studio delle condizioni di traffico A14 RA1

Per ciascuna tratta di studio sono stati, quindi, valutati i parametri di traffico necessari. In tabella 82, a titolo esemplificativo, vengono riportate le assunzioni operate per la NSA 313 – Prosecuzione tangenziale di Bologna complanare sud alla A14. Le stesse assunzioni sono state operate per le altre tratte oggetto di analisi.

	NSA 313 - Prosecuzione tangenziale di Bologna complanare sud alla A 14
TGM rilevazione [v/gg]	15.127
tasso di crescita di calcolo	1,2
TGM proiezione [v/gg]	18152
Tasso collisione di tratta ex LG [x 10⁻⁸ v Km]	40
% incendi sul totale incidenti*	0,29%
Tasso incendio di tratta [x 10⁻⁸ v Km]	0,12
P annua di crash_T_12	2,11E-09
P annua di crash_T_30	2,56E-09
P annua di incendio ad un veicolo	7,77E-03

* da dati autostrade

Tabella 82 – Parametri di traffico e incidentalità assunti per la NSA 313 – Prosecuzione tangenziale di Bologna compl. Sud A14

Il calcolo delle probabilità degli eventi iniziatori derivati da effetto domino per coinvolgimento di mezzi ADR è stato condotto in funzione delle categorie di sostanze pericolose (cfr. tabella 83).

MATERIALE ADR
Liquido infiammabile
Materiale esplosivo
Gas liquefatto infiammabile
Gas tossico

Tabella 83 – Materiale ADR: classificazione

Incidente a veicolo pesante trasportante:	P(incid_veicolo) T12	P(incid_veicolo) T30	TGM Veicoli gg	% pesanti	% ADR	Freq. ADR	P_annua_TRATTA_T12	P_annua_TRATTA_T30
Liquido infiammabile								
NSA 313 - Prosecuzione tangenziale di Bologna	2,11E-09	2,56E-09	1,82E+04	5,55E-02	6,30E-02	7,68E-01	2,82E-10	3,43E-10
SP 18 tra Bargellino e Calderara di Reno (c/o Variante SP18)	2,11E-09	2,56E-09	7,88E+03	1,00E-01	6,30E-02	7,68E-01	2,21E-10	2,68E-10
SS 9 tra Anzola dell'Emilia e Bologna	2,11E-09	2,56E-09	2,22E+04	1,00E-01	6,30E-02	7,68E-01	6,20E-10	7,53E-10
Via Porrettana (ex SS 64)	2,11E-09	2,56E-09	1,34E+04	5,00E-02	6,30E-02	7,68E-01	1,87E-10	2,28E-10
SS 64 variante di Riola di Vergato	2,11E-09	2,56E-09	1,04E+04	5,00E-02	6,30E-02	7,68E-01	1,46E-10	1,77E-10
A1 MI-BO	2,11E-09	2,56E-09	9,04E+04	2,40E-01	6,30E-02	7,68E-01	6,07E-09	7,37E-09
A13 BO-PD	2,11E-09	2,56E-09	4,42E+04	2,40E-01	6,30E-02	7,68E-01	2,97E-09	3,61E-09
A14 BO-AN	2,11E-09	2,56E-09	9,61E+04	2,10E-01	6,30E-02	7,68E-01	5,65E-09	6,86E-09
A14 RA1	2,11E-09	2,56E-09	6,28E+03	2,50E-01	6,30E-02	7,68E-01	4,39E-10	5,33E-10

Tabella 84 – Determinazione delle probabilità di accadimento di eventi coinvolgenti sostanze ADR (effetto domino)

I singoli alberi degli eventi, sviluppati a partire dagli scenari di impatto meccanico dell'aeromobile che coinvolge un automezzo ADR, sono risolti secondo le indicazioni e i riferimenti bibliografici propri dell'incidentalità stradale, una volta definite le probabilità di accadimento degli eventi iniziatori (cfr. tabella 84) di riferimento per la componente ADR (coerentemente a quanto previsto in tabella 83).

Gli alberi prevedono lo sviluppo del flusso del pericolo fino all'individuazione degli scenari di fine ramo che sono singolarmente caratterizzati da livelli di pericolosità e probabilità di accadimento specifici.

Le figure seguenti (117-121) individuano il modello analitico sotteso alla rappresentazione del flusso logico del pericolo, fornendo le probabilità di accadimento condizionate degli scenari di riferimento. Queste ultime, opportunamente moltiplicate per le probabilità di accadimento degli eventi iniziatori di crash, pool fire e flash fire, derivanti dal modello di analisi primario, restituiscono le probabilità associate ai danni attesi (alle persone) per la costruzione dell'indicatore di rischio stradale. Un esempio di sviluppo completo è fornito nella figura 122.

Infine, il rischio stradale per solo effetto di impatto meccanico è stato valutato secondo un modello di analisi che tiene conto dell'ingombro dell'aeromobile e dei flussi di traffico sulle reti di mobilità considerate. I risultati sono presentati in figura 123.

	Mezzi coinvolti	Potenza di picco	Scenario finale	P
Incendio 1	una autovettura isolata TGM (%VL)	Q=10MW	Incendio Q=10 MW	9,44E-01
				9,00E-01
				9,00E-01
				9,50E-01
				9,50E-01
				7,60E-01
				7,60E-01
				7,90E-01
				7,50E-01
				7,50E-01
	Più autovetture o mezzi pesanti TGM (%VP)	Q=30MW 80,0%	Incendio Q=30 MW	4,44E-02
				8,00E-02
				8,00E-02
				4,00E-02
				4,00E-02
		1,92E-01		
		1,92E-01		
		1,68E-01		
		2,00E-01		
		2,00E-01		
Q=50MW 14,5%	Incendio Q=50 MW	8,05E-03		
		1,45E-02		
		1,45E-02		
		7,25E-03		
		7,25E-03		
3,48E-02				
3,48E-02				
3,05E-02				
3,63E-02				
3,63E-02				
Q=100MW 5,5%	Incendio Q=100 MW	3,05E-03		
		5,50E-03		
		5,50E-03		
		2,75E-03		
		2,75E-03		
1,32E-02				
1,32E-02				
1,16E-02				
1,38E-02				
1,38E-02				
Fonte:		Dati di composizione del traffico 2019	Elaborazione PIARC	

Figura 117 – ETA Incendio

	Rilascio di materiale pericoloso	Innesco immediato	Innesco ritardato	Scenario finale	Scenario finale
incidente ad autosterna liquido infiammabile P=1	Nessun rilascio 95%	Innesco immediato 3,0%	Innesco ritardato 3,0%	Nessun effetto	Nessun effetto
				Pool fire	Pool fire
				Flash fire	Flash fire
	Rilascio di MP 5%	Nessun innesco 97,0%	Nessun innesco 97,0%	UVCE	UVCE
				UVCE	UVCE
				UVCE	UVCE
				UVCE	UVCE
		Innesco immediato 3,0%	Innesco ritardato 3,0%	Flash fire	Flash fire
				UVCE	UVCE
				UVCE	UVCE
Fonte:		Quaderno AISCAT adr e Bollettini traffico	Elaborazione statistica da BD MIDHAS, OHS_ROM	Elaborazione statistica da BD MIDHAS, OHS_ROM	Elaborazione statistica da BD MIDHAS, OHS_ROM

Figura 118 – ETA Liquido infiammabile

	Rilascio di materiale pericoloso	Entità della dispersione	Innesco della nube dispersa	Scenario finale	Scenario finale	P		
incidente ad autocisterna gas compresso infiammabile /esplosivo P=1	Nessun rilascio 95%		Nessun innesco e diffusione non pericolosa 90,0%	Nessun effetto	Nessun effetto	95,7%		
							Innesco immediato: jet fire 66,6%	Jet Fire
	Evoluzione in BLEVE 33,3%		BLEVE	0,0%				
			Rilascio di MP 5%	Rilascio lieve 12,9%	Innesco 10,0%	Nessun innesco e diffusione non pericolosa 10,0%	Nessun effetto	
	Rilascio medio-grave 87,1%			Innesco 90,0%	Flash-fire 16,0%			
						UVCE 84,0%	UVCE	3,5%
	Fonte:		Quaderno AISCAT adr e Bollettini traffico	BD VVF 1985-2008	Elaborazione statistica da BD MIDHAS, OHS_ROM, considerazione sensitiva su quota FF - UVCE			

Figura 119 - ETA Gas compresso infiammabile

	Rilascio di materiale pericoloso	Entità della dispersione	Scenario finale	Scenario finale	P	
incidente ad autocisterna gas compresso tossico P=1	Nessun rilascio 95%		lieve dispersione di tossici	Nessun effetto	95,3%	
						Rilascio lieve 12,9%
	Rilascio di MP 5%		Rilascio medio-grave 87,1%	dispersione di nube tossica	Nube tossica	4,7%
			Fonte:	Quaderno AISCAT adr e Bollettini traffico	BD VVF 1985-2015	

Figura 120 – ETA Gas compresso tossico

	Entità dell'incidente	Conseguenze sull'esplosivo	Scenario finale	Scenario finale	P	
incidente ad automezzo trasportante materiale esplosivo P=1	Incidente lieve e senza conseguenze 98%		Nessuna conseguenza	Nessun effetto	99,0%	
						Incidente grave 2%
	Fonte:		Dati generali sull'incidentalità	Valutazione sensitiva		

Figura 121 – ETA Materiale esplosivo

4.1.10 Event Tree Analysis (crash secondario e evoluzione in pool fire e flash fire) ferroviario (per gli scenari che interessano le infrastrutture di mobilità) e stima dei danni alle persone (perdita di vite umane)

Con riferimento alle tabelle 60 e 61 del § 4.1.9, la valutazione del rischio sull'infrastruttura ferroviaria per effetto dell'attività aeroportuale, è stato condotto, in modo analogo alla valutazione del paragrafo precedente, ipotizzando che, a seguito di impatto meccanico dell'aeromobile, le conseguenze attese in termini di vittime possano essere ascritte all'effetto dell'energia d'urto e alla pericolosità specifica dell'evoluzione di scenari connessi all'innesco del carburante rilasciato (pool fire e flash fire), secondo il modello di analisi generale e i risultati, in termini di pericolosità specifica, delle simulazioni di pool fire e flash fire utili per definire il rischio d'area.

Si sottolinea che, per le caratteristiche tipologiche delle tratte ferroviarie eventualmente esposte agli effetti dell'incidentalità aeroportuale, la valutazione ha escluso scenari evolutivi coinvolgenti treni merci. Infatti, l'effetto più rilevante, in termini di esposizione, è atteso su treni passeggeri utilizzati per il pendolarismo lavorativo nella provincia di Bologna.

In tabella 86 sono richiamate le caratteristiche delle linee ferroviarie presenti nell'area oggetto di analisi, sintetizzabili in volumi di traffico e numero di utenti. Inoltre, ai fini della valutazione dell'effetto dell'impatto meccanico, vengono considerati anche parametri geometrici (ad esempio, lunghezza del convoglio).

LINEE	Treni/giorno	Treni/giorno	Treni/minuto	Passeggeri/ giorno	Passeggeri/ treno-giorno	Esposti/ minuto	Lunghezza convoglio [m]
LINEA AV-AC	48	40	2	8000	167	333	202
LINEA Porretta Terme - Bologna Centrale (SFM1 A)	70	58	3	9316	134	388	82
LINEA Vignola - Bologna Centrale (SFM2 A)	52	43	2	5335	103	222	82
LINEA Poggio Rusco - Bologna Centrale (SFM3 A)	56	47	2	5335	95	222	82
LINEA Ferrara - Bologna Centrale (SFM4 A)	86	72	4	6191	72	258	82
LINEA Modena - Bologna Centrale (SFM5 A)	95	79	4	8979	95	374	82

Tabella 86 – Parametri caratteristici delle linee ferroviarie che insistono nell'area di studio

La probabilità di impatto di un aeromobile sulla linea ferroviaria è stata calcolata assumendo la probabilità di impatto sulla zona esterna (in cui è rilevata la presenza della rete ferroviaria) e la probabilità specifica di impatto sull'area ferroviaria, rispettivamente per il traffico aereo che insiste sulla testata T 12 (tabella 87) e sulla testata T 30 (tabella 88).

	Scenari	zona esterna	P_fin_ferrov	
	rilascio	P_crash(fine ramo) T_12	P_impatto area ferroviaria T_12	T12
Airbus A320 B6 Freighter	1	2,11E-09	3,94E-02	8,31E-11
	2	2,11E-09		8,31E-11

	3	2,11E-09		8,31E-11
Airbus A300 B6 Freighter	1	2,31E-09		9,07E-11
	2	2,31E-09		9,07E-11
	3	2,31E-09		9,07E-11
Airbus A330	1	4,51E-11		1,77E-12
	2	4,51E-11		1,77E-12
	3	4,51E-11		1,77E-12
Boeing 737- 300	1	7,28E-09		2,86E-10
	3	7,28E-09		2,86E-10
Boeing 757- 200 Freighter Winglets	1	4,39E-10		1,73E-11
	3	4,39E-10		1,73E-11
Boeing 767- 200	1	3,90E-10		1,53E-11
	3	3,90E-10		1,53E-11
Boeing 777- 200 LR	1	3,90E-10		1,53E-11
	3	3,90E-10		1,53E-11
Canadair				
	3	1,56E-08		6,14E-10

Tabella 87 – Definizione delle probabilità di impatto meccanico sulla linea ferroviaria per traffico aeroportuale in testata T 12

	Scenari	zona esterna		P_fin_ferrov
		P_crash(fine ramo) T_30	P_impatto area ferroviaria T_30	T30
Airbus A320 B6 Freighter	1	2,56E-09	3,94E-02	1,01E-10
	2	2,56E-09		1,01E-10
	3	2,56E-09		1,01E-10
Airbus A300 B6 Freighter	1	1,21E-09		4,76E-11
	2	1,21E-09		4,76E-11
	3	1,21E-09		4,76E-11
Airbus A330	1	1,05E-10		4,12E-12
	2	1,05E-10		4,12E-12

	3	1,05E-10		4,12E-12
Boeing 737-300	1	7,85E-09		3,09E-10
	3	7,85E-09		3,09E-10
Boeing 757-200 Freighter Winglets	1	5,08E-10		2,00E-11
	3	5,08E-10		2,00E-11
Boeing 767-200	1	3,90E-10		1,53E-11
	3	3,90E-10		1,53E-11
Boeing 777-200 LR	1	0,00E+00		0,00E+00
	3	0,00E+00		0,00E+00
Canadair				
	3	6,05E-10		2,38E-11

Tabella 88 – Definizione delle probabilità di impatto meccanico sulla linea ferroviaria per traffico aeroportuale in testata T 30

Definite le probabilità di impatto condizionate alle aree in cui è presente la rete ferroviaria, sono state considerate le aree di potenziale impatto (cfr. tabella 89) derivanti dalle simulazioni di incendio utilizzate nel modello generale che, non intervenendo modifiche significative nelle condizioni al contorno, hanno validità di carattere generale e possono essere estese a tutta l'area di indagine.

Classe di stabilità D5			Classe di stabilità F2		
Area di danno Pool Fire [m]	Area di danno Flash Fire [m]	Area di danno Toxic T. Z. [m]	Area di danno Pool Fire [m]	Area di danno Flash Fire [m]	Area di danno Toxic T. Z. [m]
17	23	34	10	45	54
41	62	91	31	134	163
77	129	186	64	285	336
34	53	76	25	109	134
60	97	140	48	213	255
109	201	287	97	409	483
31	46	67	22	93	116
89	155	223	76	327	387
126	247	350	115	479	565
37	57				
65	107	83	27	120	147
44	68	153	53	234	278

90	156	99	33	146	179
69	112	225	77	329	390
123	238	338	56	250	296
86	150	215	112	464	548
135	274	389	73	316	375
50	78	113	126	518	613

Tabella 89 – Aree di impatto degli scenari di crash, pool fire e flash fire

Assunte le lunghezze rappresentative dei convogli impiegati sulle tratte di interesse (cfr. tabella 90), sono state valutate, in funzione dell'esposizione degli utenti del servizio ferroviario, le potenziali vittime (cfr. tabella 91).

Lunghezza convoglio
[m]
202
82

Tabella 90 – Caratteristiche del materiale rotabile impiegato sulle tratte di interesse

Vittime	Vittime	Vittime	Vittime	Vittime	Vittime
Classe di stabilità D5			Classe di stabilità F2		
Pool Fire [m]	Flash Fire [m]	Toxic T. Z. [m]	Pool Fire [m]	Flash Fire [m]	Toxic T. Z. [m]
17	23	34	10	45	53
41	61	90	31	133	161
76	128	184	63	200	200
34	52	75	25	108	133
59	96	139	48	200	200
108	199	200	96	200	200
31	46	66	22	92	115
88	153	200	75	200	200
125	200	200	114	200	200
64	106	82	27	119	146
44	67	151	52	200	200
89	154	98	33	145	177
68	111	200	76	200	200
			0		
122	200	200	55	200	200
85	149	200	111	200	200
134	200	200	72	200	200

50	77	112	125	200	200

Tabella 91 – Risultati dell’analisi di impatto (danno alle persone - numero di vittime potenziali) in funzione della pericolosità degli scenari e delle condizioni di esposizione

R_ferrov	R_ferrov	R_ferrov	R_ferrov	R_ferrov	R_ferrov
T12	T12	T12	T12	T12	T12
Classe di stabilità D5			Classe di stabilità F2		
Pool Fire [m]	Flash Fire [m]	Toxic T. Z. [m]	Pool Fire [m]	Flash Fire [m]	Toxic T. Z. [m]
1,40E-09	1,89E-09	2,80E-09	8,23E-10	3,70E-09	4,44E-09
3,37E-09	5,10E-09	7,49E-09	2,55E-09	1,10E-08	1,34E-08
6,34E-09	1,06E-08	1,53E-08	5,27E-09	1,66E-08	1,66E-08
2,80E-09	4,36E-09	6,25E-09	2,06E-09	8,97E-09	1,10E-08
4,94E-09	7,98E-09	1,15E-08	3,95E-09	1,66E-08	1,66E-08
8,97E-09	1,65E-08	1,66E-08	7,98E-09	1,66E-08	1,66E-08
2,55E-09	3,79E-09	5,51E-09	1,81E-09	7,65E-09	9,54E-09
7,32E-09	1,28E-08	1,66E-08	6,25E-09	1,66E-08	1,66E-08
1,04E-08	1,66E-08	1,66E-08	9,46E-09	1,66E-08	1,66E-08
5,35E-09	8,80E-09	6,83E-09	2,22E-09	9,87E-09	1,21E-08
3,62E-09	5,60E-09	1,26E-08	4,36E-09	1,66E-08	1,66E-08
7,41E-09	1,28E-08	8,15E-09	2,72E-09	1,20E-08	1,47E-08
5,68E-09	9,22E-09	1,66E-08	6,34E-09	1,66E-08	1,66E-08
1,01E-08	1,66E-08	1,66E-08	4,61E-09	1,66E-08	1,66E-08
7,08E-09	1,23E-08	1,66E-08	9,22E-09	1,66E-08	1,66E-08
1,11E-08	1,66E-08	1,66E-08	6,01E-09	1,66E-08	1,66E-08
4,11E-09	6,42E-09	9,30E-09	1,04E-08	1,66E-08	1,66E-08
1,03E-07	1,68E-07	2,02E-07	8,60E-08	2,36E-07	2,48E-07

Tabella 92 – Contributi all’indicatore di rischio ferroviario per singolo scenario simulato (T 12)

R_ferrov	R_ferrov	R_ferrov	R_ferrov	R_ferrov	R_ferrov
T30	T30	T30	T30	T30	T30
Classe di stabilità D5			Classe di stabilità F2		
Pool Fire [m]	Flash Fire [m]	Toxic T. Z. [m]	Pool Fire [m]	Flash Fire [m]	Toxic T. Z. [m]
1,70E-09	2,30E-09	3,40E-09	9,99E-10	4,50E-09	5,39E-09
4,10E-09	6,19E-09	9,09E-09	3,10E-09	1,34E-08	1,63E-08
7,69E-09	1,29E-08	1,86E-08	6,39E-09	2,02E-08	2,02E-08
3,40E-09	5,29E-09	7,59E-09	2,50E-09	1,09E-08	1,34E-08

5,99E-09	9,69E-09	1,40E-08	4,80E-09	2,02E-08	2,02E-08
1,09E-08	2,01E-08	2,02E-08	9,69E-09	2,02E-08	2,02E-08
3,10E-09	4,60E-09	6,69E-09	2,20E-09	9,29E-09	1,16E-08
8,89E-09	1,55E-08	2,02E-08	7,59E-09	2,02E-08	2,02E-08
1,26E-08	2,02E-08	2,02E-08	1,15E-08	2,02E-08	2,02E-08
6,49E-09	1,07E-08	8,29E-09	2,70E-09	1,20E-08	1,47E-08
4,40E-09	6,79E-09	1,53E-08	5,29E-09	2,02E-08	2,02E-08
8,99E-09	1,56E-08	9,89E-09	3,30E-09	1,46E-08	1,79E-08
6,89E-09	1,12E-08	2,02E-08	7,69E-09	2,02E-08	2,02E-08
1,23E-08	2,02E-08	2,02E-08	5,59E-09	2,02E-08	2,02E-08
8,59E-09	1,50E-08	2,02E-08	1,12E-08	2,02E-08	2,02E-08
1,35E-08	2,02E-08	2,02E-08	7,29E-09	2,02E-08	2,02E-08
4,99E-09	7,79E-09	1,13E-08	1,26E-08	2,02E-08	2,02E-08
1,24E-07	2,04E-07	2,45E-07	1,04E-07	2,87E-07	3,01E-07

Tabella 93 – Contributi all'indicatore di rischio ferroviario per singolo scenario simulato (T 30)

I risultati complessivi dell'analisi di rischio per l'ambito territoriale ospitante la rete ferroviaria definiscono un contributo all'indicatore di rischio totale riportato in tabella 94.

Scenario	P(EI)	R _{FERR}
pool fire	1.00E-03	4.17E-10
flash fire	9.99E-04	8.94E-10
toxic t.z.	9.99E-04	9.96E-10
R_{TOT FERR}	2.31E-09	T_R 6.87E+10

Tabella 94 – Valori dell'indicatore di rischio totale e del tempo medio di ritorno dovuto alle attività aeroportuali per la rete ferroviaria

Si evidenzia che, rispetto al criterio di accettabilità in uso per la verifica delle condizioni di esercizio della rete ferroviaria (in ambiente confinato, galleria) il valore ottenuto rientra nell'intervallo di accettabilità del rischio residuo del sistema. Il criterio è definito sulla valutazione dei rischi ordinari tipici dell'esercizio ferroviario (incendio, deragliamento e collisione) e non prevede la valutazione dei rischi indotti da eventi "catastrofici" di carattere esogeno al sistema. Tuttavia, la verifica in analogia rappresenta un ulteriore elemento di "garanzia" rispetto all'analisi poiché restituisce una ulteriore condizione di compliance rispetto alla sicurezza caratteristica del sistema ferroviario.

4.2 Modello di analisi per Rischio ambientale

4.2.1 Nota metodologica

La Valutazione del Rischio Ambientale (VRA) prevede l'analisi dei rischi derivanti dall'attività aeroportuale che possono minacciare persone, animali ed ecosistema valutando i relativi scenari di esposizione e i danni conseguenti (cfr. figura 124).

VRA



Figura 124 – Flow-chart Valutazione Rischio Ambientale (stima degli effetti sulla salute umana e sull'ecosistema)

La valutazione si ottiene, quindi, considerando tre fattori (cfr. figura 125):

- pericolo
- sistema bersaglio
- vie di esposizione



Figura 125 – Fattori della VRA

Lo studio dell'esposizione definisce l'entità, la durata e la frequenza delle esposizioni (sia con riferimento a recettori attuali che a recettori potenziali) ai fattori di rischio, le caratteristiche e le dimensioni della popolazione potenzialmente a rischio e le modalità di esposizione.

4.2.2 Definizione del modello

Se il fattore di rischio (definito "agente") è dato da contaminanti rilasciati nell'ambiente, l'adozione di un modello concettuale dell'area oggetto di indagine consente di individuare i possibili scenari di esposizione, mediante la ricostruzione dei processi che portano la popolazione a contatto con un comparto ambientale contaminato. Il modello concettuale, infatti, fornisce una serie di ipotesi riguardo al comportamento delle sostanze inquinanti rilasciate nell'ambiente e alle vie di migrazione attraverso le quali possono raggiungere i recettori vulnerabili e consente di garantire, quindi, l'eshaustività dell'analisi. Allo scopo, è necessario acquisire dati sull'area oggetto di studio e definire le caratteristiche chimico-fisiche del contaminante (nelle valutazioni di rischio ambientale vengono considerati, ad esempio, il tempo di residenza, il tempo di dimezzamento, l'eventuale trasformazione in altri composti chimici, i processi di bioaccumulo).

Le modalità di assorbimento sono, in genere, definite attraverso:

- ingestione,
- inalazione,
- contatto dermico.

Le vie di esposizione non sono necessariamente alternative: l'esposizione ad una stessa sorgente di contaminazione può avvenire con modalità differenti.

Considerando, quindi, i dati sulla migrazione degli inquinanti, sugli scenari di esposizione e sui sistemi bersaglio, si possono applicare modelli di esposizione (come, ad esempio, Multimedia and Multipathway Exposure Modeling¹⁴). Tali modelli consentono di stimare la durata e la frequenza delle esposizioni, il numero di soggetti potenzialmente esposti e il tasso di assorbimento dei contaminanti.

Il modello concettuale richiede che vengano definiti, a monte, modelli di dispersione degli inquinanti (cfr. figura 126) che necessitano, quindi, di dati sulle sostanze rilasciate e sulle caratteristiche dell'area e, in particolare, delle variabili che determinano la migrazione dei contaminanti nell'ambiente (ad esempio, direzione e velocità del vento, flusso delle acque sotterranee). La componente probabilistica dell'esposizione attiene alle caratteristiche dei singoli recettori (nel caso di persone, ad esempio, l'età, il sesso, lo stato di salute possono condizionare i livelli di esposizione).

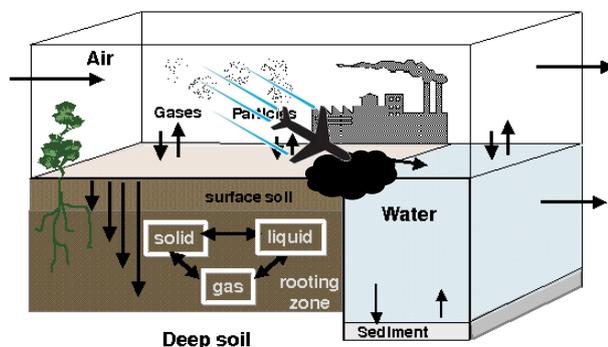


Figura 126 – Modello concettuale del sito: percorsi di dispersione del contaminante

¹⁴ USEPA, 1995. User's guide for the Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Models". Office of Air Quality Planning and Standards.

Lo studio delle conseguenze di rilasci di sostanze pericolose caratterizza gli effetti dell'esposizione ad agenti tossici, chimici e fisici, sulla salute umana e sui recettori ambientali.

Il modello di analisi, applicato all'area potenzialmente esposta ai rischi derivanti dalle attività aeroportuali, ha consentito di verificare i meccanismi di trasmissione degli inquinanti a seguito dell'identificazione delle **Sorgenti primarie** definite per:

- impatto meccanico dell'aeromobile con dispersione del carburante al suolo ed eventuale percolazione fino alla falda (contaminazione del terreno e della falda con trasporto degli inquinanti fino agli endpoint);
- impatto meccanico dell'aeromobile con dispersione del carburante nelle acque superficiali (contaminazione delle acque superficiali con trasporto degli inquinanti fino agli endpoint);
- impatto meccanico dell'aeromobile con dispersione (formazione di pozza) ed innesco immediato del carburante (pool fire) o ritardato della nube (flash fire) per gli effetti indotti dalla dispersione in atmosfera di prodotti tossici.

Il modello concettuale dell'area definisce, quindi, le condizioni che si instaurano per effetto della presenza di una sorgente primaria di rilascio e di **Sorgenti secondarie** (coincidenti con le matrici ambientali acqua, aria e suolo) sulle quali agiscono meccanismi di trasporto efficaci a raggiungere i recettori sensibili, secondo lo schema logico rappresentato in figura 127.

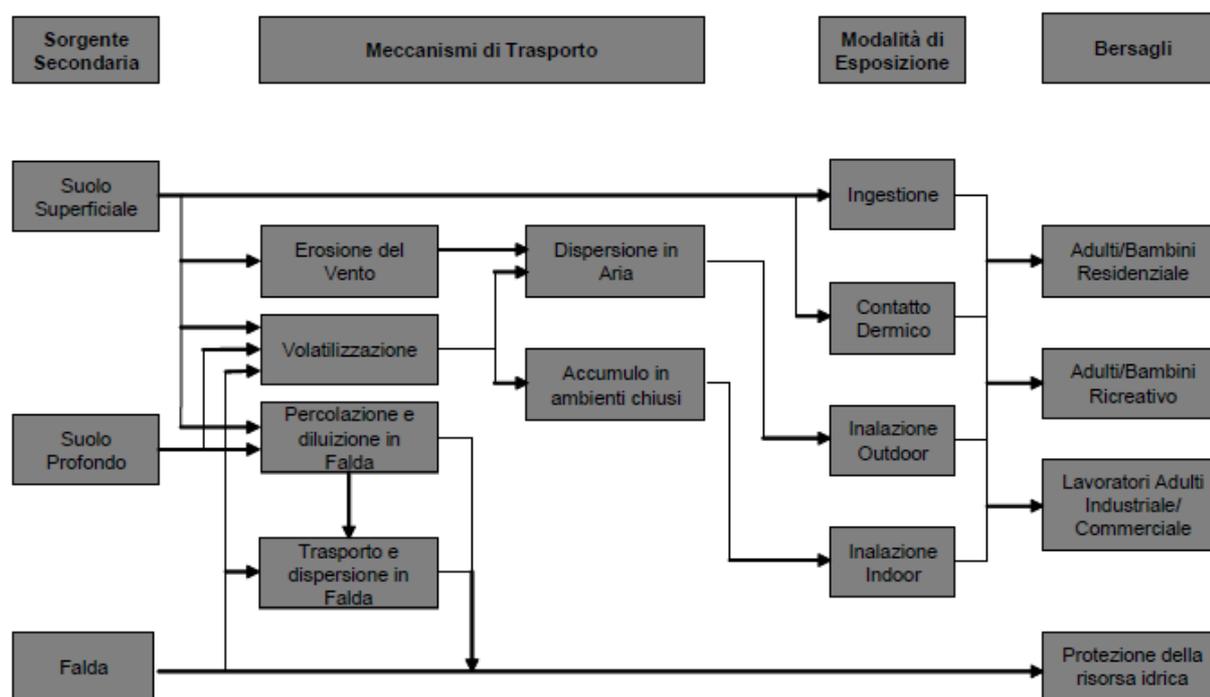


Figura 127 – Diagramma di flusso del modello concettuale [fonte: <https://www.isprambiente.gov.it/files/temi/siti-contaminati-02marzo08.pdf>]

Il criterio di verifica adottato consiste nella determinazione delle concentrazioni di inquinante nelle matrici, a seguito del rilascio, mediante assunzione di modelli di analisi specifici. La quantificazione delle concentrazioni di inquinante e dei suoi effetti definisce il valore atteso del danno ambientale.

Tali concentrazioni sono confrontate con le Concentrazioni Soglia di Contaminazione per verificare la necessità di caratterizzazione e di analisi di rischio fino alla definizione dei valori di Concentrazione Soglia di Rischio (CSR).

Le Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC)¹⁵ rappresentano “i livelli di contaminazione delle matrici ambientali che costituiscono valori al di sopra dei quali è necessaria la caratterizzazione del sito e l’analisi di rischio sito specifica (Allegato 5). Nel caso in cui il sito potenzialmente contaminato sia ubicato in un’area interessata da fenomeni antropici o naturali che abbiano determinato il superamento di una o più concentrazioni soglia di contaminazione, queste ultime si assumono pari al valore di fondo esistente per tutti i parametri superati”.

Le concentrazioni simulate a partire dallo sversamento con un modello di analisi opportuno sono quantificate esplicitando l’equazione:

$$C_{ep} = C_s \cdot F_T$$

con:

C_{ep} = concentrazione dell’inquinante nel punto di esposizione (endpoint)

C_s = concentrazione dell’inquinante alla sorgente

F_T = fattore di trasporto (funzione delle caratteristiche del mezzo e delle proprietà dell’inquinante)

dove la concentrazione dell’inquinante nel punto di esposizione può essere valutata assumendo la concentrazione dell’inquinante alla sorgente e note le caratteristiche del mezzo di trasporto e le proprietà chimico-fisiche della sostanza inquinante.

Nel capitolo 5 vengono illustrati i risultati di tali valutazioni.

4.2.3 Stima del danno ambientale

La definizione degli effetti indotti dal rilascio di carburante (ed eventuale successivo innesco) comporta l’analisi dei potenziali effetti indotti dalla sostanza verso i recettori sensibili.

Allo scopo di definire le ricadute è stata esaminata la scheda di sicurezza di uno dei prodotti commerciali impiegati come carburante per aviazione civile, verificato che le caratteristiche di composizione e le conseguenti proprietà chimico-fisiche coincidono in tutte le schede di sicurezza rese disponibili dai produttori.

pertanto, in questo contesto, si farà riferimento alla scheda di sicurezza¹⁶ della sostanza denominata “JET A-1”, conforme al Regolamento (CE) n. 1907/2006 e s.m.i..

La scheda identifica la sostanza come Aviation Fuel Jet A-1 (tutti i tipi):

1.1 Identificatore del prodotto

Nome sostanza/miscela:	JET A-1
Sinonimi:	Aviation Fuel Jet A-1 (tutti i tipi)
Numero CAS:	n.a. (Miscela)
Numero CE:	n.a. (Miscela)
Numero indice:	n.a. (Miscela)
Numero di Registrazione REACH:	n.a. (Miscela)

Figura 128 – Identificazione del prodotto

riconoscendo, quale pertinente, l’utilizzo come **carburante**.

¹⁵ D. Lgs. 105/2006

¹⁶ Scheda n° 2041, revisione 3 del 29/07/2019, rilasciata dalla Q8

I pericoli associabili all'utilizzo del prodotto sono sinteticamente richiamati (e in seguito approfonditi nelle sezioni specifiche) in figura 129.

SEZIONE 2: IDENTIFICAZIONE DEI PERICOLI

<i>Pericoli fisico-chimici:</i>	la miscela è infiammabile. ←
<i>Pericoli per la salute:</i>	la miscela ha effetti irritanti per la cute. Può causare danni ai polmoni in caso di ingestione. L'inalazione dei vapori può provocare sonnolenza e vertigini.
<i>Pericoli per l'ambiente:</i> →	la miscela ha effetti tossici per gli organismi acquatici con effetti a lungo termine per l'ambiente acquatico.

2.1 Classificazione della sostanza o della miscela

Flam. Liq. 3:	H226
Skin Irrit. 2:	H315
Asp. Tox. 1:	H304
STOT SE 3:	H336 (SNC, inalazione)
Aquatic Chronic 2:	H411

Figura 129 – Identificazione dei pericoli associati all'utilizzo del prodotto

Tali pericoli sono classificati con i corrispondenti pittogrammi e le indicazioni riportati in figura 130.

Pittogrammi di pericolo:



Avvertenza: PERICOLO

Indicazioni di pericolo:

- H226 - Liquido e vapori infiammabili
- H304 - Può essere letale in caso di ingestione e di penetrazione nelle vie respiratorie
- H315 - Provoca irritazione cutanea
- H336 - Può provocare sonnolenza o vertigini
- H411 - Tossico per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata ←

Figura 130 – Pittogrammi e indicazioni di pericolo del prodotto

Le precauzioni a tutela dell'ambiente indicano la necessità di evitare che il prodotto sia rilasciato nelle fognature, nei fiumi o in altri corpi d'acqua.

In caso di rilascio, sono indicati i metodi per il contenimento e la bonifica del sito (cfr. figura 131).

Gli interventi risultano differenziati in caso di spandimento al suolo e spandimento in acqua.

6.3 Metodi e materiali per il contenimento e per la bonifica

Spandimenti sul suolo: Se necessario, arginare il prodotto con terra asciutta, sabbia o altro materiale non infiammabile. Gli sversamenti di grande entità possono essere ricoperti con cautela di schiuma, se disponibile, al fine di prevenire i rischi di incendio. Non usare getti diretti. All'interno di edifici o spazi confinati, garantire una ventilazione appropriata. Assorbire il prodotto versato con materiali non infiammabili. Raccogliere il prodotto versato con mezzi adeguati. Trasferire il prodotto e gli altri materiali contaminati raccolti in adeguati serbatoi o contenitori per il riciclo o lo smaltimento in sicurezza. In caso di contaminazione del terreno, rimuovere il suolo contaminato e trattare conformemente alla legislazione locale.

Spandimenti in acqua: In caso di piccoli sversamenti in acque chiuse (es.: nei porti) contenere il prodotto utilizzando barriere galleggianti o altri dispositivi. Raccogliere il prodotto versato con specifici materiali assorbenti galleggianti. Se possibile, contenere gli sversamenti maggiori in acqua utilizzando barriere galleggianti o altri mezzi meccanici. Se ciò non fosse possibile, controllare il livello di diffusione del prodotto versato e raccogliere il materiale utilizzando uno skimmer o altro mezzo meccanico. L'utilizzo di agenti disperdenti deve essere proposto da un esperto e, se richiesto, autorizzato dalle autorità locali competenti. Raccogliere il prodotto recuperato e gli altri materiali in adeguati serbatoi o contenitori, per il riciclo o lo smaltimento in sicurezza.

Le misure raccomandate si basano sugli scenari più probabili di sversamento per questo prodotto. Le condizioni locali (vento, temperatura dell'aria, direzione e velocità delle onde e delle correnti) possono, tuttavia, influire significativamente sulla scelta dell'azione da compiere. Consultare, pertanto, esperti locali se necessario. La legislazione locale può stabilire o limitare le azioni da compiere.

Figura 131 – Misure per il contenimento e la bonifica in caso di spandimento del prodotto

Gli effetti sull'ambiente sono analizzati nel dettaglio alla sezione 8 (controllo dell'esposizione) della scheda, da cui si evince (cfr. figura 132):

PNEC(S) (Concentrazione Prevista di Non Effetto):

PNEC(S) Acque, Sedimenti e Suolo: La sostanza è un idrocarburo UVCB con pericolo cronico per l'ambiente acquatico. Il metodo "hydrocarbon block viene utilizzato per la valutazione del rischio ambientale (Guida REACH R7 paragrafo 13-1) I PNEC non possono essere derivati per le sostanze UVCB per cui i PNEC acquatici per "hydrocarbon block" (ossia una library di circa 1500 idrocarburi rappresentativi e raggruppati in base alle proprietà fisiche e chimiche, alle proprietà di ripartizione e di degradazione), sono stati ricavati utilizzando il metodo statistico di estrapolazione HC5 e il modello (TLM) target Lipid Model. In seguito a specifiche richieste da parte di ECHA, è stata effettuata una revisione del modello TLM che ha portato a dei nuovi risultati utilizzati nel CSR edizione 2016. Per i dettagli fare riferimento all'allegato alla sezione 13 di IUCLID.PETTORISK ProductLibrary tab, PAH Phototoxicity, PNEC HC5, TLM Validation, PETROTOX Verification and NOS Heterocyclics.

Figura 132 – Concentrazione di non effetto sulle matrici ambientali (acque, sedimenti, suolo)

Le informazioni ecologiche relative al cherosene riportano la classificazione Aquatic Chronic 2, H411 (Tossico per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata).

Per quanto concerne le altre informazioni di carattere ecologico, i test spesso non risultano applicabili alle sostanze UVBC come evidenziato in figura 133.

12.2 Persistenza e degradabilità

Degradabilità abiotica:

Idrolisi: il cherosene è resistente all'idrolisi a causa della mancanza di un gruppo funzionale che è idroliticamente reattivo. Pertanto, questo processo non contribuirà a una perdita misurabile di degradazione della sostanza nell'ambiente.

Degradabilità biotica:

Sulla base degli studi disponibili e delle proprietà degli idrocarburi C9-C16, i cheroseni sono considerati interamente biodegradabili.

12.3 Potenziale di bioaccumulo

I test standard per questo endpoint non sono applicabili alle sostanze UVCB.

12.4 Mobilità nel suolo

Assorbimento Koc: i test standard per questo endpoint non sono applicabili alla sostanze UVCB.

12.5 Risultati della valutazione PBT e vPvB

Comparazione con i criteri dell'allegato XIII del Regolamento REACH

Valutazione della persistenza: alcune strutture di idrocarburi contenuti in questa categoria presentano caratteristiche di P (Persistent) o vP (very Persistent).

Valutazione del potenziale di bioaccumulo: la struttura della maggior parte degli idrocarburi contenuti in questa categoria NON presentano caratteristiche di vB (very Bioaccumulative) tuttavia alcuni componenti presentano caratteristiche di B (Bioaccumulative).

Valutazione della tossicità: per le strutture che hanno mostrato caratteristiche di P e B è stata valutata la tossicità ma nessun componente rilevante soddisfa i criteri di tossicità ad eccezione dell'antracene il quale è stato confermato un PBT (Persistent, Bioaccumulative, Toxic). Poiché l'antracene è presente in concentrazioni < 0,1% il prodotto non è PBT/vPvB.

Figura 133 – Informazioni ecologiche

Gli scenari di esposizione analizzati riguardano l'allegato 5 alla scheda di sicurezza dove si individua l'uso professionale del prodotto come combustibile (cfr. Figura 134).

Nome d'uso identificato	Ciclo di vita	Settore/i di utilizzo (SU)	Categorie dei prodotti (PC)	Categorie del processo (PROC)	Categorie di rilascio nell'ambiente (ERC)	Categoria specifica di rilascio nell'ambiente (spERC)
5. Uso come combustibile EC 265-184-9	Professionale	n.a.	n. a.	1, 2, 3, 8a, 8b, 16	9a, 9b	ESVOC SpERC 9.12b.v1

Figura 134 – Classificazione del prodotto rispetto all'utilizzo

5. Risultati dell'analisi

Premessa

Con riferimento alle valutazioni effettuate coerentemente con il modello di analisi proposto, all'interno del capitolo vengono presentati i risultati inerenti le valutazioni del rischio per le persone esposte e per l'ambiente, tenuto conto degli scenari scelti come rappresentativi del gruppo completo di eventi che sintetizzano in modo esaustivo l'evoluzione del flusso del pericolo, della vulnerabilità territoriale e dell'esposizione specifica distinguendo, in relazione all'ultimo fattore, la densità demografica (per le valutazioni del rischio per le persone esposte, §5.1) e gli endpoint (per le valutazioni del rischio ambientale, §5.2-5.6).

5.1 Impatto sulla sicurezza delle persone: perdita di vite umane

5.1.1 Premessa

Tutto ciò che è stato sviluppato e descritto nei paragrafi dal 4.1.1 al 4.1.10 rappresenta l'applicazione del modello generale di analisi (Event Tree) al caso oggetto di studio per definire la pericolosità degli scenari selezionati come rappresentativi ed esaustivi dell'evoluzione del flusso del pericolo a partire da incidenti aerei che producono impatto meccanico al suolo e successivo sviluppo di incendi da pozza o da nube di vapori, a seguito del rilascio di carburante. Il modello si completa, ai fini della valutazione del rischio, con la definizione dell'esposizione e della vulnerabilità della "popolazione esposta".

Nello specifico, sono stati individuati tre scenari rappresentativi delle condizioni di impatto sull'area oggetto di studio:

1. **rilascio da serbatoio laterale**
2. **rilascio da serbatoio centrale**
3. **rilascio catastrofico** (di tutto il quantitativo di carburante disponibile)

I tre scenari sono stati "adattati" alle caratteristiche delle flotte di aeromobili transitanti sull'aeroporto individuando, per ciascuna tipologia di flotta, un aeromobile rappresentativo. Per alcune famiglie, i tre scenari ipotizzati sono stati ridotti a due o a uno in funzione delle caratteristiche costruttive degli aeromobili e della presenza di due serbatoi o di un unico serbatoio (ad esempio, nel caso del Canadair).

In tal modo, per ciascuna delle due testate della pista (T 12 e T 30), è stato individuato il gruppo completo di scenari disgiunti che costituisce lo spazio di riferimento per gli eventi di incidentalità aerea nella zona aeroportuale, differenziando le probabilità di accadimento degli eventi in funzione delle caratteristiche del traffico previsto su ciascuna testata.

Inoltre, sono state analizzate le condizioni meteo-climatiche della zona per verificare la compatibilità dei parametri di temperatura ambiente e di umidità relativa con l'innesco del carburante sversato, in accordo con l'ipotesi che, a partire dalla formazione della pozza, possano registrarsi eventi di innesco immediato (pool fire) o innesco ritardato della nube di vapori (flash fire).

Le analisi sono state condotte ipotizzando sversamenti al suolo su terreno (fuori pista) e su cemento (pista) in quanto le condizioni di formazione della pozza e la sua geometria di pendono dalle caratteristiche di permeabilità della superficie.

Considerate le condizioni sopra descritte ed effettuate le simulazioni di pool fire e flash fire per caratterizzare le aree di impatto e, quindi, la pericolosità specifica del gruppo di scenari così individuato, sono state effettuate valutazioni sulla **vulnerabilità** specifica, tenuto conto degli effetti indotti dagli incendi (in termini di irraggiamento termico e di liberazione in aria di prodotti tossici) sia immediati che ritardati.

Caratterizzata la pericolosità d'area associata al singolo scenario, è stata definita l'esposizione, tenuto conto degli elementi caratterizzanti il territorio.

Sono state, quindi, definite e mappate le aree di interesse a diversa destinazione d'uso, in modo da caratterizzare la densità demografica associata e le condizioni di esposizione (in termini giornalieri, assumendo un modello di esposizione che, in funzione della destinazione d'uso dell'area, definisca le condizioni di "affollamento" rispetto alle ore della giornata "tipo". E' evidente, infatti, che un'area a destinazione d'uso residenziale è caratterizzata da affollamenti variabili durante le 24 ore. La medesima osservazione rimane valida, con le condizioni specificate in funzione delle caratteristiche dell'area, anche per destinazioni d'uso differenti, ad esempio, commerciale, industriale, ecc.).

Pertanto, in corrispondenza delle aree specifiche, in un raggio d'interesse compatibile con l'evoluzione degli scenari incidentali attesi, caratterizzato da infrastrutture, aziende a rischio d'incidente rilevante (per queste ultime, in particolare, analizzando i piani di emergenza esterni per poter simulare l'effetto domino che si avrebbe se ipoteticamente si dovesse realizzare uno scenario di pericolosità che interessa l'area dell'azienda), attività vulnerabili (scuole, ospedali), zone residenziali, sono state effettuate le valutazioni dei danni potenziali allo scopo di verificare il criterio di accettabilità sul rischio residuo.

I singoli valori ricavati dalle analisi specifiche sono addizionabili poiché rappresentano contributi (addendi) al rischio totale d'area per il quale è richiesta la verifica con il criterio definito dal limite di accettabilità posto pari a 10E-04.

5.1.2 Risultati

5.1.2.1 Event Tree Analysis crash primario (riferito all'incidente aereo durante le operazioni di decollo e atterraggio): valutazione del rischio di perdita di vite umane

La valutazione del rischio territoriale è stata effettuata integrando il modello di analisi ETA attraverso step successivi e interconnessi che implicano, a partire dall'Evento Iniziatore di impatto meccanico (crash) dell'aeromobile al suolo, durante le operazioni di decollo o di atterraggio, per il quale sono state precedentemente definite le curve isoprobabilità qui assunte, l'evoluzione primaria del flusso del pericolo nello scenario di rilascio di carburante per effetto del danneggiamento dei serbatoi dell'aeromobile durante le fasi di atterraggio o decollo.

Definite le condizioni geometriche e di capienza degli aeromobili (cfr. tabella 95)

Aeromobili	Apertura alare [m]	Lunghezza [m]	Fusoliera [m]	Passeggeri	Area [m2]
Airbus A320	34,1	37,6	3,95	180	1282,16
Airbus A300	44,8	54,08	5,64	274	2422,784
Airbus A330	60,3	63,69	5,64	335	3840,507
Boeing 737-300	28,9	33,4	3,76	134	965,26
Boeing 757-200	38,1	47,3	3,76	239	1802,13
Boeing 767-200	47,6	48,5	5,03	216	2308,6
Boeing 777-200	64,8	63,7	6,2	301	4127,76

Canadair	26,1	39,1	2,69	104	1020,51
----------	------	------	------	-----	---------

Tabella 95 – Caratteristiche degli aeromobili

è stato valutato l'effetto del crash (cfr. tabella 96):

Rischio passeggeri				Impatto meccanico	
P_crash_T12	P_crash_T30	P_impatto area aerop. T12	P_impatto area aerop. T30	R_crash_T12	R_crash_T30
6,34E-07	7,69E-07	4,61E-03	4,61E-03	3,75E-06	4,55E-06
6,92E-07	3,63E-07	8,72E-03	8,72E-03	1,46E-05	7,66E-06
1,35E-08	3,14E-08	1,38E-02	1,38E-02	7,17E-07	1,67E-06
1,46E-06	1,57E-06	3,47E-03	3,47E-03	4,89E-06	5,26E-06
8,78E-08	1,02E-07	6,48E-03	6,48E-03	1,03E-06	1,19E-06
7,80E-08	7,80E-08	8,31E-03	8,31E-03	1,50E-06	1,49E-06
7,80E-08	0,00E+00	1,49E-02	1,49E-02	4,78E-06	0,00E+00
1,56E-06	6,05E-08	3,67E-03	3,67E-03	5,85E-06	2,27E-07

Tabella 96 – Rischio passeggeri per impatto meccanico dell'aeromobile

Inoltre, sono stati considerati i rischi derivanti dalla presenza di due serbatoi nell'area aeroportuale e, quindi, l'effetto domino per innesco del carburante stoccato (i serbatoi sono fuori terra) e l'esposizione del personale aeroportuale e dei visitatori, noti i flussi che si registrano durante l'anno (cfr. tabella 97).

Presenza di due aree con serbatoi fuori terra per rifornimento

R_crash+flash_T12	R_crash+flash_T30	R_crash+TV_T12	R_crash+TV_T30	R_crash+pool_T12	R_crash+pool_T30
8,76E-08	1,06E-07	8,76E-08	1,06E-07	8,77E-08	1,06E-07
1,81E-07	9,48E-08	1,81E-07	9,48E-08	1,81E-07	9,49E-08
5,60E-09	1,30E-08	5,60E-09	1,30E-08	5,60E-09	1,30E-08
1,52E-07	1,63E-07	1,52E-07	1,63E-07	1,52E-07	1,64E-07
1,71E-08	1,97E-08	1,71E-08	1,97E-08	1,71E-08	1,98E-08
1,94E-08	1,94E-08	1,94E-08	1,94E-08	1,94E-08	1,94E-08
3,47E-08	0,00E+00	3,47E-08	0,00E+00	3,47E-08	0,00E+00
1,72E-07	6,65E-09	1,72E-07	6,65E-09	1,72E-07	6,66E-09

Tabella 97 - - Rischio visitatori e personale di terra per effetto domino

Noti i flussi di passeggeri e visitatori (cfr. Tabella 98):

passeggeri anno	9,40E+06
esposizione visitatori	3,00E+04

Tabella 98 – Flussi di passeggeri e visitatori in transito nell'aeroporto di Bologna (2019)

è possibile stimare i valori dell'indicatore di rischio individuale (cfr. Tabella 99), considerato il danno alle persone esposte, espresso in numero di vittime, indicato nelle figure seguenti (Figure 135 e 136):

Rischio individuale morte per crash ed effetto domino	6,64E-12
--	-----------------

Tabella 99 – Rischio individuale di morte per crash ed effetto domino

raggi di impatto	Vittime								
	[m]	Airbus			Boeing			Canadair	
27	13	14	11	13	7	7	12	13	
65	30	34	25	12	18	18	29	32	
121	57	63	47	23	33	33	54	59	
56	26	29	22	11	15	15	25	27	
96	45	50	38	18	26	26	43	47	
164	77	86	64	31	45	45	73	80	
49	23	26	19	9	13	13	22	24	
137	64	72	54	26	38	37	61	67	
195	91	102	76	37	54	53	86	95	
60	28	31	24	12	17	16	27	29	
103	48	54	40	20	28	28	46	50	
70	33	37	27	13	19	19	31	34	
138	65	72	54	26	38	38	61	67	
109	51	57	43	21	30	30	48	53	
189	89	99	74	36	52	52	84	92	
134	63	70	53	26	37	37	59	66	
213	100	112	84	41	59	58	94	104	
80	38	42	31	15	22	22	35	39	

Figura 135 – Stima del danno (perdita di vite) – Scenari Pool fire

raggi di impatto	Vittime								
	[m]	Airbus			Boeing			Canadair	
23	13	15	11	14	8	7	13	14	
62	30	37	26	14	18	18	31	34	
129	57	68	49	25	34	33	59	62	
53	26	32	23	12	16	15	27	29	
97	45	54	39	20	27	26	46	50	
201	77	93	67	34	46	45	79	85	
46	23	28	20	10	14	14	24	25	
155	64	78	56	29	38	38	66	71	
247	91	110	79	41	55	54	94	101	
57	28	34	24	13	17	17	29	31	
107	48	58	42	22	29	28	50	53	
68	33	40	28	15	20	19	34	36	
156	65	78	56	29	39	38	67	71	
112	51	62	44	23	31	30	53	56	
238	89	107	77	40	53	52	91	97	
150	63	76	55	28	38	37	65	69	
274	100	121	87	45	60	59	103	110	
78	38	45	33	17	22	22	39	41	

Figura 136 -- Stima del danno (perdita di vite) – Scenari Flash fire

5.1.2.2 Event Tree Analysis secondario (crash) T12, T30 ed evoluzione di scenari di incendio compatibili (pool fire e flash fire): valutazione del rischio di perdita di vite umane

A partire dall'analisi dell'impatto meccanico e dagli scenari di fine ramo individuati al 4.1.2 (e differenziati in base al traffico aereo sulle testate T12 e T30), la probabilità d'impatto sull'area individuata ai fini della valutazione del rischio territoriale è stata differenziata in funzione delle curve di isoprobabilità definite nello studio condotto da Sapienza ed ENAC nel 2011, assumendo che la probabilità di impatto sia quantificata come segue:

- Zona ad alta tutela: $p_{imp}=10E-04$
- Zona interna: $p_{imp}=10E-05$
- Zona intermedia: $p_{imp}=10E-06$
- Zona esterna: $p_{imp}=10E-06$ (condizione limite superiore)

A partire dalle condizioni definite mediante la probabilità di crash, gli scenari di innesco della pozza sono compatibili con l'impatto in aree a diversa destinazione d'uso.

Definita la pericolosità, le conseguenze rilevanti sono determinate dall'esposizione di persone esposte al flusso del pericolo.

La prima significativa distinzione da operare nell'ambito della valutazione è legata, quindi, alle caratteristiche del territorio, sintetizzabili in:

1. **aree residenziali** (comprehensive anche delle scuole e dei servizi di pubblica utilità);
2. **aree commerciali e industriali** (escludendo gli insediamenti RIR che vengono analizzati separatamente);
3. **aree industriali RIR** (valutate anche considerando i potenziali effetti domino compatibili con le caratteristiche delle sostanze impiegate, stoccate e prodotte negli stabilimenti), trattate separatamente;
4. aree con presenza di **infrastrutture di servizi** (reti stradali, ferroviarie), valutate separatamente.

Per ciascun aeromobile rappresentativo delle famiglie di aeromobili della flotta presente sull'aeroporto di Bologna, è stata valutata la probabilità di impatto condizionata alla destinazione d'uso dell'area specifica, differenziando, per quanto già esposto, il traffico sulle testate (T12 e T30). Le valutazioni sono riportate per completezza in figura 137 e in figura 138.

T_12 velivolo	SCENARIO 1	SCENARIO 2	SCENARIO 3	zona esterna P(fine ramo)	zona intermedia P(fine ramo)	zona intermedia/alta tutela P(fine ramo)	zona esterna P_crash(fine ramo)	zona intermedia P_crash(fine ramo)	zona intermedia/alta tutela P_crash(fine ramo)
	SERBATOIO LATERALE VOLUME RILASCIATO [I]	SERBATOIO INTERNO VOLUME RILASCIATO [I]	CAPACITA' TOTALE VOLUME RILASCIATO [I]						
	880	6925	29680						
AIRBUS 320 NEO: 29680 L	3,33E-01	3,33E-01	3,33E-01	6,34E-09	6,34E-08	6,34E-07	2,11E-09	2,11E-08	2,11E-07
							2,11E-09	2,11E-08	2,11E-07
							2,11E-09	2,11E-08	2,11E-07
	4770	16730	68150						
AIRBUS 300 B6 FR: 68150 L	3,33E-01	3,33E-01	3,33E-01	6,92E-09	6,92E-08	6,92E-07	2,31E-09	2,31E-08	2,31E-07
							2,31E-09	2,31E-08	2,31E-07
							2,31E-09	2,31E-08	2,31E-07
	3650	42000	97170						
AIRBUS A330: 97170 L	3,33E-01	3,33E-01	3,33E-01	1,35E-10	1,35E-09	1,35E-08	4,51E-11	4,51E-10	4,51E-09
							4,51E-11	4,51E-10	4,51E-09
							4,51E-11	4,51E-10	4,51E-09
	5674	8755	20104						
BOEING 737-300:20104 L	5,00E-01	0,00E+00	5,00E-01	1,46E-08	1,46E-07	1,46E-06	7,28E-09	7,28E-08	7,30E-07
							7,28E-09	7,28E-08	7,30E-07
	26119	8214	42680						
BOEING 757-200: 8214 L	5,00E-01	0,00E+00	5,00E-01	8,78E-10	8,78E-09	8,78E-08	4,39E-10	4,39E-09	4,39E-08
							4,39E-10	4,39E-09	4,39E-08
	45196	22750	90770						
BOEING 767-200: 90770 L	5,00E-01	0,00E+00	5,00E-01	7,80E-10	7,80E-09	7,80E-08	3,90E-10	3,90E-09	3,90E-08
							3,90E-10	3,90E-09	3,90E-08
	38990	22750	117340						
BOEING 777-200: 117340 L	5,00E-01	0,00E+00	5,00E-01	7,80E-10	7,80E-09	7,80E-08	3,90E-10	3,90E-09	3,90E-08
							3,90E-10	3,90E-09	3,90E-08
			10967						
CANADAIR RJ 1000: 10967 L	0,00E+00	0,00E+00	1,00E+00	1,56E-08	1,56E-07	1,56E-06	1,56E-08	1,56E-07	1,56E-06

Figura 137 – Valutazione delle probabilità di impatto in funzione degli aeromobili rappresentativi del traffico aeroportuale e delle zone d'impatto individuate nello studio Sapienza-ENAC 2011 (T_12)

T_30	VOLUME RILASCIATO [I]	VOLUME RILASCIATO [I]	VOLUME RILASCIATO [I]	P(fine ramo)	P(fine ramo)	P(fine ramo)	P_crash(fine ramo)	P_crash(fine ramo)	P_crash(fine ramo)
	880	6925	29680						
AIRBUS 320 NEO: 29680 L	3,33E-01	3,33E-01	3,33E-01	7,69E-09	7,69E-08	7,69E-07	2,56E-09	2,56E-08	2,56E-07
							2,56E-09	2,56E-08	2,56E-07
							2,56E-09	2,56E-08	2,56E-07
	4770	16730	68150						
AIRBUS 300 B6 FR: 68150 L	3,33E-01	3,33E-01	3,33E-01	3,63E-09	3,63E-08	3,63E-07	1,21E-09	1,21E-08	1,21E-07
							1,21E-09	1,21E-08	1,21E-07
							1,21E-09	1,21E-08	1,21E-07
	3650	42000	97170						
AIRBUS A330: 97170 L	3,33E-01	3,33E-01	3,33E-01	3,14E-10	3,14E-09	3,14E-08	1,05E-10	1,05E-09	1,05E-08
							1,05E-10	1,05E-09	1,05E-08
							1,05E-10	1,05E-09	1,05E-08
	5674	8755	20104						
BOEING 737-300:20104 L	5,00E-01	0,00E+00	5,00E-01	1,57E-08	1,57E-07	1,57E-06	7,85E-09	7,85E-08	7,85E-07
							7,85E-09	7,85E-08	7,85E-07
	26119	8214	42680						
BOEING 757-200: 8214 L	5,00E-01	0,00E+00	5,00E-01	1,02E-09	1,02E-08	1,02E-07	5,08E-10	5,08E-09	5,08E-08
							5,08E-10	5,08E-09	5,08E-08
	45196	22750	90770						
BOEING 767-200: 90770 L	5,00E-01	0,00E+00	5,00E-01	7,80E-10	7,80E-09	7,80E-08	3,90E-10	3,90E-09	3,90E-08
							3,90E-10	3,90E-09	3,90E-08
			10967						
CANADAIR RJ 1000:10967 L	0,00E+00	0,00E+00	1,00E+00	6,05E-10	6,05E-09	6,05E-08	6,05E-10	6,05E-09	6,05E-08

Figura 138 – Valutazione delle probabilità di impatto in funzione degli aeromobili rappresentativi del traffico aeroportuale e delle zone d’impatto individuate nello studio Sapienza-ENAC 2011 (T_30)

Una volta definiti gli effetti compatibili con l’innesco della pozza di carburante, le valutazioni che seguono tengono conto degli scenari di impatto sulle aree di interesse, prevedendo l’evoluzione dell’innesco immediato di pozza (pool fire) i cui effetti, in termini di pericolosità, sono funzione del quantitativo di carburante sversato (coerentemente con i tre scenari di rilascio e con i volumi corrispondenti ad ogni aeromobile individuato), delle condizioni meteo-climatiche prevedibili (in questo caso, posto che l’innesco sia individuato nelle sole condizioni di temperatura compatibili e già considerate, le caratteristiche dei venti definiscono l’area di pericolosità per dimensioni e forma) e delle caratteristiche di vulnerabilità dell’area d’impatto.

I risultati di sintesi sono richiamati nelle figure seguenti (cfr. figg. 139 e 140) e differenziati per le testate T12 e T30.

PF T12	zona esterna	zona intermedia	zona alta tutela	POOL FIRE
Scenari rilascio	P_crash(fine ramo)	P_crash(fine ramo)	P_crash(fine ramo)	P_pool fire
	7,07E+08	3,89E+06	2,78E+05	
1	2,11E-09	2,11E-08	2,11E-07	1,00E-03
2	2,11E-09	2,11E-08	2,11E-07	
3	2,11E-09	2,11E-08	2,11E-07	

	zona impatto D5 cemento			zona impatto D5 terreno			zona impatto F2 cemento			zona impatto F2 terreno		
	Elevata letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto
S1 (Raggio area d’impatto)	27	33	37	17	20	23	18	26	31	10	15	18
Raggio impatto (m)												
Superficie impatto (m2)	2290	3421	4301	508	1257	1662	1018	2124	3019	314	707	1018
S2 (Raggio area d’impatto)	65	83	95	41	51	58	53	72	86	31	42	51
Raggio impatto (m)												
Superficie impatto (m2)	13273	21642	28353	5281	8171	10568	8825	16286	23235	3018	5542	8171
S3 (Raggio area d’impatto)	121	157	181	77	98	112	110	146	171	64	87	102
Raggio impatto (m)												
Superficie impatto (m2)	4,60E+04	7,74E+04	1,03E+05	1,86E+04	3,02E+04	3,94E+04	3,80E+04	6,70E+04	9,19E+04	1,29E+04	2,38E+04	3,27E+04

Figura 139 – Valutazioni degli scenari di pericolosità per il pool fire (T_12)

PF T30	zona esterna	zona intermedia	zona alta tutela	POOL FIRE
Scenari rilascio	P_crash(fine ramo)	P_crash(fine ramo)	P_crash(fine ramo)	P_pool fire
	7,07E+08	3,89E+06	2,78E+05	
1	2,56E-09	2,56E-08	2,56E-07	1,00E-03
2	2,56E-09	2,56E-08	2,56E-07	
3	2,56E-09	2,56E-08	2,56E-07	

	zona impatto D5 cemento			zona impatto D5 terreno			zona impatto F2 cemento			zona impatto F2 terreno		
	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto
S1 (Raggio area d'impatto)	27	33	37	17	20	23	18	26	31	10	15	18
Raggio impatto (m)												
Superficie impatto (m2)	2250	3421	4301	908	1257	1662	1018	2124	3019	314	707	1018
S2 (Raggio area d'impatto)	65	83	95	41	51	58	53	72	86	31	42	51
Raggio impatto (m)												
Superficie impatto (m2)	13273	21642	28353	5281	8171	10568	8825	16286	23235	3019	5542	8171
S3 (Raggio area d'impatto)	121	157	181	77	98	112	110	146	171	64	87	102
Raggio impatto (m)												
Superficie impatto (m2)	4,60E+04	7,74E+04	1,03E+05	1,86E+04	3,02E+04	3,94E+04	3,80E+04	6,70E+04	9,19E+04	1,29E+04	2,38E+04	3,27E+04

Figura 140 – Valutazioni degli scenari di pericolosità per il pool fire (T_30)

Per le ipotesi poste, le condizioni di sversamento del carburante su pista restituiscono pericolosità maggiori (in caso di innesco) per effetto del maggior quantitativo di carburante disponibile rispetto allo sversamento su terreno (che presenta caratteristiche di permeabilità migliori).

Il danno conseguente (perdita di vite umane) viene stimato a partire dalla densità demografica presente sulle aree investite in considerazione della destinazione d'uso (cfr. 141 e 142).

zona esterna (r= 15 km)	zona intermedia	zona interna/alta tutela
vittime	vittime	vittime
CLASSE D2, F5		
1E+01	2E+01	
4E+00	7E-01	2E+00
3E+01	1E-05	
3E-02	3E-07	6E+00
5E-01	6E-04	
2E-01	2E-05	6E-05
2E+02	3E+02	
5E+01	1E+01	3E+01
3E-07	5E-07	
9E-08	2E-08	5E-08
5E+02	1E+03	
2E+02	4E+01	1E+02

Figura 141 – Valutazione del danno – Scenari Pool fire (T_12)

zona esterna (r= 15 km)	zona intermedia	zona interna/alta tutela
vittime	vittime	vittime
CLASSE D2, F5		
1E+01	7E-01	
4E+00	7E+00	1E+01
3E+01	4E-07	
3E-02	4E-06	2E+01
5E-01	2E-05	
2E-01	2E-04	3E-04
2E+02	1E+01	
5E+01	1E+02	1E+02
3E-07	2E-08	
9E-08	2E-07	2E-07
5E+02	4E+01	
2E+02	4E+02	5E+02

Figura 142 -- Valutazione del danno – Scenari Pool fire (T_30)

Il contributo al rischio d'area totale risulta (cfr. tabella 100):

Rischio d'area PF_T12	6.96E-08		
Rischio d'area PF_T30	1.71E-07		
Rischio d'area PF	2.41E-07	Tempo di ritorno minimo PF	4.74E+09

Tabella 100 – Rischio d'area per effetto del pool fire

L'effetto del flash fire (incendio della nube di vapori infiammabili in caso di innesco ritardato, dopo l'evaporazione di liquido infiammabile da una pozza) è determinato dall'innesco ritardato della nube di vapori infiammabili, che si sposta e si diluisce sotto l'azione del vento assumendo il carattere di combustione rapidissima.

Anche in questo caso, gli effetti, in termini di pericolosità, sono funzione del quantitativo di carburante sversato, delle condizioni meteo-climatiche prevedibili e delle caratteristiche di vulnerabilità dell'area d'impatto.

I risultati di sintesi sono riportati nelle figure seguenti 143-146 (differenziati per le testate T12 e T30).

FF T12						
Scenari rilascio	zona esterna P_crash(fine ramo)	zona intermedia P_crash(fine ramo)	zona interna/alta tutela P_crash(fine ramo)	FLASH FIRE P_flash fire		
	7,07E+08	3,89E+06	2,78E+05			
1	2,11E-09	2,11E-08	2,11E-07	9,99E-04		
2	2,11E-09	2,11E-08	2,11E-07			
3	2,11E-09	2,11E-08	2,11E-07			

	zona impatto D5			zona impatto F2		
	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto
S1 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	23	34	109	45	53	122
Superficie impatto (m2)	3,00E+02	8,00E+02	2,21E+03	1,00E+03	2,71E+03	9,34E+03
S2 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	62	90	287	134	162	313
Superficie impatto (m2)	2,06E+03	3,23E+03	1,72E+04	2,15E+04	2,89E+04	7,93E+04
S3 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	129	183	563	285	334	595
Superficie impatto (m2)	9,59E+03	1,51E+04	7,92E+04	1,14E+05	1,44E+05	3,46E+05

Figura 143 – Valutazioni degli scenari di pericolosità per il flash fire (T_12): effetto di irraggiamento termico

FF T30						
Scenari rilascio	zona esterna P_crash(fine ramo)	zona intermedia P_crash(fine ramo)	zona interna/alta tutela P_crash(fine ramo)	FLASH FIRE P_flash fire		
	7,07E+08	3,89E+06	2,78E+05			
1	2,56E-09	2,56E-08	2,56E-07	9,99E-04		
2	2,56E-09	2,56E-08	2,56E-07			
3	2,56E-09	2,56E-08	2,56E-07			

	zona impatto D5			zona impatto F2		
	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto
S1 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	23	34	109	45	53	122
Superficie impatto (m2)	3,00E+02	8,00E+02	2,21E+03	1,00E+03	2,71E+03	9,34E+03
S2 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	62	90	287	134	162	313
Superficie impatto (m2)	2,06E+03	3,23E+03	1,72E+04	2,15E+04	2,89E+04	7,93E+04
S3 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	129	183	563	285	334	595
Superficie impatto (m2)	9,59E+03	1,51E+04	7,92E+04	1,14E+05	1,44E+05	3,46E+05

Figura 144 – Valutazioni degli scenari di pericolosità per il flash fire (T_30): effetto di irraggiamento termico

	zona impatto D5			zona impatto F2		
	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto
S1 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	34	82	188	54	99	183
Superficie impatto (m2)	8,00E+02	1,40E+03	5,08E+03	2,74E+03	6,90E+03	1,70E+04
S2 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	91	214	487	163	266	433
Superficie impatto (m2)	3,20E+03	1,10E+04	3,93E+04	2,95E+04	6,25E+04	1,30E+05
S3 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	186	430	911	336	512	801
Superficie impatto (m2)	1,52E+04	5,18E+04	1,69E+05	1,46E+05	2,79E+05	5,48E+05

Figura 145 – Valutazioni degli scenari di pericolosità per il flash fire (T_12): effetto di dispersione prodotti tossici (Toxic Threat Zone)

	zona impatto D5			zona impatto F2		
	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto
S1 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	34	82	188	54	99	183
Superficie impatto (m2)	8,00E+02	1,40E+03	5,08E+03	2,74E+03	6,90E+03	1,70E+04
S2 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	91	214	487	163	266	433
Superficie impatto (m2)	3,20E+03	1,10E+04	3,93E+04	2,95E+04	6,25E+04	1,30E+05
S3 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	186	430	911	336	512	801
Superficie impatto (m2)	1,52E+04	5,18E+04	1,69E+05	1,46E+05	2,79E+05	5,48E+05

Figura 146 – Valutazioni degli scenari di pericolosità per il flash fire (T_30): effetto di dispersione prodotti tossici (Toxic Threat Zone)

Gli scenari di incendio della nube di vapori sono differenziati rispetto alle condizioni meteorologiche selezionate come rappresentative dell'area ma non direttamente rispetto alla superficie sulla quale avviene il rilascio. Gli aspetti connessi alla superficie sulla quale si verifica lo sversamento sono implicitamente considerati nella quantità di carburante disponibile all'evaporazione e alla formazione della nube.

Il danno conseguente (perdita di vite umane) per effetto degli scenari indicati viene stimato a partire dalla densità demografica presente sulle aree investite in considerazione della destinazione d'uso (cfr. 147 e 148).

zona esterna (r= 15 km) vittime	zona intermedia vittime	zona interna/alta tutela vittime
CLASSE D2, F5		
4E+00	8E-05	
1E+00	3E-06	7E-01
2E+01	5E+01	
8E+00	2E+00	5E+00
1E+02	2E+02	
4E+01	7E+00	2E+01

Figura 147 – Valutazioni del danno (perdita di vite umane) per il pool fire (T_12)

zona esterna (r= 15 km)	zona intermedia	zona interna/alta tutela
vittime	vittime	vittime
CLASSE D2, F5		
4E+00	3E-06	
1E+00	3E-05	3E+00
2E+01	2E+00	
8E+00	2E+01	2E+01
1E+02	8E+00	
4E+01	8E+01	1E+02

Figura 148 – Valutazioni del danno (perdita di vite umane) per il pool fire (T_30)

Il contributo al rischio d'area totale risulta:

Rischio d'area FF_T12	1.68E-07		
Rischio d'area FF_T30	8.75E-08		
Rischio d'area FF	2.55E-07	Tempo di ritorno minimo FF	4.74E+09

Tabella 101 – Contributo al Rischio d'area del Flash fire

5.1.2.3 Event Tree Analysis secondario per aree con impianti RIR (per gli scenari evolutivi di pool fire e flash fire) e per gli scenari indotti da effetto domino: valutazione del rischio di perdita di vite umane

La presenza di impianti RIR nell'area oggetto di studio ha evidenziato la necessità di effettuare un'attenta analisi delle condizioni compatibili con l'effetto domino.

I modelli di analisi e i risultati di sintesi, in termini di indicatore di rischio, delle valutazioni sono inerenti:

- Eventi Iniziatori del flusso del pericolo consistenti nell'impatto meccanico dell'aeromobile e negli scenari evolutivi compatibili con l'innesco immediato di pozza (a seguito dello sversamento del carburante per compromissione dell'integrità dei serbatoi dell'aeromobile) che implicano, per rottura meccanica o per effetto dell'irraggiamento termico in prossimità di parti dell'impianto dove sono presenti sostanze pericolose, l'evoluzione degli scenari primari in scenari secondari caratterizzati dall'effetto domino per i quali la causa che determina l'evoluzione del flusso del pericolo compatibile con le condizioni di esercizio dell'impianto RIR è determinata da un evento iniziatore primario riconducibile al traffico aeroportuale ed incide, quindi, in termini di probabilità di accadimento degli eventi derivati, che sono già caratterizzati nei PEE e che tengono in considerazione le caratteristiche delle sostanze presenti nell'impianto RIR ai fini dell'analisi di rischio e della conseguente gestione delle emergenze.

Il gruppo di eventi costituisce evoluzione specifica di scenari incidentali distinti in accordo con il modello logico di Event Tree Analysis sotteso alle valutazioni quantitative.

Per gli scenari di rilascio compatibili con le caratteristiche degli impianti analizzati, sia in caso di rottura per irraggiamento termico che in caso di rottura per crash dell'aeromobile, i rilasci non coinvolgono i serbatoi (interrati). Le aziende RIR non si trovano sulle rotte di sorvolo delle piste T12 e T30, quindi, l'assunzione nelle valutazioni proposte è da ritenersi cautelativa. Inoltre, l'impianto più prossimo alle rotte si trova a distanza pari a 2,6 km (Stabilimento D.G.). Sempre a scopo cautelativo, vengono considerati tutti gli impianti elencati e caratterizzati al §3 per verificare, ridefinite le probabilità degli eventi incidentali determinati dall'innesco per impatto meccanico dell'aeromobile o per sollecitazione termica conseguente, le condizioni di pericolosità specifica derivanti dall'innesco di sostanze aventi caratteristiche differenti dal carburante avio fin qui considerato (effetto domino).

Nel caso in cui le condizioni di pericolosità indotte dal crash dell'aeromobile, con eventuale innesco secondario di pool fire o innesco ritardato di flash fire, non siano tali da attivare eventi conseguenti che coinvolgano le sostanze pericolose presenti negli impianti RIR (assenza di effetto domino), le valutazioni di rischio, ai fini dell'analisi specifica, considerano gli effetti generati dalla pericolosità caratteristica degli incidenti riguardanti esclusivamente gli aeromobili sulle persone esposte (addetti presenti negli impianti).

I risultati complessivi dell'analisi sono riportati nella tabella 102 dove, in corrispondenza degli eventi di crash dell'aeromobile, innesco di pool fire per sversamento del carburante, innesco ritardato di flash fire per evaporazione della pozza, vengono indicate le probabilità di accadimento e i tempi di ritorno specifici.

I contributi di rischio all'indicatore di rischio totale d'area vengono computati come addendi del valore complessivo ed assumono significato, ai fini dell'analisi, solo in questi termini, rappresentando addendi (contributi parziali) del valore atteso del danno.

Eventi Iniziatori (EI)	Probabilità P(EI)	Tempi di ritorno T_R
Crash area industriale RIR	4.47E-09	2.24E+08
Flash Fire area industriale RIR	4.47E-12	2.24E+11
Pool Fire area industriale RIR	4.47E-12	2.24E+11

Tabella 102 – Eventi Iniziatori (primari e secondari) dell'incidentalità aeroportuale (senza effetto domino)

L'ipotesi di effetto domino ha, invece, come oggetto di analisi la modulazione della probabilità di accadimento degli eventi incidentali già assunti per le verifiche contenute nei PEE degli impianti RIR. Il risultato complessivamente restituisce indicatori di rischio più bassi rispetto a quelli valutati nei PEE poiché, a parità di danno indotto, la probabilità che l'evento venga innescato per effetto del crash o dell'irraggiamento termico di un aeromobile è mediamente due ordini di grandezza inferiore alla probabilità che gli stessi eventi siano innescati da condizioni specifiche di "malfunzionamento" dell'impianto.

Nella tabella seguente (103) è rappresentato il quadro sinottico delle valutazioni effettuate per eventi derivati da effetto domino, ciascuna caratterizzata analiticamente mediante un contributo specifico all'indicatore di rischio territoriale.

DENOMINAZIONE IMPIANTO RIR	RISCHIO TOTALE IMPIANTO R_{TOT}	TEMPO DI RITORNO T_R
STABILIMENTO BEYFIN S.p.A BOLOGNA (ART 6 D.LGS. 334/99)	1.00E-08	1.99E+08
STABILIMENTO G.D. DEPOSITO E DISTRIBUZIONE MERCI S.r.l. SALA BOLOGNESE (ART 6 D.LGS. 334/99)	2.26E-09	5.55E+07
STABILIMENTO LINDE GAS ITALIA S.r.l. SALA BOLOGNESE (ART 6 D.LGS. 334/99)	2.64E-09	9.46E+06
DEPOSITO GPL ED OLI MINERALI L'EMILGAS S.r.l. BOLOGNA (ART 8 D.LGS. 334/99)	NON SI REGISTRANO DANNI A SEGUITO DEGLI EVENTI INIZIATORI PRESENTI NEL PEE	1.50E+07
STABILIMENTO MATERIE ESPLODENTI BASCHIERI & PELLEGRINI S.p.a. CANTESANO	8.48E-07	1.30E+07
DEPOSITO F.LLI RENZI LOGISTICA S.r.l. CASTEL MAGGIORE (BO)	4.39E-09	1.22E+07
STABILIMENTO LIQUIGAS S.p.a. VALSAMOGGIA (BO)	9.87E-10	7.78E+06
STABILIMENTO CHIMICO BRENTAG ITALIA S.P.A. BENTIVOGLIO (BO)	2.58E-15	7.41E+06

Tabella 103 – Valori Indicatore di Rischio Totale e Tempo di Ritorno per impianti RIR

Il contributo al rischio d'area totale risulta (cfr. tabella 104):

Rischio d'area RIR **8.67E-07** Tempo di ritorno RIR **1.58E+06**

Tabella 104 – Contributo all'indicatore di Rischio d'area per effetto di impianti RIR

5.1.2.4 Event Tree Analysis crash secondario (area intermedia/esterna con insediamenti urbani): valutazione del rischio di perdita di vite umane

Partendo dalla distribuzione delle superfici in funzione della destinazione d'uso del suolo nell'area oggetto di studio, sono state definite la probabilità d'impatto specifiche degli aeromobili che insistono sull'aeroporto, con traffico aereo differenziato rispettivamente per la testata T 12 e per la testata T 30 (cfr. Tabelle 105 e 106).

	zona esterna (r= 15 km) area (m ²)	zona intermedia (area m ²)	zona interna/alta tutela area (m ²)
area residenziale	5,13E+07	1,14E+04	0,00E+00

Tabella 105 – Distribuzione superfici in funzione della destinazione d'uso nell'area di studio (T 12)

	zona esterna (r= 15 km) area (m ²)	zona intermedia (area m ²)	zona interna/alta tutela area (m ²)
area residenziale	5,13E+07	3,34E+05	0,00E+00

Tabella 106 – Distribuzione superfici in funzione della destinazione d'uso nell'area di studio (T 30)

Il modello di analisi, applicato alle condizioni descritte, prevede che gli scenari di pericolosità, generati dall'impatto meccanico dell'aeromobile con conseguente innesco immediato di incendi da pozza, innesco ritardato di incendi da nube, dispersione di prodotti tossici senza innesco, siano verificati nelle aree residenziali individuate dalla mappatura territoriale della provincia di Bologna, siano attribuiti i valori di densità demografica coerenti con gli ultimi dati disponibili, sia considerato, cautelativamente, un incremento del 20% di tali valori, e siano ipotizzate condizioni di esposizione derivanti dal Modello di Coburn, adottato tipicamente per valutare l'esposizione in zone residenziali all'effetto di un evento naturale (sisma, inondazione, dissesto idrogeologico).

	zona impatto D5 cemento			zona impatto D5 terreno			zona impatto F2 cemento			zona impatto F2 terreno		
	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto
S1 (Raggio area d'impatto)												
Raggio impatto (m)	27	33	37	17	20	23	18	26	31	10	15	18
Superficie impatto (m2)	2290	3421	4301	908	1257	1662	1018	2124	3019	314	707	1018
S2 (Raggio area d'impatto)												
Raggio impatto (m)	65	83	95	41	51	58	53	72	86	31	42	51
Superficie impatto (m2)	13272	21642	28353	5281	8171	10568	8825	16286	23235	3019	5542	8171
S3 (Raggio area d'impatto)												
Raggio impatto (m)	121	157	181	77	98	112	110	146	171	64	87	102
Superficie impatto (m2)	4,60E+04	7,74E+04	1,03E+05	1,86E+04	3,02E+04	3,94E+04	3,80E+04	6,70E+04	9,19E+04	1,29E+04	2,38E+04	3,27E+04

Tabella 107 – Pool Fire: definizione Aree di pericolosità (D5, F2, cemento, suolo – Testata T12)

	zona impatto D5			zona impatto F2		
	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto
S1 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	23	34	109	45	53	122
Superficie impatto (m2)	3,00E+02	8,00E+02	2,21E+03	1,00E+03	2,71E+03	9,34E+03
S2 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	62	90	287	134	162	313
Superficie impatto (m2)	2,06E+03	3,23E+03	1,72E+04	2,15E+04	2,89E+04	7,93E+04
S3 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	129	183	563	285	334	595
Superficie impatto (m2)	9,59E+03	1,51E+04	7,92E+04	1,14E+05	1,44E+05	3,46E+05

Tabella 108 – Flash Fire: definizione Aree di pericolosità (D5, F2 – Testata T12)

	zona impatto D5			zona impatto F2		
	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto
S1 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	34	82	188	54	99	183
Superficie impatto (m2)	8,00E+02	1,40E+03	5,08E+03	2,74E+03	6,90E+03	1,70E+04
S2 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	91	214	487	163	266	433
Superficie impatto (m2)	3,20E+03	1,10E+04	3,93E+04	2,95E+04	6,25E+04	1,30E+05
S3 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	186	430	911	336	512	801
Superficie impatto (m2)	1,52E+04	5,18E+04	1,69E+05	1,46E+05	2,79E+05	5,48E+05

Tabella 109 – Flash Fire (Toxic Threat Zone): definizione Aree di pericolosità (D5, F2 – Testata T12)

	zona impatto D5 cemento			zona impatto D5 terreno			zona impatto F2 cemento			zona impatto F2 terreno		
	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto
S1 (Raggio area d'impatto)												
Raggio impatto (m)	27	33	37	17	20	23	18	26	31	10	15	18
Superficie impatto (m2)	2290	3421	4301	908	1257	1662	1018	2124	3019	314	707	1018
S2 (Raggio area d'impatto)												
Raggio impatto (m)	65	83	95	41	51	58	53	72	86	31	42	51
Superficie impatto (m2)	13273	21642	28353	5281	8171	10568	8825	16286	23235	3018	5542	8171
S3 (Raggio area d'impatto)												
Raggio impatto (m)	121	157	181	77	98	112	110	146	171	64	87	102
Superficie impatto (m2)	4,60E+04	7,74E+04	1,03E+05	1,86E+04	3,02E+04	3,94E+04	3,80E+04	6,70E+04	9,19E+04	1,29E+04	2,38E+04	3,27E+04

Tabella 110 – Pool Fire: definizione Aree di pericolosità (D5, F2, cemento, suolo – Testata T30)

	zona impatto D5			zona impatto F2		
	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto
S1 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	23	34	109	45	53	122
Superficie impatto (m2)	3,00E+02	8,00E+02	2,21E+03	1,00E+03	2,71E+03	9,34E+03
S2 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	62	90	287	134	162	313
Superficie impatto (m2)	2,06E+03	3,23E+03	1,72E+04	2,15E+04	2,89E+04	7,93E+04
S3 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	129	183	563	285	334	595
Superficie impatto (m2)	9,59E+03	1,51E+04	7,92E+04	1,14E+05	1,44E+05	3,46E+05

Tabella 111 – Flash Fire: definizione Aree di pericolosità (D5, F2 – Testata T30)

	zona impatto D5			zona impatto F2		
	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto	Elevata letalità area di impatto	Inizio letalità area di impatto	Lesioni irreversibili area di impatto
S1 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	34	82	188	54	99	183
Superficie impatto (m2)	8,00E+02	1,40E+03	5,08E+03	2,74E+03	6,90E+03	1,70E+04
S2 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	91	214	487	163	266	433
Superficie impatto (m2)	3,20E+03	1,10E+04	3,93E+04	2,95E+04	6,25E+04	1,30E+05
S3 (Raggio area d'impatto)						
Raggio impatto (m)	186	430	911	336	512	801
Superficie impatto (m2)	1,52E+04	5,18E+04	1,69E+05	1,46E+05	2,79E+05	5,48E+05

Tabella 112 – Flash Fire (Toxic Threat Zone): definizione Aree di pericolosità (D5, F2 – Testata T30)

I risultati di sintesi, di seguito riportati, individuano il contributo specifico al rischio d'area indotto dall'effetto di eventi incidentali originati dal traffico aeroportuale con evoluzioni di incendi e dispersioni ai quali siano esposte aree residenziali. La stima del danno (perdita di vite umana) associato a tali scenari è indicata nelle valutazioni specifiche, sviluppate ai paragrafi precedenti.

Rischio residenziale totale PF_T12	5.88E-10
Rischio residenziale totale FF_T12	3.22E-10
Rischio residenziale totale TTZ_T12	5.40E-10

Tabella 113 – Rischio residenziale (derivante da Crash, Pool Fire, Flash Fire e Toxic Threat Zone), T 12

Rischio residenziale totale PF_T30	1.71E-09
Rischio residenziale totale FF_T30	3.28E-10
Rischio residenziale totale TTZ_T30	1.36E-09

Tabella 114 – Rischio residenziale (derivante da Crash, Pool Fire, Flash Fire e Toxic Threat Zone), T 30

da cui discende:

Rischio residenziale totale	4.85E-09	Tr	2.32E+10
------------------------------------	-----------------	-----------	-----------------

Tabella 115 – Rischio residenziale totale e relativo Tempo di Ritorno

5.1.2.5 Event Tree Analysis (crash secondario e evoluzione in pool fire e flash fire) stradale (per gli scenari che interessano le infrastrutture di mobilità): valutazione del rischio di perdita di vite umane

L'analisi della rete di mobilità stradale (cfr. § 1.6) ha indicato le infrastrutture potenzialmente esposte all'evoluzione di incidenti indotti dall'impatto meccanico dell'aeromobile e da possibili fenomeni di innesco derivanti (pool fire e flash fire). Le infrastrutture interessate presentano caratteristiche tipologiche differenti, in relazione ai collegamenti garantiti (comunali, provinciali, extraregionali), con livelli di servizio definiti in termini di volume e composizione del traffico rilevato.

L'approccio alla modellazione richiede che siano considerati gli effetti indotti dall'impatto meccanico dell'aeromobile, compatibilmente con i livelli di esercizio delle testate T12 e T30, dall'evoluzione in scenari di pool fire e flash fire primari e dalla realizzazione, per effetto domino, di scenari composti che prevedono la presenza e l'innesco per impatto diretto o per irraggiamento di automezzi ADR.

Per ciascuna tratta di studio sono stati valutati i parametri di traffico necessari.

Il calcolo delle probabilità degli eventi iniziatori derivati da effetto domino per coinvolgimento di mezzi ADR è stato condotto in funzione delle categorie di sostanze pericolose (cfr. tabella 116).

MATERIALE ADR
Liquido infiammabile
Materiale esplosivo
Gas liquefatto infiammabile
Gas tossico

Tabella 116 – Materiale ADR: classificazione

I singoli alberi degli eventi, a partire dagli scenari di impatto meccanico dell'aeromobile che coinvolge un automezzo ADR, sono risolti secondo le indicazioni e i riferimenti bibliografici propri dell'incidentalità stradale, una volta definite le probabilità di accadimento degli eventi iniziatori e prevedono lo sviluppo del flusso del pericolo fino all'individuazione degli scenari di fine ramo che sono singolarmente caratterizzati da livelli di pericolosità e probabilità di accadimento specifici.

Infine, il rischio stradale per solo effetto di impatto meccanico è stato valutato secondo un modello di analisi che tiene conto dell'ingombro dell'aeromobile e dei flussi di traffico sulle reti di mobilità considerate. Le figure seguenti (149- 160) riassumono i passaggi dell'applicazione del modello di analisi.

T12			
Scenari	zona esterna	POOL FIRE	Pimpatto area
rilascio	P_crash(fine ramo)	P_pool fire	
1	2,11E-09	1,00E-03	2,04E-02
2	2,11E-09		
3	2,11E-09		

Figura 149 – Determinazione delle probabilità di impatto sull'area stradale (scenario Pool fire T_12)

raggi di impatto	Vittime								
	Airbus			Boeing			Canadair		
[m]									
27	13	14	11	13	7	7	12	13	
65	30	34	25	12	18	18	29	32	
121	57	63	47	23	33	33	54	59	
56	26	29	22	11	15	15	25	27	
96	45	50	38	18	26	26	43	47	
164	77	86	64	31	45	45	73	80	
49	23	26	19	9	13	13	22	24	
137	64	72	54	26	38	37	61	67	
195	91	102	76	37	54	53	86	95	
60	28	31	24	12	17	16	27	29	
103	48	54	40	20	28	28	46	50	
70	33	37	27	13	19	19	31	34	
138	65	72	54	26	38	38	61	67	
109	51	57	43	21	30	30	48	53	
189	89	99	74	36	52	52	84	92	
134	63	70	53	26	37	37	59	66	
213	100	112	84	41	59	58	94	104	
80	38	42	31	15	22	22	35	39	

Figura 150 – Determinazione del danno (perdita di vite umane) sull'area stradale (scenario Pool fire T_12)

T 30			
Scenari	zona esterna	POOL FIRE	Pimpatto area
rilascio	P_crash(fine ramo)	P_pool fire	
1	2,56E-09	1,00E-03	2,04E-02
2	2,56E-09		
3	2,56E-09		

Figura 151 – Determinazione delle probabilità di impatto sull'area stradale (scenario Pool fire T_30)

raggi di impatto	Vittime								
	Airbus			Boeing			Canadair		
[m]									
27	13	14	11	13	7	7	12	13	
65	30	34	25	12	18	18	29	32	
121	57	63	47	23	33	33	54	59	
56	26	29	22	11	15	15	25	27	
96	45	50	38	18	26	26	43	47	
164	77	86	64	31	45	45	73	80	
49	23	26	19	9	13	13	22	24	
137	64	72	54	26	38	37	61	67	
195	91	102	76	37	54	53	86	95	
60	28	31	24	12	17	16	27	29	
103	48	54	40	20	28	28	46	50	
70	33	37	27	13	19	19	31	34	
138	65	72	54	26	38	38	61	67	
109	51	57	43	21	30	30	48	53	
189	89	99	74	36	52	52	84	92	
134	63	70	53	26	37	37	59	66	
213	100	112	84	41	59	58	94	104	
80	38	42	31	15	22	22	35	39	

Figura 152 – Determinazione del danno (perdita di vite umane) sull'area stradale (scenario Pool fire T_30)

T12			
Scenari rilascio	zona esterna P_crash(fine ramo)	FLASH FIRE P_flash fire	Pimpatto area
1	2,11E-09	9,99E-04	2,04E-02
2	2,11E-09		
3	2,11E-09		

Figura 153 – Determinazione delle probabilità di impatto sull'area stradale (scenario Flash fire T_12)

raggi di impatto [m]	Vittime								
	Airbus			Boeing			Canadair		
23	13	15	11	14	8	7	13	14	
62	30	37	26	14	18	18	31	34	
129	57	68	49	25	34	33	59	62	
53	26	32	23	12	16	15	27	29	
97	45	54	39	20	27	26	46	50	
201	77	93	67	34	46	45	79	85	
46	23	28	20	10	14	14	24	25	
155	64	78	56	29	38	38	66	71	
247	91	110	79	41	55	54	94	101	
57	28	34	24	13	17	17	29	31	
107	48	58	42	22	29	28	50	53	
68	33	40	28	15	20	19	34	36	
156	65	78	56	29	39	38	67	71	
112	51	62	44	23	31	30	53	56	
238	89	107	77	40	53	52	91	97	
150	63	76	55	28	38	37	65	69	
274	100	121	87	45	60	59	103	110	
78	38	45	33	17	22	22	39	41	

Figura 154 – Determinazione del danno (perdita di vite umane) sull'area stradale (scenario Flash fire T_12)

T 30			
Scenari rilascio	zona esterna P_crash(fine ramo)	FLASH FIRE P_flash fire	Pimpatto area
1	2,56E-09	9,99E-04	2,04E-02
2	2,56E-09		
3	2,56E-09		

Figura 155 – Determinazione delle probabilità di impatto sull'area stradale (scenario Flash fire T_30)

raggi di impatto [m]	Vittime								
	Airbus			Boeing			Canadair		
23	11	12	9	11	6	10	11	11	
62	29	33	24	12	17	27	27	30	
129	60	68	51	25	35	57	63	63	
53	25	28	21	10	15	23	26	26	
97	45	51	38	19	27	43	47	47	
201	94	105	79	39	55	89	98	98	
46	22	24	18	9	13	20	22	22	
155	73	81	61	30	43	69	76	76	
247	116	130	97	47	68	109	121	121	
57	27	30	22	11	16	25	28	28	
107	50	56	42	21	29	47	52	52	
68	32	36	27	13	19	30	33	33	
156	73	82	61	30	43	69	76	76	
112	53	59	44	21	31	50	55	55	
238	112	125	93	46	65	106	116	116	
150	70	79	59	29	41	66	73	73	
274	128	144	107	53	75	121	134	134	
78	37	41	31	15	21	35	38	38	

Figura 156 – Determinazione del danno (perdita di vite umane) sull'area stradale (scenario Flash fire T_30)

T12			
Scenari rilascio	zona esterna P_crash(fine ramo)	TOXIC THREAT ZONE P_flash fire	Pimpatto area
1	2,11E-09	9,99E-04	2,04E-02
2	2,11E-09		
3	2,11E-09		

Figura 157 – Determinazione delle probabilità di impatto sull'area stradale (scenario Flash fire TTZ T_12)

raggi di impatto	Vittime								
	Airbus			Boeing			Canadair		
34	13	15	11	14	8	7	13	14	
91	30	37	26	14	18	18	31	34	
186	57	68	49	25	34	33	59	62	
76	26	32	23	12	16	15	27	29	
140	45	54	39	20	27	26	46	50	
287	77	93	67	34	46	45	79	85	
67	23	28	20	10	14	14	24	25	
223	64	78	56	29	38	38	66	71	
350	91	110	79	41	55	54	94	101	
83	28	34	24	13	17	17	29	31	
153	48	58	42	22	29	28	50	53	
99	33	40	28	15	20	19	34	36	
225	65	78	56	29	39	38	67	71	
163	51	62	44	23	31	30	53	56	
338	89	107	77	40	53	52	91	97	
215	63	76	55	28	38	37	65	69	
389	100	121	87	45	60	59	103	110	
113	38	45	33	17	22	22	39	41	

Figura 158 – Determinazione del danno (perdita di vite umane) sull'area stradale (scenario Flash fire TTZ T_12)

T 30			
Scenari rilascio	zona esterna P_crash(fine ramo)	TOXIC THREAT ZONE P_flash fire	Pimpatto area
1	2,56E-09	9,99E-04	2,04E-02
2	2,56E-09		
3	2,56E-09		

Figura 159 – Determinazione delle probabilità di impatto sull'area stradale (scenario Flash fire TTZ T_30)

raggi di impatto [m]	Vittime								
	Airbus			Boeing			Canadair		
34	16	18	13	17	9	9	17	17	
91	43	48	36	17	25	25	44	44	
186	87	98	73	36	51	51	91	91	
76	36	40	30	15	21	21	37	37	
140	66	73	55	27	39	38	68	68	
287	135	151	113	55	79	78	140	140	
67	31	35	26	13	18	18	33	33	
223	105	117	87	43	61	61	109	109	
350	164	184	137	67	96	96	171	171	
83	39	44	33	16	23	23	41	41	
153	72	80	60	29	42	42	75	75	
99	46	52	39	19	27	27	48	48	
225	105	118	88	43	62	61	110	110	
163	76	86	64	31	45	45	80	80	
338	158	177	133	65	93	92	165	165	
215	101	113	84	41	59	59	105	105	
389	182	204	153	75	107	106	190	190	
113	53	59	44	22	31	31	55	55	

Figura 160 – Determinazione del danno (perdita di vite umane) sull'area stradale (scenario Flash fire TTZ T_30)

L'analisi completa, tenendo conto degli effetti suesposti, restituisce i seguenti valori di sintesi dell'indicatore di rischio stradale (tabella 117) che costituisce un addendo dell'indicatore di rischio d'area per l'attività aeroportuale (traffico aeroportuale):

Rischio totale stradale	9.65E-08
Rischio stradale domino	1.90E-09
Rischio totale stradale crash	9.54E-08

Tabella 117 – Componenti dell'indicatore di rischio stradale per effetto del traffico aeroportuale

5.1.2.5 Event Tree Analysis (crash secondario e evoluzione in pool fire e flash fire) ferroviario (per gli scenari che interessano le infrastrutture di mobilità): valutazione del rischio di perdita di vite umane

La valutazione del rischio sull'infrastruttura ferroviaria per effetto dell'attività aeroportuale, è stato condotto ipotizzando che, a seguito di impatto meccanico dell'aeromobile, le conseguenze attese in termini di vittime possano essere ascritte all'effetto dell'energia d'urto e alla pericolosità specifica dell'evoluzione di scenari connessi all'innesco del carburante rilasciato (pool fire e flash fire), secondo il modello di analisi generale e i risultati, in termini di pericolosità specifica, delle simulazioni di pool fire e flash fire utili per definire il rischio d'area.

Definite (cfr. tabella 118) le caratteristiche delle linee ferroviarie presenti nell'area oggetto di analisi, sono stati considerati anche parametri geometrici (ad esempio, lunghezza del convoglio).

LINEE	Treni/giorno	Treni/giorno	Treni/minuto	Passeggeri/ giorno	Passeggeri/ treno-giorno	Esposti/ minuto	Lunghezza convoglio [m]
LINEA AV-AC	48	40	2	8000	167	333	202
LINEA Porretta Terme - Bologna Centrale (SFM1 A)	70	58	3	9316	134	388	82
LINEA Vignola - Bologna Centrale (SFM2 A)	52	43	2	5335	103	222	82
LINEA Poggio Rusco - Bologna Centrale (SFM3 A)	56	47	2	5335	95	222	82
LINEA Ferrara - Bologna Centrale (SFM4 A)	86	72	4	6191	72	258	82
LINEA Modena - Bologna Centrale (SFM5 A)	95	79	4	8979	95	374	82

Tabella 118 – Parametri caratteristici delle linee ferroviarie che insistono nell'area di studio

La probabilità di impatto di un aeromobile sulla linea ferroviaria è stata calcolata assumendo la probabilità di impatto sulla zona esterna (in cui è rilevata la presenza della rete ferroviaria) e la probabilità specifica di impatto sull'area ferroviaria, rispettivamente per il traffico aereo che insiste sulla testata T 12 e sulla testata T 30.

Definite le probabilità di impatto condizionate alle aree in cui è presente la rete ferroviaria, sono state considerate le aree di potenziale impatto derivanti dalle simulazioni di incendio del modello generale.

Assunte le lunghezze rappresentative dei convogli impiegati sulle tratte di interesse, sono state valutate, in funzione dell'esposizione degli utenti del servizio ferroviario, le potenziali vittime.

Le figure seguenti (149- 160) riassumono i passaggi dell'applicazione del modello di analisi.

	Scenari rilascio	zona esterna		P_fin_ferrov T12	T_R_ferrov T12
		P_crash(fine ramo) T_12	P_impatto area ferroviaria T_12		
Airbus A320 B6 Freighter	1	2,11E-09	3,94E-02	8,31E-11	1,20E+10
	2	2,11E-09		8,31E-11	1,20E+10
	3	2,11E-09		8,31E-11	1,20E+10
Airbus A300 B6 Freighter	1	2,31E-09		9,07E-11	1,10E+10
	2	2,31E-09		9,07E-11	1,10E+10
	3	2,31E-09		9,07E-11	1,10E+10
Airbus A330	1	4,51E-11		1,77E-12	5,64E+11
	2	4,51E-11		1,77E-12	5,64E+11
	3	4,51E-11		1,77E-12	5,64E+11
Boeing 737-300	1	7,28E-09		2,86E-10	3,49E+09
	3	7,28E-09		2,86E-10	3,49E+09
Boeing 757-200 Freighter	1	4,39E-10		1,73E-11	5,78E+10
	3	4,39E-10		1,73E-11	5,78E+10
Boeing 767-200	1	3,90E-10		1,53E-11	6,52E+10
	3	3,90E-10		1,53E-11	6,52E+10
Boeing 777-200 LR	1	3,90E-10		1,53E-11	6,52E+10
	3	3,90E-10		1,53E-11	6,52E+10
Canadair					
	3	1,56E-08		6,14E-10	1,63E+09

Figura 161 – Determinazione delle probabilità di impatto sull'area ferroviaria (scenari di rilascio T_12)

	Scenari rilascio	zona esterna		P_fin_ferrov T30	T_R_ferrov T30
		P_crash(fine ramo) T_30	P_impatto area ferroviaria T_30		
Airbus A320 B6 Freighter	1	2,56E-09	3,94E-02	1,01E-10	9,91E+09
	2	2,56E-09		1,01E-10	9,91E+09
	3	2,56E-09		1,01E-10	9,91E+09
Airbus A300 B6 Freighter	1	1,21E-09		4,76E-11	2,10E+10
	2	1,21E-09		4,76E-11	2,10E+10
	3	1,21E-09		4,76E-11	2,10E+10
Airbus A330	1	1,05E-10		4,12E-12	2,42E+11
	2	1,05E-10		4,12E-12	2,42E+11
	3	1,05E-10		4,12E-12	2,42E+11
Boeing 737-300	1	7,85E-09		3,09E-10	3,24E+09
	3	7,85E-09		3,09E-10	3,24E+09
Boeing 757-200 Freighter	1	5,08E-10		2,00E-11	5,00E+10
	3	5,08E-10		2,00E-11	5,00E+10
Boeing 767-200	1	3,90E-10		1,53E-11	6,52E+10
	3	3,90E-10		1,53E-11	6,52E+10
Boeing 777-200 LR	1	0,00E+00		0,00E+00	
	3	0,00E+00		0,00E+00	
Canadair					
	3	6,05E-10		2,38E-11	4,20E+10

Figura 162 – Determinazione delle probabilità di impatto sull'area ferroviaria (scenari di rilascio T_30)

	D5			F2		
Area di danno	Area di danno	Area di danno	Area di danno	Area di danno	Area di danno	
Pool Fire [m]	Flash Fire [m]	Toxic T. Z. [m]	Pool Fire [m]	Flash Fire [m]	Toxic T. Z. [m]	
17	23	34	10	45	54	
41	62	91	31	134	163	
77	129	186	64	285	336	
34	53	76	25	109	134	
60	97	140	48	213	255	
109	201	287	97	409	483	
31	46	67	22	93	116	
89	155	223	76	327	387	
126	247	350	115	479	565	
37	57					
65	107	83	27	120	147	
44	68	153	53	234	278	
90	156	99	33	146	179	
69	112	225	77	329	390	
123	238	338	56	250	296	
86	150	215	112	464	548	
135	274	389	73	316	375	
50	78	113	126	518	613	

Figura 163 – Determinazione delle aree di danno per gli scenari evolutivi di Pool fire, Flash fire e TTZ

Vittime	Vittime	Vittime	Vittime	Vittime	Vittime
17	23	34	10	45	53
41	61	90	31	133	161
76	128	184	63	200	200
34	52	75	25	108	133
59	96	139	48	200	200
108	199	200	96	200	200
31	46	66	22	92	115
88	153	200	75	200	200
125	200	200	114	200	200
64	106	82	27	119	146
44	67	151	52	200	200
89	154	98	33	145	177
68	111	200	76	200	200
122	200	200	55	200	200
85	149	200	111	200	200
134	200	200	72	200	200
50	77	112	125	200	200

Figura 164 – Determinazione del danno (perdita di vite umane) sull'area ferroviaria

I risultati complessivi dell'analisi di rischio per l'ambito territoriale ospitante la rete ferroviaria definiscono un contributo all'indicatore di rischio totale riportato in tabella 119.

Scenario	P(EI)	R _{FERR}
pool fire	1.00E-03	4.17E-10
flash fire	9.99E-04	8.94E-10

toxic t.z.	9.99E-04	9.96E-10
R_{TOT FERR}	2.31E-09	T_R 6.87E+10

Tabella 119 – Valori dell'indicatore di rischio totale e del tempo medio di ritorno dovuto alle attività aeroportuali con effetto sulla rete ferroviaria

E' utile evidenziare che, rispetto al criterio di accettabilità in uso per la verifica delle condizioni di esercizio della rete ferroviaria (in ambiente confinato, galleria), il valore ottenuto rientra nell'intervallo di accettabilità del rischio residuo del sistema. Il criterio è definito sulla valutazione dei rischi ordinari tipici dell'esercizio ferroviario (incendio, deragliamento e collisione) e non prevede la valutazione dei rischi indotti da eventi "catastrofici" di carattere esogeno al sistema. Tuttavia, la verifica in analogia rappresenta un ulteriore elemento di "garanzia" rispetto all'analisi poiché restituisce una condizione di compliance di un evento "straordinario" rispetto alla sicurezza caratteristica del sistema ferroviario.

5.1.3 Conclusioni

In conclusione, le conseguenze attese (**Rischio Totale di perdita di vite umane**) degli incidenti causati da impatto meccanico, sviluppo compiuto di eventi iniziatori compatibili con il rilascio di combustibile e la formazione di pozza o nube e potenziali effetti domino, generati dall'esercizio aeronautico (Masterplan 2030) nell'aeroporto di Bologna, risultano comparabili per estensione territoriale e minori per effetti attesi rispetto a quanto già previsto nelle analisi di sicurezza disponibili e relative all'esercizio di sistemi complessi insistenti sulla medesima area geografica (infrastrutture di viabilità, impianti industriali e impianti RIR).

Infatti, le probabilità di accadimento degli incidenti associabili al traffico aereo, tenuto conto dei movimenti effettuati sulla pista RWY 12/30 (differenziati per le due testate T12 e T 30), sono risultate nettamente inferiori (mediamente di 2-3 ordini di grandezza) rispetto a quelle dell'incidentalità tipica dovuta all'esercizio dei suddetti sistemi complessi, anche nel caso in cui siano state assunte, ove le condizioni specifiche lo consentono, analoghe modalità di rilascio (per quanto specificato, istantaneo per cedimento catastrofico). Conseguentemente, tali incidenti sono risultati caratterizzati da tempi di ritorno molto più lunghi.

In termini comparativi rispetto ai rischi presenti nell'area, tipici dell'attività antropica (impianti industriali, infrastrutture di servizi, ecc.), l'indicatore di rischio ascrivibile alle attività aeroportuali risulta mediamente più basso (a seconda del termine di comparazione, l'effetto indotto dal rischio aeroportuale è di alcuni ordini di grandezza inferiore, come evidenziato nelle trattazioni specifiche – cfr. impianti RIR, Rischio stradale, Rischio ferroviario).

Pertanto, l'esercizio aeroportuale nella realizzazione dell'adeguamento previsto non implica condizioni critiche per la sicurezza delle persone, esprimibili sinteticamente in termini di indicatore di Rischio Totale (residuo), tali da comprometterne la realizzazione, anche considerate, con effetto aggiuntivo migliorativo, le condizioni di gestione dell'impianto richiamate nel piano di emergenza aeroportuale e le modalità di intervento previste nella pianificazione territoriale di emergenza.

La sintesi dei risultati, indicati nella tabella seguente, verifica il criterio soglia (1.00E-04) per il Rischio Totale d'Area (RTA), che tiene conto di tutti i contributi (in termini additivi) della valutazione effettuata, e specifica i tempi di ritorno, distinguendo gli effetti in termini di Rischio Locale Personale (RLP) aeroportuale che rappresenta la probabilità annua di subire gli effetti di un incidente per un soggetto che soggiorni in una particolare area per 24 ore al giorno e per 365 giorni l'anno e il Rischio Totale d'Area che rappresenta il Valore Atteso del Danno compatibile con lo sviluppo completo degli Alberi degli Eventi considerati (cfr. §4.1.1- §4.1.10) e, quindi, degli scenari di fine ramo conseguenti l'evoluzione del flusso del pericolo a partire dagli Eventi Iniziatori costituenti il Gruppo Completo di

Eventi Incompatibili ipotizzati per le condizioni di deviazione del sistema rispetto all'esercizio conforme atteso (cfr. Tabella 120).

Indicatore di Rischio	Valore	Tempo di ritorno (T_R)	Soglia
Rischio totale d'area	1.51E-06	5.24E+07	1.00E-04
RLP aeroportuale ¹⁷	2.10E-08	4.76E+07	

Tabella 120 – Sintesi dei risultati della valutazione di rischio (per la sicurezza)

¹⁷ L'indicatore RLP aeroportuale, che rappresenta il Rischio individuale di morte per gli operatori aeroportuali e non viene, quindi, confrontato con il valore soglia che, invece, rappresenta il rischio totale (Valore Atteso del Danno) accettabile, viene riportato per completezza di analisi. Il contributo al Rischio Totale è stato conteggiato nell'indicatore di Rischio totale d'area

5.2 Rischio ambientale: risultati dell'analisi

Premessa

Vengono proposte le definizioni e le valutazioni dei potenziali effetti ambientali conseguenti all'accadimento degli scenari incidentali fissati. Per semplicità di lettura, i risultati sono sviluppati per singola matrice ambientale, selezionando lo scenario incidentale più gravoso associato al fenomeno.

5.2.1 Componente atmosfera (esposizione a contaminanti rilasciati in atmosfera): effetti sulla salute umana

5.2.1.1 Aspetti generali

Coerentemente all'approccio metodologico e ai modelli di analisi assunti, vengono definiti e valutati i potenziali effetti ambientali conseguenti all'accadimento degli scenari incidentali analizzati. La componente atmosferica, in relazione all'entità e alle caratteristiche del rilascio e della dispersione in aria, viene interessata da emissioni che si originano dall'evaporazione e dalla dispersione del carburante sversato sul terreno a seguito dell'impatto (crash meccanico), e ai prodotti di combustione ottenuti qualora tale sversamento sia seguito da un innesco istantaneo della pozza (pool fire) o da un innesco ritardato della nube (flash fire). Gli inquinanti emessi nella combustione per entrambi i tipi di carburante sono principalmente assimilabili a monossido di carbonio (CO) e particolato (Soot).

Tutti i risultati presentati sono riferibili alle tre condizioni che considerano rilasci compatibili con le quantità di carburante contenute nei serbatoi delle tipologie di aeromobile considerate, assunte le caratteristiche del carburante.

Le curve di isoconcentrazione dedotte dall'analisi sono applicabili ad ogni punto di rilascio nell'area di studio assumendo l'ipotesi di uniformità delle caratteristiche morfologiche della zona. Non si rilevano, infatti, nell'area variazioni plano-altimetriche condizionanti la dispersione che è regolata esclusivamente dalle proprietà chimico-fisiche della sostanza e dalle condizioni meteo-climatiche locali opportunamente studiate nella disponibilità di dati aggiornati al 2019.

5.2.1.2 Modello di analisi

Il software ALOHA, adottato per la simulazione degli scenari di pericolosità a seguito dell'innesco del combustibile, non considera i sottoprodotti della combustione (fumo, particolato, monossido di carbonio). Il software assume l'ipotesi che una nuvola chimica dispersa non reagisca con i gas che compongono l'atmosfera, come l'ossigeno e il vapore l'acqua.

Per tener conto dell'effetto di dispersione dei prodotti tossici, quindi, il modello di analisi è stato definito mediante due step successivi di simulazione: simulazione dell'incendio (primo step) e rilascio di monossido di carbonio (secondo step).

I prodotti della combustione, infatti, potrebbero avere effetti differenti rispetto alla sostanza originariamente rilasciata ed è quindi necessario valutarne l'impatto in termini di pericolosità e di estensione. Pertanto, è necessario stimare l'emissione (ad esempio, produzione di monossido di carbonio equivalente) a partire dai risultati delle simulazioni di incendio (*pool fire* e *flash fire*) del cherosene e successivamente modellare l'evento simulando un rilascio di monossido di carbonio.

Scenari incidentali

L'incendio di carburante è stato considerato come sorgente emissiva di riferimento dalla quale si sviluppano emissioni con potenziali effetti per la salute umana e per la qualità dell'aria, oggetto dei paragrafi seguenti.

Per ciascuno scenario incidentale sono state caratterizzate le sorgenti in modo da definire le quantità degli inquinanti emessi a seguito dell'evento, che saranno elaborate con il software ALOHA in modo da determinarne gli effetti.

Caratterizzazione della sorgente di inquinanti (sorgenti di contaminazione)

Le emissioni sono legate a fenomeni di evaporazione e dispersione in aria del carburante sversato sul terreno a seguito del danneggiamento di uno o più serbatoi come conseguenza di un impatto aereo, e ai prodotti di combustione ottenuti qualora tale sversamento sia seguito da un incendio di pozza o da un flash fire. La pericolosità degli incendi è legata anche ai prodotti dalla combustione. Gli inquinanti emessi durante la combustione del carburante sono principalmente costituiti da monossido di carbonio, che si forma per combustione incompleta o per dissociazione della CO₂, e dal particolato, ossia i fumi composti da piccolissime particelle solide e liquide disperse nei gas prodotti.

Nell'analisi condotta è stato considerato solamente il monossido di carbonio che è associabile alla condizione più pericolosa, per gli effetti indotti sulla salute, in quanto estremamente tossico.

In letteratura tecnica esistono diversi studi che fanno riferimento alla relazione tra la quantità di combustibile bruciato e la quantità di inquinanti emessa. Per semplificazione, è stato quindi preso in considerazione il valore di frazione in volume di monossido di carbonio che rispecchia la condizione peggiore ossia quella in cui la reazione di combustione incompleta del cherosene avviene con eccesso d'aria nullo e con la minor produzione di anidride carbonica. La frazione di volume di monossido di carbonio considerata è pari a 0.06788: il monossido di carbonio che viene rilasciato durante la combustione del cherosene è pari al 6.788% della quantità di combustibile che brucia.

Valori limiti di riferimento per l'inquinante considerato

Per tale inquinante vengono assunti valori limite di riferimento, ovvero valori di criticità per la gestione delle emergenze, stabiliti dall'ERPG (Emergency Response Planning Guideline). I valori limite di ERPGs si riferiscono ad un periodo di esposizione pari ad un'ora e rappresentano stime delle concentrazioni al di sotto delle quali non sono registrati effetti indesiderati sulla salute degli individui esposti.

In particolare:

- **ERPG-1** esprime la massima concentrazione in aria al di sotto della quale la maggioranza dei soggetti può essere esposta per un'ora senza percepire odori legati alla sostanza rilasciata. Il valore limite selezionato per il monossido di carbonio è 200 ppm.
- **ERPG-2** esprime la massima concentrazione in aria al di sotto della quale la maggioranza dei soggetti può essere esposta per un'ora senza manifestare effetti irreversibili per la salute o sintomi che mettono a repentaglio l'abilità dei soggetti ad attuare azioni di prevenzione. Il valore limite selezionato per il monossido di carbonio è 350 ppm.
- **ERPG-3** esprime la massima concentrazione in aria al di sotto della quale la maggioranza dei soggetti può essere esposta per un'ora senza manifestare effetti che mettano a rischio la vita. Il valore limite selezionato per il monossido di carbonio è 500 ppm.

Evento di incendio da pozza (Pool Fire)

Per questo evento sono state determinate le velocità di combustione del carburante al variare della tipologia di suolo. Le simulazioni effettuate degli impatti del monossido di carbonio in atmosfera sono state eseguite, in maniera cautelativa, considerando lo scenario con il maggior quantitativo di carburante che può essere rilasciato, e che può quindi determinare l'emissione di un quantitativo di inquinante maggiore, rappresentando un fattore di impatto più significativo e comprensivo anche delle condizioni riferibili a quantitativi di carburante minori.

	Sversamento su cemento	Sversamento su terreno
Diametro pozza [m]	126.6	73.6
Volume della pozza [l]	117340	117340
Durata dell'incendio [s]	120	300
Portata [kg/s]	843	285
Quantità bruciata [kg]	88075	88075

Tabella 121 – Caratteristiche dello sversamento considerato (rottura catastrofica dei serbatoi su un Boeing 777-200)

Portata di inquinante emesso e tempo di emissione

Dalla percentuale di emissione legata alla combustione sono state ottenute le emissioni di monossido di carbonio espresse in kg/s e ricavati i tempi di emissione considerando il quantitativo di carburante sversato sul suolo e la velocità di combustione, ipotizzando in maniera cautelativa che l'incendio si esaurisca una volta consumato il totale del quantitativo di combustibile sversato.

	Sversamento su cemento	Sversamento su terreno
	CO	CO
Portate emesse [kg/s]	57.24	19.34
Tempo di emissione [s]	120	300

Tabella 122 – Portate emesse e tempi di emissione di monossido di carbonio (rottura catastrofica dei serbatoi di un Boeing 777-200)

Cautelativamente viene considerato per le simulazioni lo sversamento su cemento, in quanto a parità di sostanza sversata presenta valori di portate emesse più alti.

Evento di incendio da Flash Fire

Lo scenario di *Flash Fire* viene ricompreso nello scenario di *Pool Fire* poiché, ad eccezione di un transitorio iniziale in cui la propagazione della fiamma è caratterizzata da una velocità costante (velocità di fiamma), il fenomeno si propaga con velocità convettiva (moto caratterizzato da un alto grado di miscelazione, funzione del regime laminare o turbolento).

Condizioni atmosferiche considerate

Per modellare l'emissione del monossido di carbonio con il software ALOHA sono state considerate le condizioni meteo già esplicitate per gli scenari di flash fire e pool fire, ovvero condizioni atmosferiche fisse, secondo le classi di stabilità atmosferica definite da Pasquill e associate a velocità del vento.

I risultati che vengono riportati di seguito sono ottenuti considerando le classi di stabilità F2, corrispondente a condizioni di atmosfera stabile con una diffusione poco interessata dalla turbolenza atmosferica e con velocità di 2 m/s, e D5, corrispondente a condizioni di neutralità con velocità di 5 m/s. Si evidenzia, in proposito, che la classe D5 (classe di confronto) è rappresentativa di condizioni di rilascio a quota elevata e, quindi, non rispondente all'ipotesi che le sorgenti siano localizzate a terra (per effetto dell'impatto al suolo dell'aeromobile). I risultati ottenuti con questa ipotesi (classe D5) sono utilizzati come condizioni di "controllo" del processo di analisi.

5.2.1.3 Scenari modellati nel software ALOHA

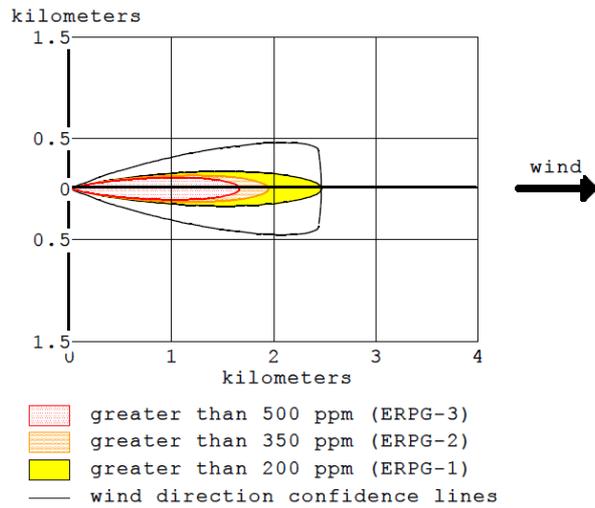
Gli scenari modellati, rappresentativi delle condizioni più gravose (per quantitativo di combustibile sversato), sono sintetizzati nella seguente tabella:

Condizioni atmosferiche	Sversamento su cemento		Sversamento su terreno	
	F2 (classe di riferimento)	D5 (classe di confronto)	F2 (classe di riferimento)	D5 (classe di confronto)
Diametro della pozza [m]		126.6		73.6
Volume della pozza [l]		11734		11734
Kg di cherosene		88075		88075
Portate emesse [kg/s]		57.24		19.34
Tempo di emissione [s]		120		300

Tabella 123 – Scenari simulati (rottura catastrofica dei serbatoi di un Boeing 777-200)

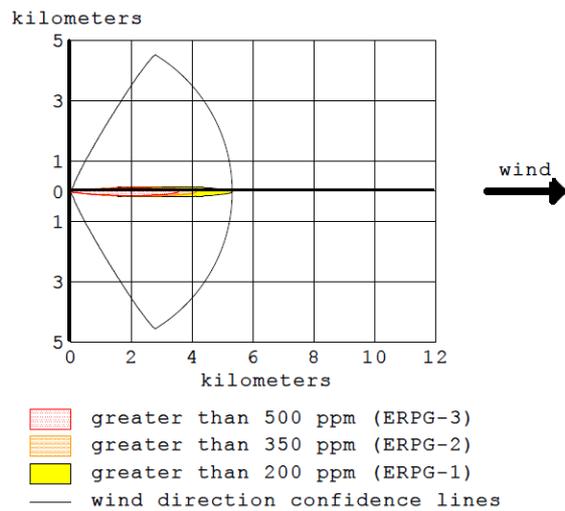
5.2.1.4 Risultati

Si riportato di seguito i risultati delle simulazioni effettuate, in termini di concentrazione di monossido di carbonio in funzione della distanza dal punto di rilascio. Le simulazioni, come sopra specificato, considerano la quantità massima di combustibile che può essere contenuta e quindi rilasciata nelle condizioni più gravose (rottura catastrofica serbatoi Boeing 777-200).



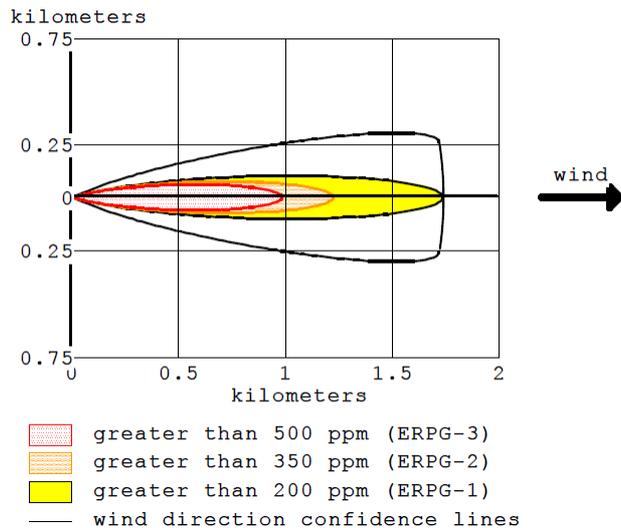
Red : 1.7 kilometers --- (500 ppm = ERPG-3)
Orange: 2.0 kilometers --- (350 ppm = ERPG-2)
Yellow: 2.5 kilometers --- (200 ppm = ERPG-1)

Figura 165 – Concentrazioni di monossido di carbonio da combustione di pozza di cherosene su cemento con condizioni meteo D5



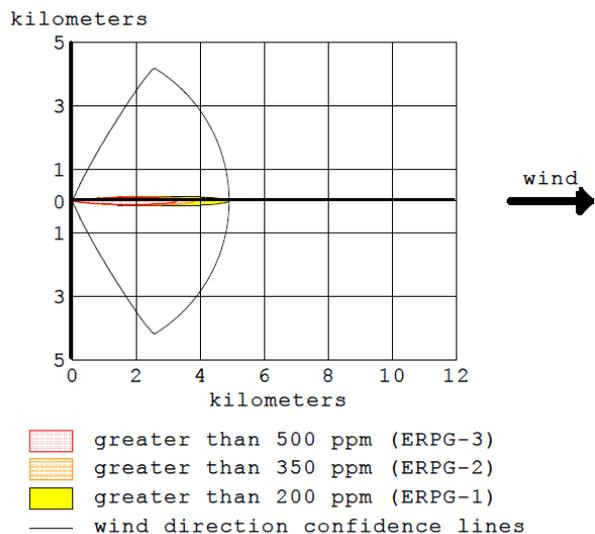
Red : 3.5 kilometers --- (500 ppm = ERPG-3)
Orange: 4.1 kilometers --- (350 ppm = ERPG-2)
Yellow: 5.3 kilometers --- (200 ppm = ERPG-1)

Figura 166 – Concentrazioni di monossido di carbonio da combustione di pozza di cherosene su cemento con condizioni meteo F2



Red : 986 meters --- (500 ppm = ERPG-3)
Orange: 1.2 kilometers --- (350 ppm = ERPG-2)
Yellow: 1.7 kilometers --- (200 ppm = ERPG-1)

Figura 167 – Concentrazioni di monossido di carbonio da combustione di pozza di cherosene su terreno con condizioni meteo D5



Red : 3.3 kilometers --- (500 ppm = ERPG-3)
Orange: 3.8 kilometers --- (350 ppm = ERPG-2)
Yellow: 4.9 kilometers --- (200 ppm = ERPG-1)

Figura 168 – Concentrazioni di monossido di carbonio da combustione di pozza di cherosene su terreno con condizioni meteo F2

Il fenomeno considerato in questo studio, rappresentato dall’emissione di monossido di carbonio dall’incendio del cherosene per effetto di un evento incidentale a seguito di un impatto aereo al suolo, ha una durata limitata nel tempo, coincidente con il tempo di combustione, con emissioni che si registrano per un tempo di **120 secondi** nel caso di pozza su cemento e di **300 secondi** nel caso di pozza su terreno, e comporta concentrazioni piuttosto elevate ma che si dissolvono nell’arco di alcuni minuti riportando brevemente le concentrazioni al di sotto dei valori di soglia considerate (cfr.Figg. 141-143).

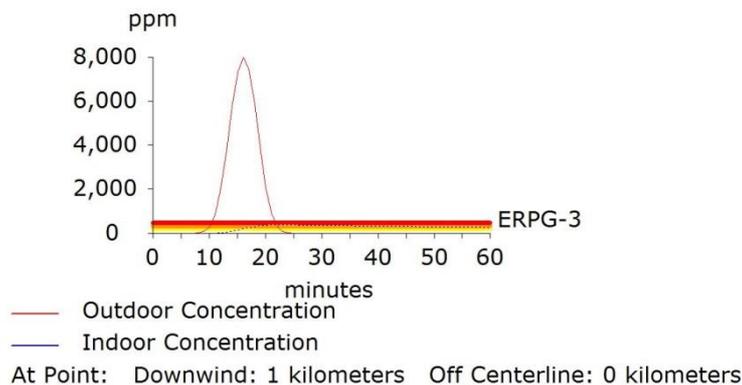


Figura 169 – Concentrazioni a 1 km dalla fonte di dispersione (transitorio con superamento delle soglie inferiore a 30 minuti)

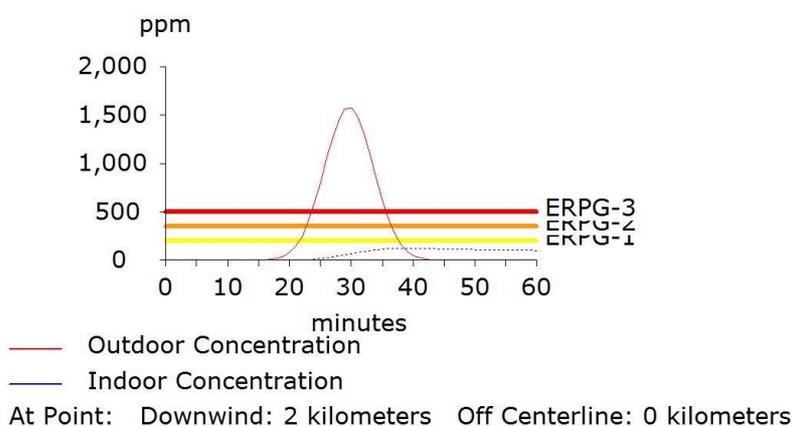


Figura 170 – Concentrazioni a 2 km dalla fonte di dispersione (transitorio con superamento delle soglie inferiore a 30 minuti)

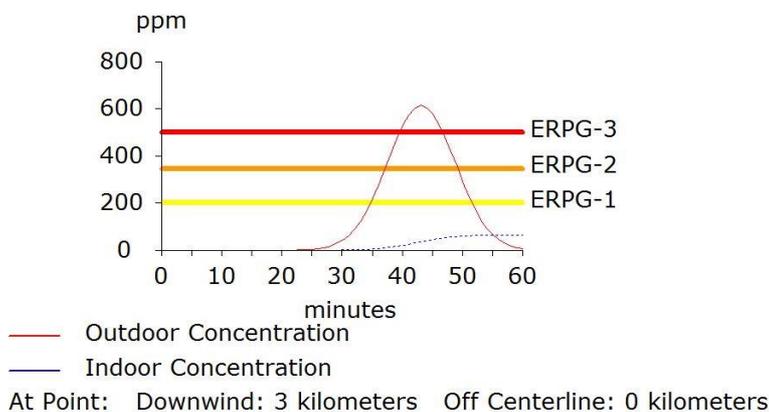


Figura 171 – Concentrazioni a 3 km dalla fonte di dispersione (transitorio con superamento delle soglie inferiore a 50 minuti)

Sulla base dei risultati ottenuti, uno sversamento di cherosene seguito da innesco del combustibile potrebbe determinare rischi per la qualità dell'aria e quindi indirettamente per la salute umana, circoscritti ad un tempo limitato e di facile gestione in una fase emergenziale ordinaria.

Si ribadisce, inoltre, che le curve di isoconcentrazione dedotte dall'analisi sono applicabili ad ogni punto di rilascio nell'area di studio e rappresentate, ai soli fini esplicativi, in corrispondenza di un contesto territoriale urbanizzato sotteso alla curva di isoprobabilità 1E-06 (dedotta dallo studio condotto da Sapienza ed ENAC nel 2011) nel quadrante Sud-Est comprensivo della testata T30 (cfr. Figura 172).



Figura 172 – Rappresentazione delle curve di isoconcentrazione nel quadrante Sud-Est comprensivo della testata T30

5.2.1.5 Commento ai risultati

Gli effetti indotti sulla qualità dell'aria e, indirettamente, sulla salute umana e non ricompresi nel rischio di morte possono ritenersi associati alle emissioni di gas inquinanti a seguito dell'innescò del carburante sversato dai serbatoi di un aeromobile per crash meccanico (impatto al suolo).

Le potenziali emissioni sono state definite in modo quantitativo partendo dall'ipotesi di sversamento dei serbatoi dell'aeromobile rappresentativo della condizione più gravosa (quantitativo massimo disperso). E' stata, quindi, cautelativamente assunta l'ipotesi peggiore, ovvero la rottura di tutti i serbatoi di un aeromobile ed il conseguente sversamento del loro intero contenuto. L'aeromobile caratteristico è rappresentato dal modello Boeing 777-200, in considerazione del maggiore impatto ambientale ad esso associabile.

Mediante il software ALOHA, utilizzato in modo iterativo con due step di simulazione, sono stati ricostruiti gli effetti indotti dallo sversamento massimo sulla qualità dell'aria. Il modello numerico adottato per la dispersione è di tipo gaussiano, in quanto la nube dispersa ha una densità relativa inferiore a quella dell'aria ed è in grado, quindi, di disperdersi in modo "neutro".

Le condizioni atmosferiche per la valutazione delle dispersioni sono state assunte considerando una ipotesi peggiorativa per i rilasci al suolo (ad altezza pari a 1 m), sintetizzata dalla classe di stabilità F (condizioni di atmosfera stabile e turbolenza atmosferica non condizionante la diffusione) e velocità del vento pari a 2 m/s; una seconda ipotesi di neutralità (classe di stabilità 5D) con velocità pari a 5 m/s, assunta a solo scopo di confronto, che non corrisponde all'ipotesi di sorgente emissiva localizzata al suolo. Inoltre, come evidenziato nella presentazione dei risultati, il fenomeno di emissione (legato al tempo di combustione) è circoscritto a pochi minuti e le concentrazioni di monossido di carbonio rientrano al di sotto dei valori limite ERPG (Emergency Response Planning Guide) dopo poche ore dall'accadimento dell'evento.

Per quanto concerne la dispersione senza innesco (Toxic Threat Zone) a partire dagli scenari di rilascio analizzati mediante il modello ETA e simulati con il software ALOHA (cfr. § 5.1), si evidenzia che, compatibilmente con gli eventi che originano dal traffico aereo sulle testate T12 e T30, il fenomeno

presenta valori di Indicatore di Rischio residenziale riportati in tabella 124 e tempi di ritorno definiti, rispettivamente per le due testate, nelle tabelle 125 e 126.

		Tempo di Ritorno (T_R)
Rischio residenziale totale		
TTZ_T12_T30	1.90E-09	3.48E+09

Tabella 124 – Indicatore di Rischio residenziale totale – Toxic Threat Zone (flash fire)

zona esterna	zona intermedia
P_crash(fine ramo)	P_crash(fine ramo)
< 1E-06	1E-06
P_impatto area residenziale	P_impatto area residenziale
2.87E-01	1.14E-02
TOXIC THREAT ZONE	
P_flash fire	
9.99E-04	
P_{TTZ} T12	P_{TTZ} T12
< 2.87E-10	1.14 E-11
TR_{TTZ} T12	TR_{TTZ} T12
> 3.48E+9	8.78E+10

Tabella 125 – Definizione tempi di ritorno Rischio residenziale totale – Toxic Threat Zone (flash fire) T12

zona esterna	zona intermedia
P_crash(fine ramo)	P_crash(fine ramo)
< 1E-06	1E-06
P_impatto area residenziale	P_impatto area residenziale
2.87E-01	6.55E-01
TOXIC THREAT ZONE	
P_flash fire	
9.99E-04	
P_{TTZ} T30	P_{TTZ} T30
< 2.87E-10	6.55 E-10
TR_{TTZ} T30	TR_{TTZ} T30
> 3.48E+9	1.53E+09

Tabella 126 – Definizione tempi di ritorno Rischio residenziale totale – Toxic Threat Zone (flash fire) T30

5.2.2 Componente suolo, sottosuolo e acque sotterranee

5.2.2.1 Premessa

Nel seguente paragrafo vengono valutati gli effetti nel sottosuolo di uno sversamento di combustibile a seguito di un incidente aereo. Lo scenario considerato, che ricomprende tutti gli altri scenari valutati nel modello di analisi di rischio, è quello già descritto nel paragrafo precedente, caratterizzato dall'impatto a terra di un **Boeing 777-200**, individuato come l'aeromobile contenente un quantitativo di carburante superiore agli altri aeromobili, che costituiscono gli aeromobili delle classi di condensazione individuate sulla base del traffico aeroportuale previsto, con conseguente rilascio di combustibile senza innesco dello stesso.

Per tale studio si escludono i casi in cui l'impatto dell'aeromobile avvenga su suoli urbanizzati, caratterizzati da superfici pavimentate nelle quali un eventuale sversamento di combustibile non causerebbe particolari danni alla componente suolo, sottosuolo e acque sotterranee, in quanto verrebbe convogliato nei sistemi fognari ed un tempestivo ed efficace piano di emergenza standard potrebbe consentire l'intercettazione dell'inquinante lungo la rete fognaria.

Di contro, uno sversamento su superfici non pavimentate potrebbe innescare fenomeni di infiltrazione dell'idrocarburo nel sottosuolo. Nello specifico, ai fini della descrizione dei risultati, si considera la superficie che, secondo tale analisi, potrebbe restituire la condizione più critica, ovvero una parte dell'alveo fluviale del fiume Reno posto perpendicolarmente alla pista di atterraggio, in contiguità con la testata 30 della pista stessa.

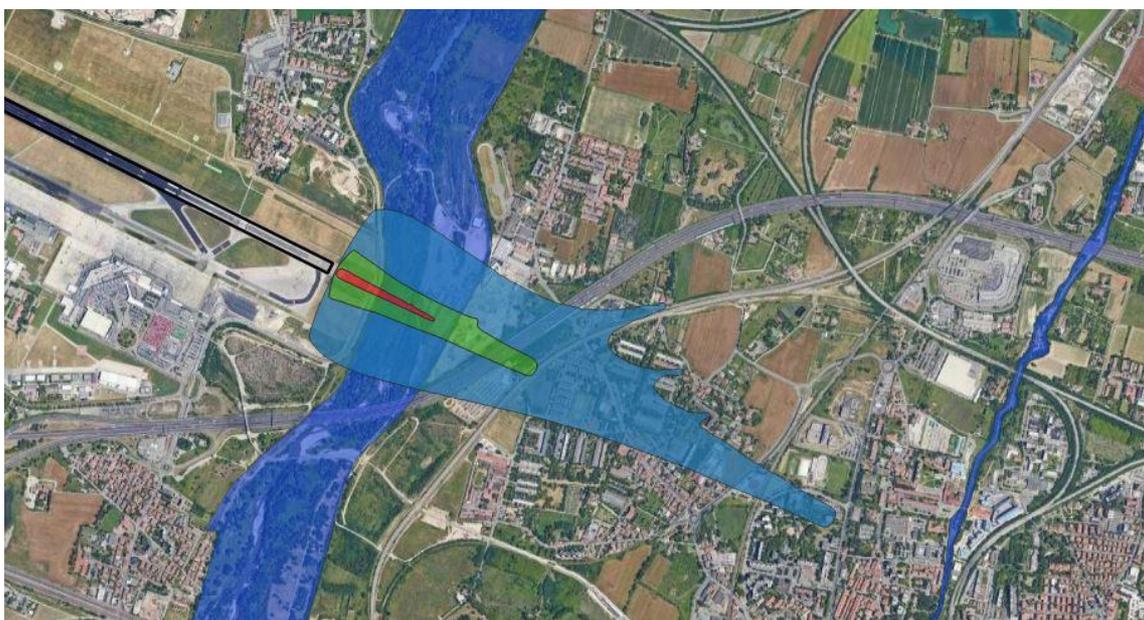


Figura 173 – Parte dell'alveo fluviale del fiume Reno posto perpendicolarmente alla pista di atterraggio

Ai fini della valutazione delle conseguenze ambientali il modello numerico adottato è HSSM¹⁸ (Hydrocarbon Spill Screening Model), sviluppato dalla Environmental Protection Agency (EPA) statunitense. Tale modello è in grado di simulare il flusso e il trasporto dell'idrocarburo dal punto di rilascio posto sulla superficie del terreno fino alla falda freatica e conseguentemente all'interno di essa.

¹⁸ version 1.20a, Release Date September 1997 [fonte: <https://www.epa.gov/water-research/hydrocarbon-spill-screening-model-hssm-windows-version>]

Il modello HSSM tiene conto delle caratteristiche dimensionali del rilascio, quali volume e area di rilascio, delle caratteristiche chimico-fisiche della sostanza rilasciata, quali densità, viscosità dinamica, solubilità e tensione superficiale, delle caratteristiche idrologiche del sito interessato dal rilascio, quali conduttività idraulica, porosità, tipologia di suolo, profondità della falda e infine dei parametri di simulazione.

Il modello si basa su un concetto semplificato di dispersione dell'idrocarburo NAPLs "Non-Aqueous Phase Liquids" nella zona vadosa o insatura, che assume il fenomeno come unidimensionale e verticale, trascurando la dispersione orizzontale. Questa assunzione risulta essere conservativa in quanto si ipotizza che l'intera fase inquinante permei nel sottosuolo in modo verticale e quindi più rapidamente.

Il modulo KOPT (Kinematic Oil Pollutant Transport) integrato nel modello HSSM, modella il comportamento dell'inquinante attraverso gli strati del terreno fino all'interessamento della falda, fornendo indicazioni sul tempo impiegato dall'inquinante a raggiungere la superficie della falda, la velocità di attraversamento degli strati e il tempo necessario all'azzeramento del battente di inquinante. Ciò ha permesso di stimare l'evoluzione spazio-temporale dell'evento, fornendo i campi di concentrazione dell'inquinante, allo scopo di verificare la compatibilità delle azioni di mitigazione e di protezione previste per la gestione delle emergenze e poterne dunque valutare la tempestività, l'efficacia e l'adeguatezza.

5.2.2.2 Caratteristiche geologiche ed idrogeologiche

Le caratteristiche geologiche ed idrogeologiche dell'area di interesse sono state ricavate dal documento "Piano delle Attività Estrattive 2020" adottato con DV/PRO/2020/130 realizzato dal Comune di Bologna. Tale piano, costituito da una relazione tecnica e da un inquadramento geologico ed idrogeologico, interessa la Golena San Vitale e Golena del Lippo situate a pochi metri dall'area oggetto di tale studio e dal quale è stato possibile dunque desumere i dati di input necessari alla modellazione numerica.

L'area è interessata da depositi alluvionali a prevalente matrice sabbiosa-limoso-argillosa dovuta alla presenza del fiume Reno.

La struttura geologica del conoide del Fiume Reno è composta da differenti unità idrogeologiche con un acquifero più superficiale, con spessori fino a 70 m, contraddistinto dall'alternanza verticale di corpi a granulometria grossolana e fine in cui si individua un acquifero multifalda composto da tre falde superficiali ospitate in depositi ghiaiosi-sabbiosi e da una quarta falda più superficiale contenuta in depositi sabbioso fini – limosi – argillosi. L'acquifero si presenta dunque parzialmente saturo, in pressione o anche totalmente insaturo.

Un acquitardo separa l'acquifero superficiale dall'acquifero sottostante, avente uno spessore fino a 160 m, che ospita una falda profonda confinata da un secondo acquitardo con spessore tra i 20 e i 25 metri.

5.2.2.3 Dati di input del modello

Proprietà idrologiche e del terreno

Per l'applicazione del modello, i dati di input inseriti sono fissati partendo da ipotesi conservative. Per quanto riguarda le proprietà idrologiche, si considera il valore della viscosità dinamica pari a 1 cp, il valore di densità pari a 1 g/cm^3 e il valore di tensione superficiale pari a 65 dyne/cm.

L'andamento della curva di pressione nella frangia capillare è espressa dall'equazioni di Brooks e Corey (1964) che mettono in relazione la pressione capillare, la distribuzione della dimensione dei pori e la saturazione residua.

Le proprietà del mezzo poroso utilizzate sono rappresentate nella immagine seguente.

HYDROLOGIC PROPERTIES		POROUS MEDIUM PROPERTIES	
Water dynamic viscosity (cp)	1	Sat'd vert. hydraulic cond. (m/d)	3.5
Water density (g/cm³)	1	Ratio of horz/vert hyd. cond.	1
Water surf. tension (dyne/cm)	65.00	Porosity	0.4
Maximum krw during infiltration	0.5	Bulk density (g/cm³)	1.6
Recharge <input type="radio"/> Average recharge rate (m/d) value: <input checked="" type="radio"/> Saturation 0.2		Aquifer saturated thickness (m)	10
Capillary pressure curve model <input checked="" type="radio"/> Brooks and Corey <input type="radio"/> van Genuchten		Depth to water table (m)	3
Brooks and Corey's lambda	0.2	Capillary thickness parameter (m)	0.01
Air entry head (m)	0.4	Groundwater gradient (m/m)	0.009
Residual water saturation	0.05	Longitudinal dispersivity (m)	10
van Genuchten's alpha (1/m)	0	Transverse dispersivity (m)	1
van Genuchten's n	0	Vertical dispersivity (m)	0.1

Figura 174 – Proprietà idrogeologiche

Un parametro molto importante, che può incidere sui risultati finali della simulazione, è rappresentato dalla conducibilità idraulica verticale. Poiché il terreno in questo caso è costituito in maniera prevalente da una matrice sabbiosa-limoso si è assunto un valore di 3.5 m/d.

Proprietà dell'idrocarburo (LNAPL) e caratteristiche del rilascio

L'inquinante è costituito dall'idrocarburo cherosene le cui informazioni, reperibili dalle schede di sicurezza e dai dati di letteratura, sono riportate nella figura seguente.

HYDROCARBON PHASE PROPERTIES		HYDROCARBON RELEASE	
NAPL density (g/cm³)	0.8	<input type="radio"/> Specified flux	
NAPL dynamic viscosity (cp)	0.8	<input checked="" type="radio"/> Specified volume/area	
Hydrocarbon solubility (mg/L)	0.1	<input type="radio"/> Constant head ponding	
Aquifer residual NAPL saturation	0.5	<input type="radio"/> Variable ponding after const head period	
Vadose zone residual NAPL sat'n.	0.2	NAPL flux (m/d)	0
Soil/water partition coeff. (L/kg)	0.8	Beginning time (d)	0
NAPL surface tension (dyne/cm)	30	Ending time (d)	0
DISSOLVED CONSTITUENT PROPERTIES <input type="checkbox"/> Dissolved constituent exists		Ponding depth (m)	0
Initial constit. conc. in NAPL	8300	NAPL volume/area (m)	0.28
NAPL/water partition coefficient	311	Lower depth of NAPL zone (m)	0.1
Soil/water partition coeff. (L/kg)	0.9		
Constituent solubility (mg/L)	10		
<input type="checkbox"/> Constit. ½-life in aquifer (d)	0.0		

Figura 175 – Proprietà dell'idrocarburo e caratteristiche del rilascio

In figura 176, inoltre, sono riportate le caratteristiche del rilascio: è stato considerato il volume complessivo di carburante contenuto nei serbatoi di un Boeing 777-200 e il diametro di pozza previsto nel caso di sversamento da tutti i serbatoi su una superficie non pavimentata in modo da considerare la condizione con un battente idraulico dell'idrocarburo massimo.

Parametri di simulazione

Relativamente ai parametri di simulazione, il modello HSSM permette di impostare i parametri riferiti alla risoluzione della simulazione, i parametri riferiti ai profili di contaminazione del terreno a diversi intervalli di tempo, i parametri riferiti ad eventuali punti ricettori e i parametri riferiti alla concentrazione di output e all'evoluzione del fenomeno.

Il modello restituisce, dunque, la quantità di NAPL accumulata nei pori della zona vadosa per diversi intervalli di tempo. Per la simulazione oggetto del presente studio sono stati selezionati intervalli di tempo di una settimana per un periodo totale di otto settimane in modo da osservare la profondità raggiunta su periodi sufficientemente lunghi.

Di seguito è riportata la schermata di input del software relativa ai parametri di simulazione inseriti.

SIMULATION CONTROL PARAMETERS

Radius of NAPL lens source (m) . . . 36
Radius multiplication factor 1.001
Max NAPL saturation in NAPL lens3260
Simulation ending time (d) 365
Maximum solution time step (d) 1
Minimum time between printed time steps (d) 0.1

DILENS Simulation ending criterion

User-specified time
 NAPL lens spreading stops
 Max contaminant mass flux into aquifer
 Contaminant leached from lens

Fraction of mass remaining 0.1000E-01

HSSM-T MODEL PARAMETERS

Percent max. contam't radius (%) 101
Minimum output conc'n (mg/L)1000E-02
Beginning time (d) 100
Ending time (d) 365
Time increment (d) 1

Data file: C:\HSSM\BOLOGNA.DAT
 Enable range checking

NAPL LENS PROFILES

Profile	Enter time (d) for each of up to 10 profiles
1	7
2	14
3	21
4	28
5	35
6	42
7	49
8	56
9	
10	

Number of profiles: 8

RECEPTOR WELL LOCATIONS

Well	X (m)	Y (m)
1	10	0
2		
3		
4		
5		
6		

Enter coordinates for each of up to 6 wells

Number of wells: 1

Figura 176 – Parametri di simulazione utilizzati

Stima del danno: concentrazioni di carburante nel suolo

Per valutare l'impatto negli strati del terreno a seguito dello sversamento di carburante sul suolo si è ritenuto necessario stimare le concentrazioni dell'idrocarburo nel suolo e confrontarne i risultati con le Concentrazioni Soglia di Contaminante (CSC) di riferimento¹⁹, distinguendo, quindi, gli effetti in funzione della destinazione d'uso del sito (verde pubblico, privato e residenziale, commerciale e industriale). Nel caso di idrocarburi pesanti le concentrazioni di soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo riferiti alla specifica destinazione d'uso dei siti sono pari a:

- 50 mg/kg per i siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale
- 750 mg/kg per i siti ad uso commerciale e industriale.

La lenta percolazione dell'inquinante all'interno del terreno determina, nello strato superficiale, livelli di saturazione e quindi di concentrazione dell'inquinante superiori alle CSC: i risultati, sintetizzati in tabella, indicano il progressivo interessamento (nel tempo), lungo la verticale (per le ipotesi assunte), di uno strato di terreno (superficiale) fino a profondità di circa 26 cm (in 7-8 settimane dal rilascio) con

¹⁹ D.Lgs. 152/06 Allegato 5, Parte IV, Tabella 1, colonna A – Siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale e colonna B – Siti ad uso Commerciale e Industriale

concentrazioni massime raggiunte nel primo intervallo di tempo considerato (a sette giorni dallo sversamento) quando lo strato di terreno contaminato è pari a circa 22 cm. A un anno dal rilascio lo strato di terreno contaminato è pari a circa 29 cm. L'andamento della concentrazione nel tempo è rappresentato in figura 177.

Giorno	Profondità [cm]	Saturazione [%]	Volume [m3]	Massa [kg]	Concentrazione [mg/kg]	CSC – A [mg/kg]	CSC – B [mg/kg]
7	0,2177	0,3264	0,03264	26,112	2,61E+07	50	750
14	0,2312	0,3062	0,03062	24,496	2,45E+07	50	750
21	0,2392	0,2953	0,02953	23,624	2,36E+07	50	750
28	0,2448	0,2878	0,02878	23,024	2,30E+07	50	750
35	0,2492	0,2823	0,02823	22,584	2,26E+07	50	750
42	0,2528	0,2778	0,02778	22,224	2,22E+07	50	750
49	0,2558	0,2742	0,02742	21,936	2,19E+07	50	750
56	0,2584	0,2712	0,02712	21,696	2,17E+07	50	750
365	0,2916	0,2345	0,02345	18,760	1,88E+07	50	750

Tabella 127 – Concentrazioni di carburante nel suolo (saturazione zona vadosa 30%)

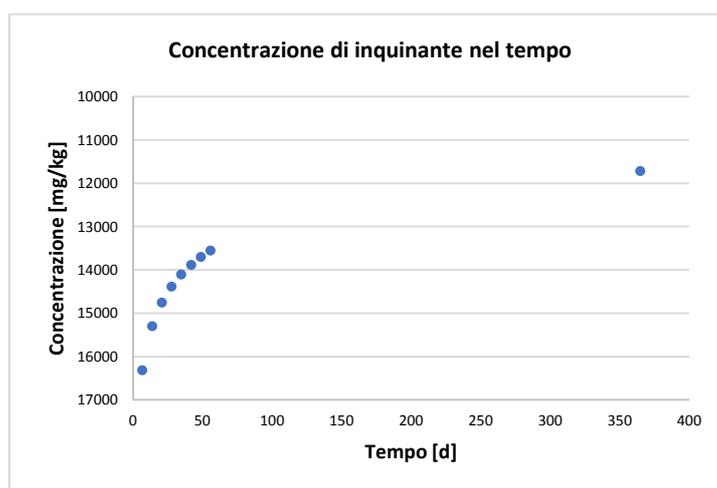


Figura 177 – Andamento della concentrazione di inquinante nel tempo (periodo di simulazione: 1 anno, saturazione zona vadosa 30%)

5.2.2.4 Risultati

L'esecuzione del modulo KOPT, come descritto sopra, fornisce in output i profili di saturazione dell'idrocarburo nella zona vadosa. I risultati presentati in questo lavoro sono relativi ad uno scenario con condizioni più conservative, considerando dunque un suolo sabbioso-limoso e una saturazione in acqua della zona vadosa del 30% corrispondente ad un tasso di piovosità medio.

Per controllo e confronto, le simulazioni sono state condotte assumendo saturazioni in acqua della zona vadosa variabili dal 10% al 60%. E' stato, quindi, valutato che, in linea con le ipotesi poste (piovosità media dell'area oggetto di analisi e caratteristiche litostratigrafiche dello stato vadoso), la condizione più rappresentativa è data dai risultati presentati al paragrafo precedente.

E' stato valutato, quindi, l'evento di rilascio di combustibile in corrispondenza di aree drenanti non pavimentate (fuori pista) con percolazione e permeazione del sottosuolo, fino all'eventuale

interessamento delle falde acquifere con conseguente fenomeno di trasporto dell'inquinante. In particolare, ai fini dell'analisi, sono stati considerati gli effetti rispetto alla posizione della falda, distinguendo in:

- **falde superficiali** (ubiccate mediamente a partire da 3 m di profondità), che potrebbero essere destinate ad uso agricolo/zootecnico. La posizione della falda acquifera (rilevata anche considerate le fluttuazioni stagionali legate a fenomeni meteorologici di ricarica del bacino) e la composizione del terreno (che ha effetto sulle caratteristiche idrogeologiche dell'area) restituiscono una condizione di incompatibilità con l'interessamento della falda superficiale che, quindi, non determina un reale rischio di contaminazione rilevabile a medio/lungo termine.
- **falde profonde** (ubiccate mediamente a 300 m di profondità), interessate da opere di captazione a servizio dell'acquedotto primario della città di Bologna e dei comuni limitrofi (cfr. Figura 157). La posizione della falda acquifera (rilevata anche considerati la natura dell'acquifero e quindi i tempi di ricarica) restituisce una condizione di incompatibilità con l'interessamento della falda profonda che, quindi, non determina alcun rischio di contaminazione rilevabile a medio/lungo termine.

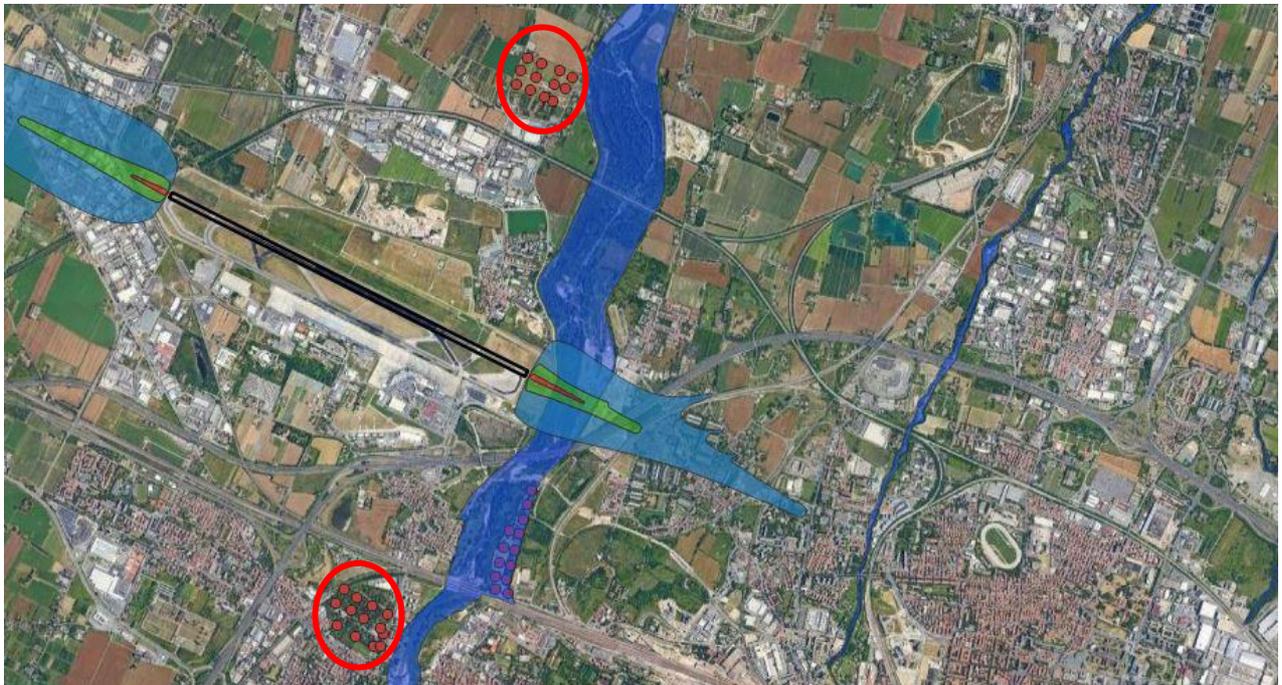


Figura 178 – Ubicazione pozzi profondi

Come riportato in tabella 127, dai risultati della simulazione si evince che nelle prime 8 settimane dallo sversamento l'inquinante percola fino ad una profondità di circa 26 cm dalla quota di rilascio, raggiungendo **condizioni stazionarie**, con una saturazione di poco superiore al 27%. La superficie della falda posta a 3 metri dal piano campagna non risulta, quindi, raggiunta dal contaminante.

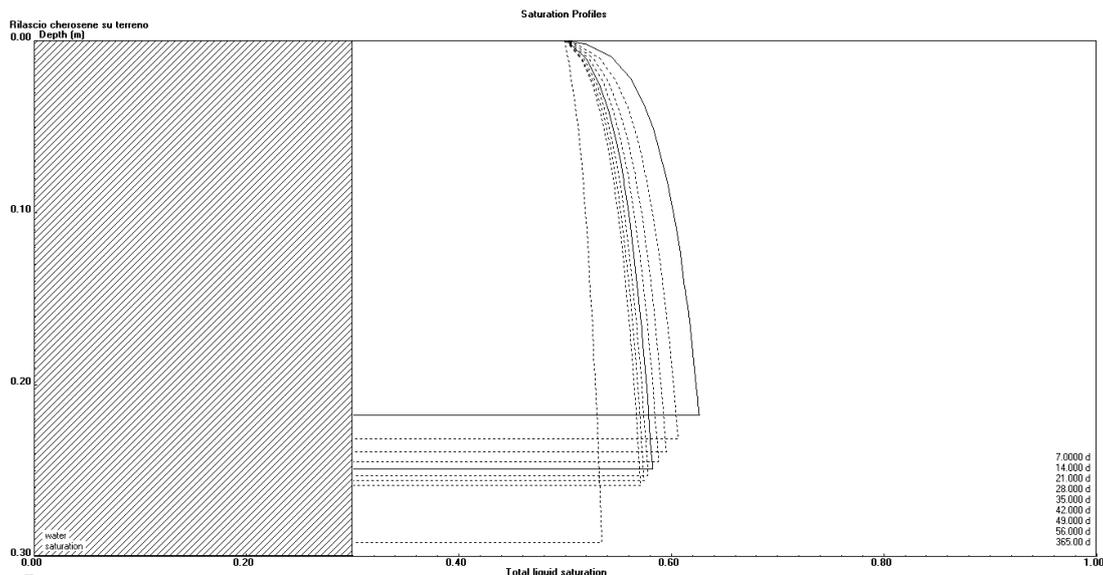


Figura 179 – Profilo di saturazione relativo alle prime 8 settimane dal rilascio con saturazione in acqua della zona vadosa del 30 % (valutazione a 1 anno dal rilascio)

L’attuazione di un intervento di contenimento, previsto in fase di gestione dell’emergenza, consentirebbe dunque di limitare la percolazione dell’inquinante.

Infatti, le indicazioni contenute nella scheda di sicurezza²⁰, in caso di spandimenti sul suolo, indicano le operazioni da realizzare per arginare lo spandimento e la percolazione arginando il prodotto con terra asciutta, sabbia o altro materiale non infiammabile. La contaminazione del terreno richiede, infine, il trattamento dello strato contaminato secondo la tipologia di intervento più idonea, in accordo con le previsioni di legge²¹.

5.2.2.5 Commento ai Risultati

L’analisi effettuata ha consentito di valutare gli effetti sul suolo dovuti a sversamento dell'intero contenuto di combustibile presente nei serbatoi di un aeromobile (Boeing 777-200), considerato rappresentativo delle condizioni più gravose che possono realizzarsi a seguito di crash meccanico su aree non pavimentate (fuori pista).

Il modello di analisi implementato nel codice numerico HSSM, ha restituito simulazioni di impatto con valutazione quantitativa della profondità di percolazione del combustibile sversato in modo da consentire una pianificazione efficace degli interventi di bonifica condotti nella fase di emergenza.

I dati di input assunti ai fini delle simulazioni sono inerenti l'inquadramento idrogeologico e la definizione di tutti i parametri disponibili nel documento Piano delle attività estrattive 2020²².

In funzione della caratterizzazione geologica e idrogeologica disponibili, si è assunta una profondità dello strato insaturo variabile tra 0.5 e 3 m dal piano di riferimento (piano campagna) e litologia prevalente a carattere sabbioso-limoso. Inoltre, rispetto alle caratterizzazioni idrogeologiche, a scopo cautelativo, è stata considerata una soggiacenza di falda pari a 3 m dal piano campagna e, per le condizioni di ricarica, è stata considerata una condizione di piovosità media (saturazione della zona vadosa pari al 30 %), avendo testato che le condizioni limite di scarsa (saturazione 10%) o abbondante (saturazione 60%)

²⁰ Scheda di sicurezza Conforme al Regolamento (CE) n. 1907/2006 e s.m.i.

²¹ All. III, D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152

²² adottato con DV/PRO/2020/130 realizzato dal Comune di Bologna

piovosità non influiscono significativamente sulla stima dello strato di terreno interessato dalla contaminazione per effetto delle caratteristiche di permeabilità dello stesso (cfr. figura 180 e tabella 128).

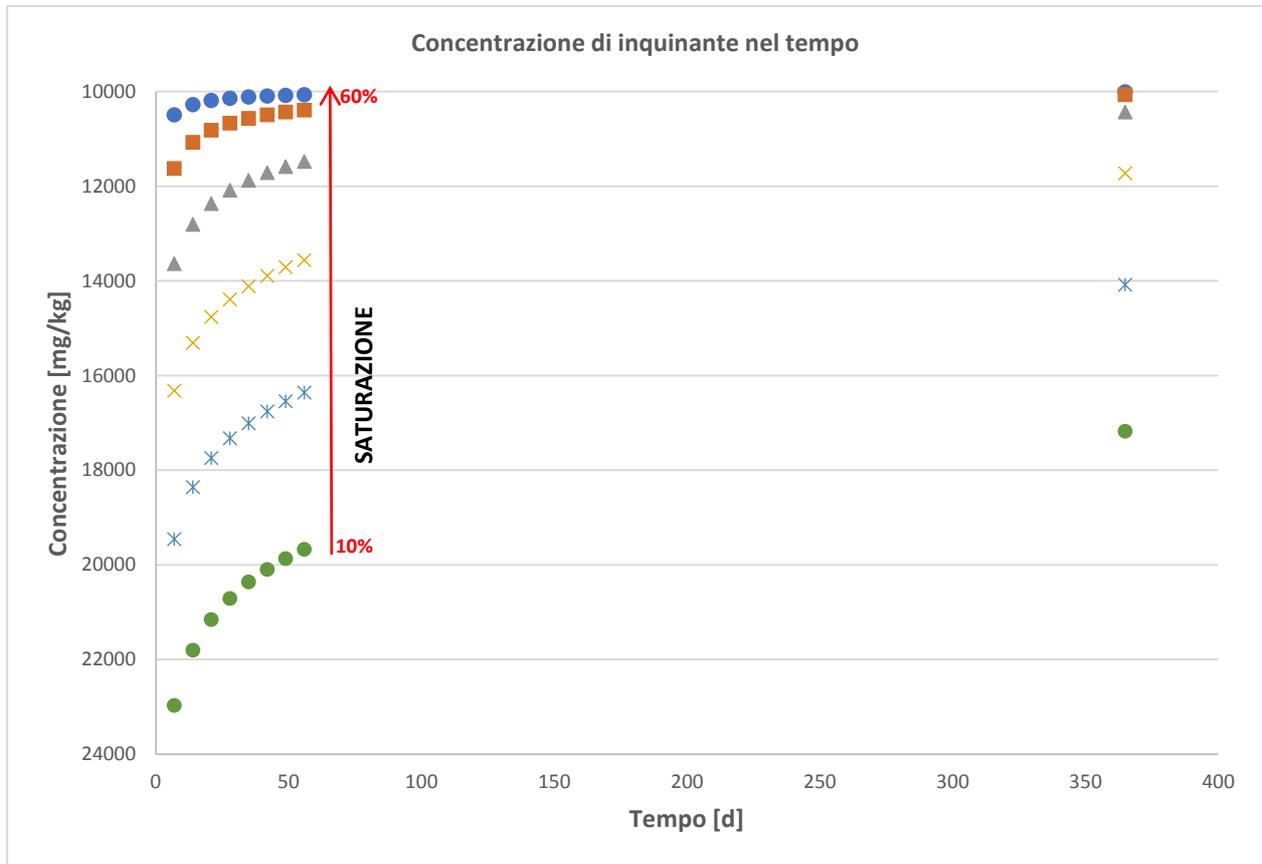


Figura 180 – Andamento delle concentrazioni di inquinante nel tempo periodo di simulazione: 1 anno, saturazione zona vadosa 10%-60%)

Saturazione (%)	Giorno	Profondità [cm]	Saturazione [%]	Volume [m3]	Massa [kg]	Concentrazione [mg/kg]
10	365	0,2648	0,3435	0,03440	27,480	17175
20	365	0,2854	0,2817	0,02817	22,536	14085
30	365	0,2916	0,2345	0,02345	18,760	11725
40	365	0,2683	0,2086	0,02086	16,688	10430
50	365	0,2236	0,2013	0,02013	16,104	10065
60	365	0,1746	0,2002	0,02002	16,016	10010

Tabella 128 – Profondità massime registrate in funzione della percentuale di saturazione della zona vadosa a 365 giorni

Anche le assunzioni sul quantitativo di carburante rilasciato risultano conservative, avendo assunto l'ipotesi peggiore, ovvero quella della rottura di tutti i serbatoi di un Boeing 777-200.

Il fenomeno simulato restituisce condizioni di percolazione dell'inquinante non superiori a circa 30 cm di profondità dopo 180 giorni dallo sversamento che rimangono tali dopo 365 giorni dall'evento incidentale. E', quindi, possibile ipotizzare che la falda acquifera non venga raggiunta dal contaminante, anche considerato che l'impatto a terra dell'aeromobile può comportare un abbassamento locale del piano di campagna (non superiore a 50 cm).

In conclusione, lo sversamento accidentale di carburante nelle aree non pavimentate non comporta alcun rischio per la risorsa idrica sotterranea.

La matrice suolo e sottosuolo è invece interessata da un locale superamento delle CSC di riferimento per profondità limitate (primi 30 cm di materiale terrigeno in 180 giorni), nell'ipotesi che non venga realizzata alcuna operazione di bonifica nell'immediatezza dell'evento. Si ritiene, pertanto, che un immediato intervento di bonifica con rimozione del carburante sversato possa ridurre anche questo impatto.

5.3 Componente acque superficiali

5.3.1 Premessa

Nel seguente paragrafo vengono valutati gli effetti sulle acque superficiali di uno sversamento di combustibile a seguito di un incidente aereo nell'area circostante l'aeroporto. Come già discusso precedentemente, lo scenario considerato ricomprende tutti gli altri scenari valutati nel modello di analisi di rischio, caratterizzato dall'impatto a terra di un **Boeing 777-200**, individuato come l'aeromobile contenente un quantitativo di carburante superiore agli altri aeromobili, che costituiscono gli aeromobili delle classi di condensazione individuate sulla base del traffico aeroportuale previsto, con conseguente rilascio di combustibile senza innesco dello stesso. La scelta è cautelativa e consente di stimare l'effetto massimo atteso, posto che, ai fini del modello di analisi di rischio, tutti gli scenari vengano presi in considerazione, ciascuno pesato per la propria probabilità di accadimento. L'illustrazione dello scenario peggiore risulta, quindi, esemplificativa ma non esaustiva. I risultati presentati sono stati integrati per tutte le condizioni compatibili con le caratteristiche del traffico aeroportuale.

Si considera che il rilascio del carburante avvenga in presenza di reti idriche superficiali in grado di trasportare la sostanza sversata lungo il proprio percorso. È stato quindi applicato un modello di analisi per valutare i tempi di trasporto di un potenziale sversamento al fine di quantificare i tempi (massimi) di intervento per intercettare lo sversamento ed impedire il verificarsi di rilevanti impatti ambientali.

5.3.2 Definizione della morfologia e individuazione del reticolo idrografico

La morfologia dei corsi d'acqua superficiali è stata ricavata, per mezzo di una applicazione GIS, sovrapponendo il layer vettoriale del reticolo idrografico, ricavato dagli elaborati del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (Figura 181), e il modello digitale del terreno DTM dell'area oggetto dello studio (Figure 182 e 184). Ciò ha permesso di ricostruire l'andamento topografico dei corsi d'acqua. In particolare, la valutazione ha riguardato due tipologie di corsi d'acqua: la prima tipologia rappresenta un corso d'acqua secondario come il torrente Lavino, le cui acque confluiscono dapprima nel torrente Samoggia all'altezza di Sala Bolognese, per sfociare più a valle nel fiume Reno. La seconda tipologia è rappresentata dal fiume Reno, un corso d'acqua principale a cui affluiscono tutti i corsi secondari dell'area. Inoltre, lambendo la testata 30 della pista dell'aeroporto Guglielmo Marconi, il fiume Reno presenta un interessamento diretto a eventuali incidenti nell'area aeroportuale.

I segmenti dei corsi d'acqua analizzati, riportati in rosso in figura 185 e figura 186, sono compresi tra il punto di un probabile sversamento e, nel caso del torrente Lavino, al punto in cui le sue acque confluiscono nel fiume Reno, mentre, nel caso del fiume Reno, al punto in cui lo stesso viene intercettato dal Cavo Napoleonico, uno scolmatore che collega il fiume Reno al fiume Po.

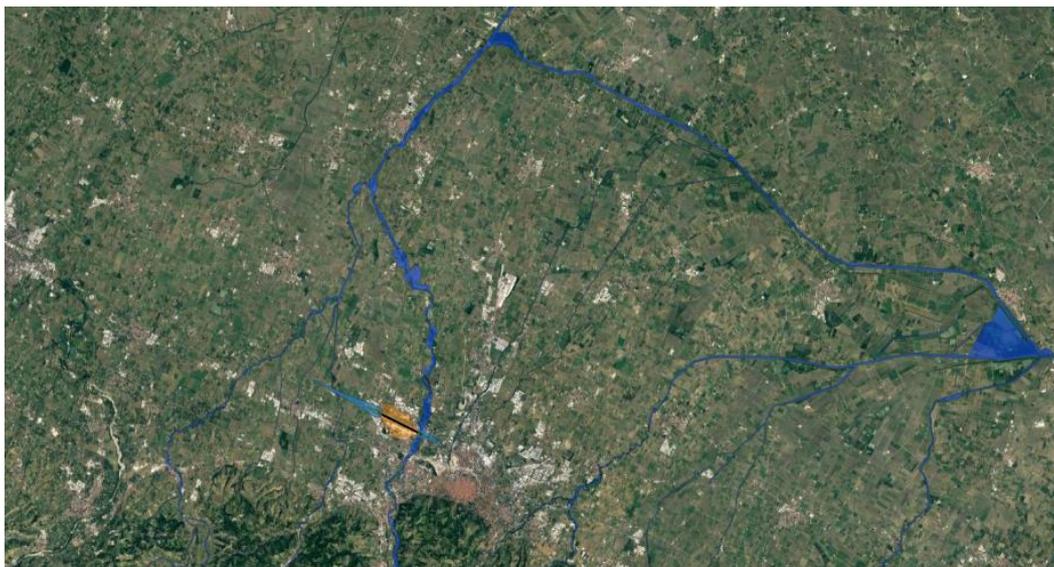


Figura 181 – Layer vettoriale del reticolo idrografico dell'area oggetto di studio

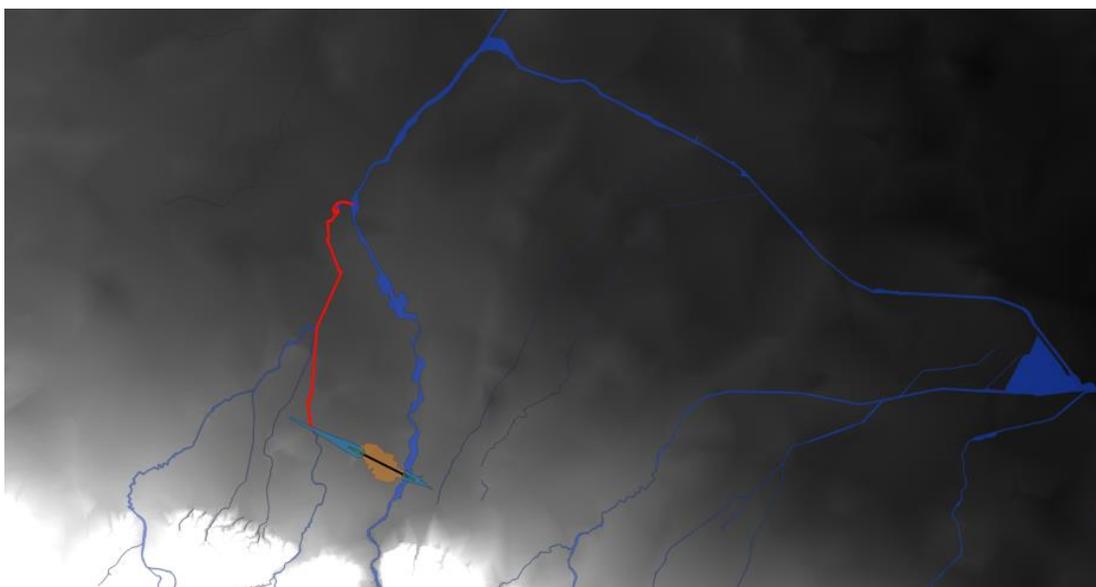


Figura 182 – Modello Digitale del Terreno dell'area interessata dallo studio (in rossa il segmento analizzato del torrente Lavino)

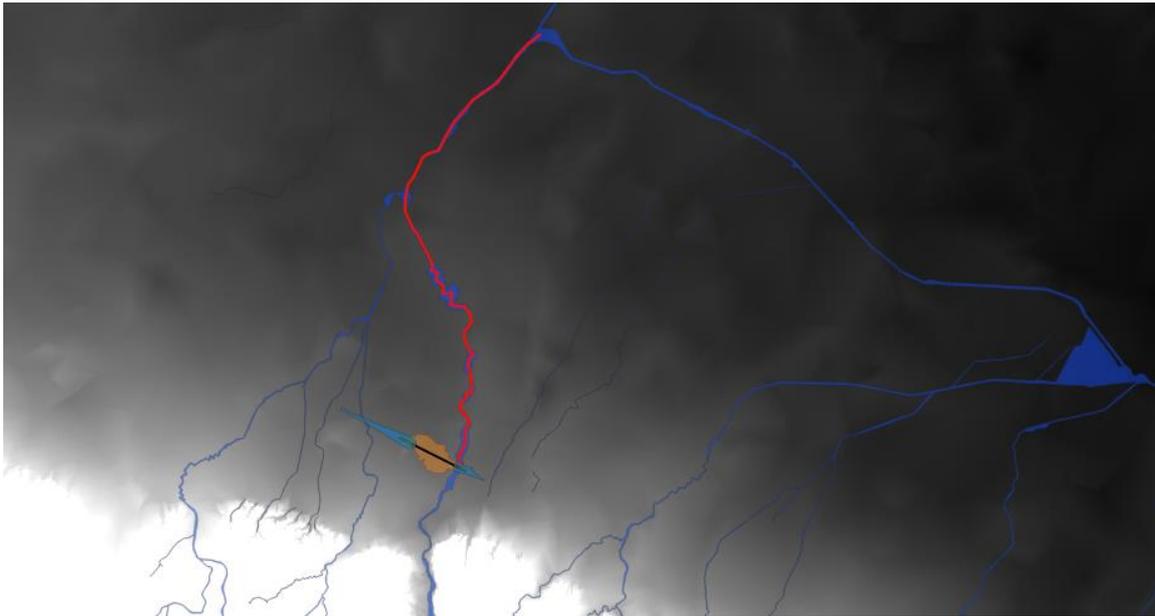


Figura 183 – Modello Digitale del Terreno dell’area interessata dallo studio (in rossa il segmento analizzato del fiume Reno)

Nelle figure seguenti sono, invece, riportati i profili altimetrici e le pendenze delle sezioni considerate, dalle quali sono stati ricavati alcuni dei dati in input necessari al calcolo dei tempi di transito quali la lunghezza e la pendenza dei corsi d’acqua.

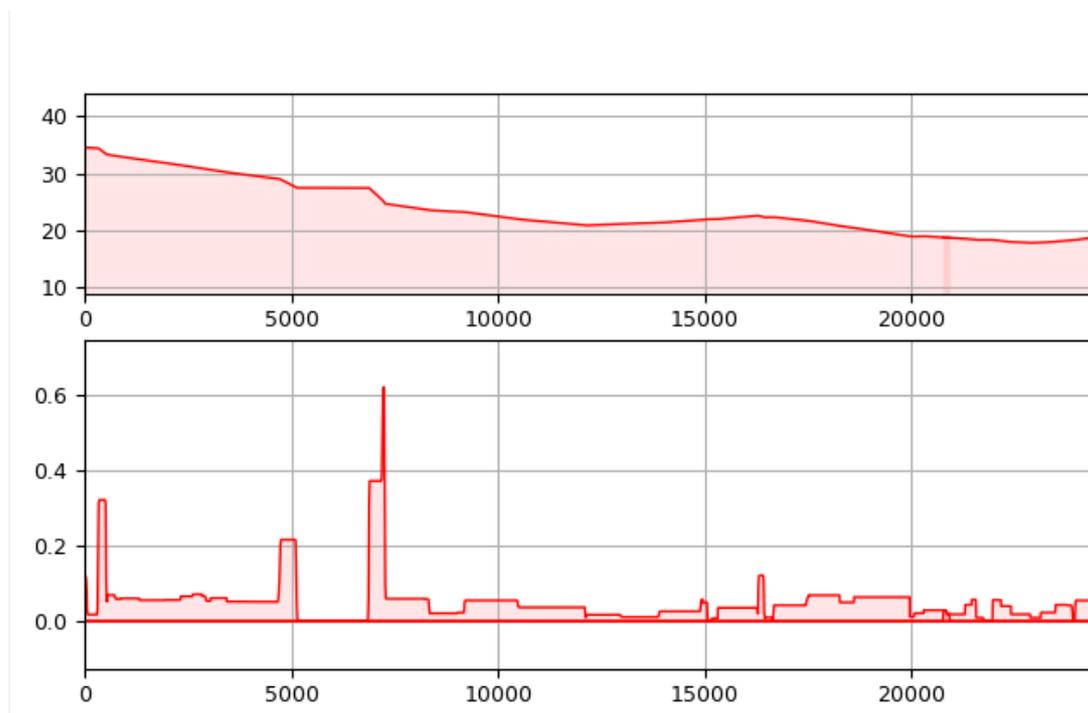


Figura 184 – Profilo altimetrico e pendenza del torrente Lavino (Inizio: punto di sversamento - Fine: confluenza con il fiume del Reno)

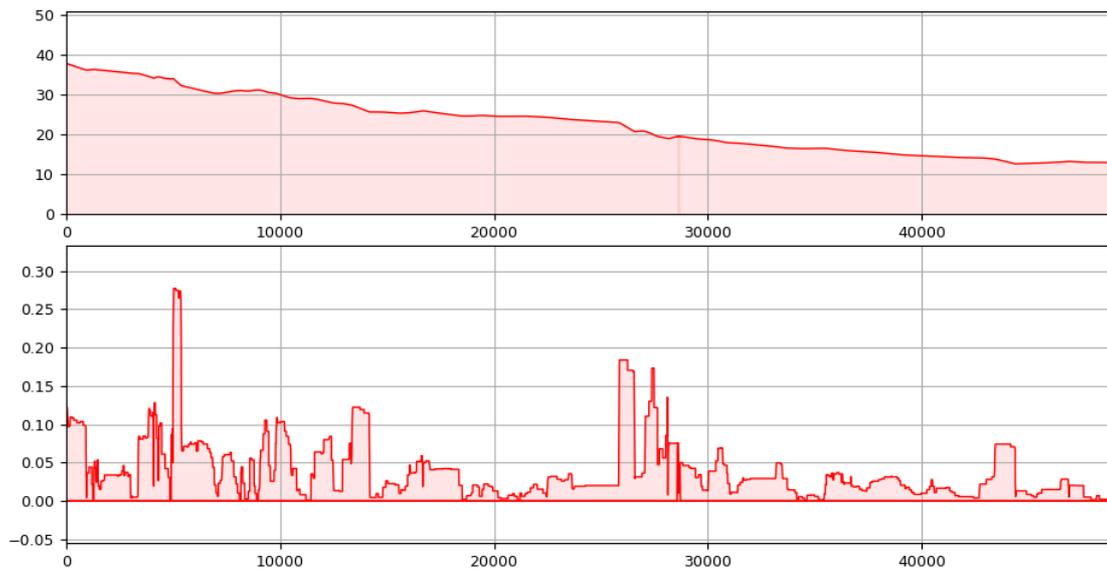


Figura 185 – Profilo altimetrico e pendenza del fiume Reno (Inizio: punto di sversamento - Fine: Scolmatore del Reno, Cavo Napoleonico)

5.3.3 Tempi di percorrenza

Nell'analisi realizzata si è ipotizzato, in maniera conservativa, che il combustibile rilasciato, in caso di impatto meccanico, dai serbatoi dell'aeromobile sia sversato interamente all'interno di un corpo idrico superficiale. Come evidenziato, sono stati, inoltre, prese in considerazione due tipologie di corsi d'acqua: un corso d'acqua secondario (torrente Lavinio), caratterizzato da portate contenute, ed un corso d'acqua principale (fiume Reno), caratterizzato da portate maggiori. Quest'ultimo inoltre, situato a ridosso della testata 30 della pista dell'aeroporto, comporta un interessamento diretto nel caso di impatto aereo con conseguente rilascio, immediato o immediatamente successivo all'impatto, nelle acque superficiali.

Il potenziale rilascio di combustibile dovrà dunque essere contrastato e controllato attraverso l'attivazione delle misure di intervento previste in emergenza e di procedure d'intervento specifiche per il contenimento dello sversamento nel corpo idrico in tempi compatibili (inferiori) con i risultati di tale analisi. Il fenomeno tuttavia è condizionato in maniera positiva dal valore della probabilità di accadimento dello scenario di sversamento, in quanto risulta essere sempre di gran lunga inferiore alla probabilità di $10E-04$.

E' stato, quindi, valutato il tempo di transito t per le sezioni prese in esame, ovvero il tempo minimo che l'inquinante impiega per raggiungere, nel caso del torrente Lavinio, il corso d'acqua principale rappresentato dal fiume Reno, mentre nel caso del fiume Reno, il tempo minimo nel quale l'inquinante raggiunge lo scolmatore (Cavo Napoleonico) che collegherebbe il corso d'acqua al fiume Po.

5.3.3.1 Tempo di transito

I tempi di transito sono stati calcolati con la relazione seguente:

$$t = \frac{L}{v}$$

dove:

- $L [m]$ è la lunghezza del segmento del corso d'acqua analizzato;

- $V [m/s]$ è la velocità di scorrimento dell'acqua.

Ipotizzando un moto uniforme, in cui le caratteristiche del moto non variano nello spazio, ovvero in cui le caratteristiche geometriche dell'alveo e le caratteristiche idrauliche della corrente non mostrano variazioni lungo la sezione considerata, a partire dalle equazioni di Manning, utilizzate per calcolare velocità e portate in un segmento per un dato tempo, è stata stimata la velocità di scorrimento dell'acqua. I requisiti di uniformità sono soddisfatti facendo riferimento a valori medi delle grandezze quali la sezione fluviale, la pendenza, la scabrezza, la portata liquida e il livello idrico.

$$v = \frac{R_H^{2/3} \cdot i^{1/2}}{n}$$

$$q = \frac{A \cdot R_H^{2/3} \cdot i^{1/2}}{n}$$

La velocità media è ricavata assumendo forma del canale trapezoidale con pendenza delle sponde di 2:1 e rapporto tra la larghezza e la profondità della sezione trasversale di 10:1.

$$v = \frac{0.489 \cdot q^{0.25} \cdot i^{0.375}}{n^{0.75}}$$

dove:

- $q [m^3/s]$ è la portata del corso d'acqua considerando eventi medi annuali, portate massime ordinarie e portate massime straordinarie;
- $i [m/m]$ è la pendenza del segmento del corso d'acqua considerato ricavato dal modello digitale del terreno;
- n è il coefficiente di scabrezza di Manning che nel caso di corpi idrici è pari a 0.05.

5.3.4 Risultati: stima del danno

I calcoli eseguiti hanno consentito di stimare i tempi di transito in cui, nell'ipotesi che l'evento incidentale costituito dallo sversamento di carburante avvenga su un corpo idrico superficiale, l'inquinante impiega per raggiungere, nel caso del torrente Lavino, il corso d'acqua principale rappresentato dal fiume Reno, mentre nel caso del fiume Reno, lo scolmatore (Cavo Napoleonico).

Dai risultati riportati in tabella 129 è possibile valutare di conseguenza la fattibilità tecnica e i tempi di risposta per attuare gli interventi di mitigazione al fine di intercettare lo sversamento ed impedire il verificarsi di rilevanti impatti ambientali.

La valutazione è stata svolta per entrambi i corsi d'acqua considerando scenari con portate medie annuali, portate con tempo di ritorno trentennali T_r30 e portate con tempo di ritorno duecentennale T_r200 .

	Torrente Lavino	Fiume Reno
Lunghezza segmento [m]	24393.19	48982.07
Elevazione min. [m]	17.87	12.65
Elevazione max. [m]	34.63	37.95
Pendenza [m/m]	0.069	0.052

$Q_{media} [m^3/s]$	5.00	26.50
$Q_{Tr=30} [m^3/s]$	100.00	1547.00
$Q_{Tr=200} [m^3/s]$	500.00	2290.00
$v_{media} [m/s]$	2.53	3.45
$v_{Tr=30} [m/s]$	5.36	9.55
$v_{Tr=200} [m/s]$	8.01	10.53
Tempo di transito_{media} [h:m]	2:40	3:56
Tempo di transito_{Tr=30} [h:m]	1:15	1:25
Tempo di transito_{Tr=100} [h:m]	00:50	1:17

Tabella 129 – Calcolo dei tempi di transito (Torrente Lavinio e Fiume Reno)

5.3.5 Conclusioni

I risultati hanno restituito indicazioni sull'ordine di grandezza dei tempi caratteristici che intercorrono tra un potenziale sversamento di carburante in un corpo idrico superficiale (i due esempi sviluppati fanno riferimento a corpi idrici con caratteristiche differenti e rappresentativi delle acque superficiali nell'aerale di studio) con effetti di contaminazione diffusa. Questi tempi, verificati modellando le caratteristiche dei corpi idrici con opportune semplificazioni (comunque cautelative), variano da circa un'ora fino a 3-4 ore. Come già evidenziato, i restanti corsi d'acqua minori (in termini di lunghezza, andamento, portata) sono inclusi in questa analisi in quanto le due condizioni limite simulate definiscono il range dei tempi di intervento disponibili alla gestione dell'emergenza nell'immediatezza dell'evento di sversamento. Pertanto, qualora si verificasse uno sversamento nel corpo idrico superficiale, risultano definiti i tempi di risposta. Tali tempi di risposta risultano compatibili con quelli necessari all'attuazione delle procedure di intervento in emergenza.

5.4 Componente vegetazione (flora e fauna)

5.4.1 Premessa

L'effetto della pericolosità specifica derivante da impatto aereo e scenari di incendio conseguenti sulla vegetazione presente nell'area di studio, è valutato considerando che le condizioni rilevanti siano legate alla distruzione della vegetazione per effetto delle fiamme.

La velocità di propagazione dell'incendio riferita al contesto e funzione delle condizioni meteo-climatiche locali, è condizionata dalla velocità e dalla direzione prevalente del vento registrate nella zona.

5.4.2 Caratterizzazione del contesto e delle condizioni di input

Le condizioni di evoluzione degli scenari di incendio, come premesso, sono influenzate dai parametri meteo-climatici della zona oggetto di indagine (cfr. tabella 130 e figura 186).

	INVERNO	PRIMAVERA	ESTATE	AUTUNNO
T max	23,4	T max 33,5	T max 38,5	T max 28,2
T media (dei max)	11,9	T media (dei max) 21,5	T media (dei max) 30,5	T media (dei max) 16,4
T media	7,6	T media 16,8	T media 25,1	T media 12,9
Umidità max	103,0	Umidità max 102,0	Umidità max 101,0	Umidità max 103,0
Umidità media	76,8	Umidità media 79,5	Umidità media 77,7	Umidità media 95,0
V max	19,8	V max 20,9	V max 19,5	V max 14,2
V media	2,3	V media 2,7	V media 2,5	V media 1,9

Tabella 130 – Sintesi delle condizioni meteo-climatiche medie e massime registrate (con effetto della stagionalità)

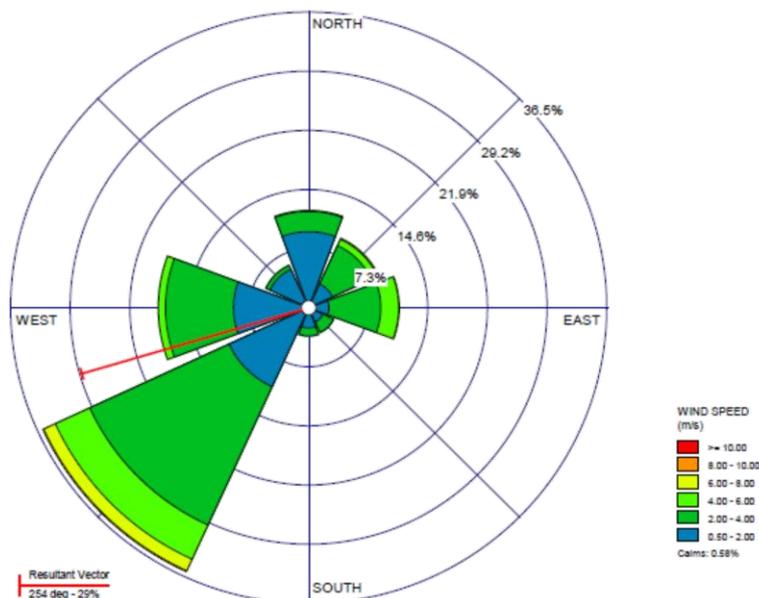


Figura 186 – Direzione dei venti

Dai dati anemologici disponibili risulta che la **massima velocità di propagazione ipotizzabile** (assunto che l'evento di innesco sia compatibile con condizioni ambientali riferibili alla primavera e all'estate), è pari a 2,5 – 2,7 m/s (9-10 km/h), compatibile con un intervento di mitigazione e controllo dell'incendio, che vede l'attuazione delle procedure di emergenza messe in atto dagli Enti territoriali preposti alla gestione delle emergenze.

Il territorio rurale presenta una doppia polarità, che delinea due principali tipologie di aree agricole:

- territorio rurale caratterizzato da un'alta capacità produttiva diffusa, economicamente vitale, con presenza di preesistenze paesaggistiche di interesse;
- territorio rurale caratterizzato da valori naturali, paesistici, ambientali, ovvero intercluso nel tessuto urbano, contraddistinto, in genere, da contesti territoriali gravati da limitazioni all'uso produttivo agricolo e dedicati ad economia agricola di tipo misto (residuale, multifunzionale, ordinaria) e spesso casuale.

La dotazione di naturalità degli spazi agricoli (ancora insufficiente) può viceversa essere incentivata secondo la strategia proposta dal Piano per gli Spazi Naturali (PSN), finalizzato alla creazione di un sistema

di reti ecologiche naturali che connetta tra loro gli spazi naturali e semi-naturali.

Il PTCP, ai sensi dell'art. 24 della L.R. 20/2000, in attuazione alle prescrizioni del PTPR, è l'unico riferimento in materia di pianificazione paesaggistica per gli strumenti di pianificazione.

Il Titolo 7 tratta della tutela dei sistemi, zone ed elementi che non siano unità di paesaggio, aree protette, sistema idrografico, dissesto idrogeologico, in quanto, unitamente a questi, costituisce l'insieme dei contenuti di carattere ambientale e paesaggistico del piano paesistico regionale e di cui il PTCP rappresenta l'attuazione.

Gli elementi specifici di attenzione sono: il sistema di crinale e il sistema collinare, il sistema forestale e boschivo, le zone di particolare interesse paesaggistico-ambientale e le zone di particolare interesse naturalistico e paesaggistico della pianura, le zone di tutela naturalistica, i crinali, i calanchi e i dossi; la viabilità panoramica (cfr. figura 187).



Figura 187 – Risorse ambientali [fonte: PTCP Tavola 1, <http://cartografia.cittametropolitana.bo.it/ptcptav1/>]

In particolare, i due quadranti oggetto di studio (come individuati dagli scenari di impatto aereo) risultano a prevalente presenza di aree antropizzate o caratterizzate da terreno agricolo (naturalità medio-bassa).

5.4.3 Modellazione e risultati dell'analisi

Il **quadrante Nord-Ovest**, interessato dalla testata T 12 della pista, non presenta aree boschive prossimali né distanti che possano essere interessate dagli effetti degli incidenti determinati dal traffico aereo. La limitata estensione degli ambiti caratterizzati da naturalità medio-alta, quindi, comporta una bassa probabilità di impatto sulla salute della flora e della fauna presenti.

Nel **quadrante Sud-Est**, lungo gli argini del fiume Reno, sono presenti aree boschive per una superficie complessiva, ricadente nelle aree d'impatto indicate, pari a 11 ha circa. L'interessamento diretto della superficie boschiva, per gli eventi di impatto aereo considerati, presenta probabilità di accadimento inferiori ai valori individuati nello studio di impatto aereo.

Il fenomeno, pur rivestendo una rilevanza specifica nell'ambito delle valutazioni di impatto sulle aree boschive, è tuttavia condizionato positivamente dalla **probabilità di accadimento dell'evento** nella zona specifica che risulta pari a:

- zona ad alta tutela: $P(EI) = 5.05E-07$ [eventi/anno], con tempo di ritorno pari a $T_R = 1.98E+06$
- zona interna: $P(EI) = 1.16E-07$ [eventi/anno], con tempo di ritorno pari a $T_R = 8.62E+06$
- zona intermedia: $P(EI) = 1.99E-08$ [eventi/anno], con tempo di ritorno pari a $T_R = 5.03E+07$
- zona esterna: $P(EI) < 1.99E-08$ [eventi/anno], con tempo di ritorno pari a $T_R = > 5.03E+07$

Nella condizione più critica, pertanto, l'evento di incendio dell'area boschiva avviene con un tempo di ritorno T_R stimato pari circa a $2.00E+06$ anni.

Si evidenzia che i principali ambiti a naturalità medio-alta sono individuabili in corrispondenza delle zone spondali che caratterizzano il corpo idrico principale del reticolo idraulico e i corpi idrici minori. Pertanto, i fattori di pressione ambientale, indotti dagli eventi incidentali compatibili con l'area d'influenza, sono riconducibili a quelli già analizzati per il caso di sversamento/trasporto di inquinanti lungo i corsi d'acqua o compromissione di ambienti naturali per effetto di incendio incontrollato. Tali **fattori di impatto** risultano comunque **reversibili a breve/medio termine** con interessamento di limitate aree a ridosso del reticolo idraulico. Ogni effetto residuo prevedibile sulla componente naturalistica può, pertanto, ritenersi trascurabile.

La sintesi delle valutazioni proposte è presentata in tabella 131.

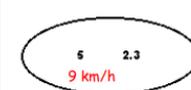
	Probabilità di impatto (Pimp)	Tempo di Ritorno (T _R)	Danno (forma superficie)
Impatto sulla flora e sulla fauna			
Zona ad alta tutela	5.05E-07	1.98E+06	
Zona interna	1.16E-07	8.62E+06	
Zona intermedia	1.99E-08	5.03E+07	
Zona esterna	< 1.99E-08	> 5.03E+07	

Tabella 131 – Sintesi dei risultati della valutazione di impatto su flora e fauna

In caso di incendio, l'ellisse è la forma geometrica che meglio si presta a teorizzare la "geometria" del perimetro di un incendio. La forma di un incendio propagatosi da un punto, in presenza di vento, è generalmente riconducibile ad un'ellisse con asse maggiore in direzione del vento. Assumendo questa forma ad ellisse la velocità e l'intensità sono maggiori in corrispondenza della testa e gradualmente diminuiscono dai fianchi in direzione della coda dell'incendio (Catchpole e al. 1992).

I parametri di comportamento del fenomeno sono sintetizzabili in:

- Velocità di propagazione o di avanzamento del fronte di fiamma
- Lunghezza di fiamma
- Intensità lineare
- Energia calorica rilasciata per unità di superficie.

La **velocità di propagazione** (o di avanzamento) del fronte di fiamma è la velocità con la quale si sposta la testa del fronte di fiamma e dipende da: quantità di biomassa in combustione, velocità del vento, direzione del vento, pendenza della superficie di avanzamento, contenuto di umidità dei combustibili.

Tale velocità può variare da 1,5 m/s (5,4 km/h - limite inferiore per lo sviluppo nei combustibili superficiali) a 3,9 m/s (14 km/h) per gli incendi boschivi a più di 5 m/s (20 km/h) per gli incendi di superfici erbacee.

La **fiamma** è assimilabile ad un pannello radiante, variamente inclinato per effetto del vento; in essa si distinguono diverse parti: altezza, lunghezza, profondità. La lunghezza di fiamma (m) dipende da: velocità del vento, altezza della vegetazione, velocità di propagazione.

L'**intensità del fronte di fuoco** (intensità lineare) può essere calcolata mediante formule analitiche empiriche (ad es., Byran 1955) che tengono conto del calore di combustione, della quantità di combustibile disponibile e della velocità di avanzamento del fronte di fiamma. Ovviamente, l'intensità del fronte fuoco, ovvero la lunghezza delle fiamme, rappresenta il fattore determinante in ordine alla difficoltà di contenimento di un incendio.

L'estensione dell'area interessata dipende da molti fattori riferibili al combustibile e alle caratteristiche del comburente (aria) in termini di velocità e direzione. Inoltre, l'innesco legato alla presenza del carburante può determinare effetti diversi sulla vegetazione a seconda delle caratteristiche di quest'ultima: l'incendio si diffonde più rapidamente sul manto erboso che su arbusti a "Corona" o chioma (cfr. figura 188).

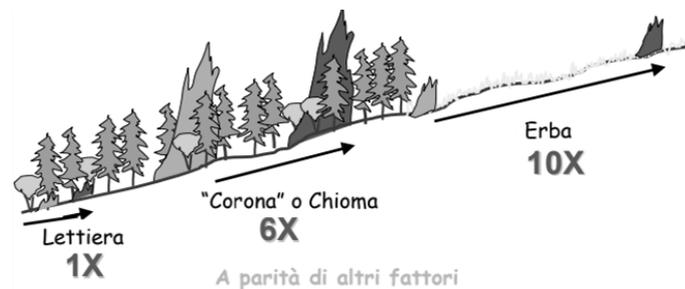


Figura 188 – Fattori che influenzano lo sviluppo dell'incendio

5.4.4 Conclusioni

Dalla modellazione del fenomeno, è chiaro, quindi, che la previsione dello sviluppo di un incendio coinvolgente la vegetazione risulta complessa perché condizionata da molteplici fattori. Ciò che si evince dall'analisi della bibliografia scientifica in materia e dall'applicazione del modello di analisi generale, è che l'evento prevede condizioni di sviluppo dello scenario di pericolo che risultano fortemente condizionate dalla velocità e dalla direzione del vento e dalle caratteristiche della vegetazione interessata. Pertanto, si può ipotizzare che:

- nelle **aree boschive**, ipotizzando una superficie piana e condizioni del vento caratterizzate da velocità e direzione compatibili con il periodo meteorologico scelto come rappresentativo degli scenari di innesco da pozza o da nube, la velocità di avanzamento del fronte di fiamma, in direzione sud-ovest, è mediamente pari a circa 9 km/h e la geometria del perimetro di incendio è ellittica;
- nelle **aree a destinazione d'uso agricola** e nelle **aree caratterizzate da vegetazione di copertura rasa (manto erboso)**, ipotizzando una superficie piana e condizioni del vento caratterizzate da velocità e direzione compatibili con il periodo meteorologico scelto come rappresentativo degli scenari di innesco da pozza o da nube, la velocità di avanzamento del fronte di fiamma, in direzione sud-ovest, può raggiungere anche i 20 km/h e la geometria del perimetro di incendio è ellittica.

In funzione della distribuzione di aree boschive e aree in cui sono presenti coltivazioni, è stata valutata la probabilità di impatto meccanico dell'aeromobile e di successivo innesco da pozza o da nube, definendo anche i tempi di ritorno degli eventi.

La tabella 105 fornisce i risultati di sintesi per scenari che si realizzano nelle quattro zone individuate dallo studio di impatto del traffico aeroportuale. I tempi di ritorno associati a tali eventi sono dell'ordine di $10E+06$ - $10E+07$ anni e restituiscono, quindi, una condizione per cui gli eventi incidentali e le conseguenze correlate possono ritenersi assolutamente trascurabili rispetto ad altri rischi analizzati nel presente studio come termini di paragone (ad es., il rischio sismico).

5.5 Componente paesaggio e beni culturali

5.5.1 Premessa

La valutazione di impatto sui beni paesaggistici e sul patrimonio culturale per effetto di un incidente aereo nell'area aeroportuale è stata condotta a valle della ricognizione dei beni esposti. L'identificazione e la caratterizzazione dei beni nell'area di studio è disponibile al §1.3.1 e qui richiamata per semplicità:

Elementi naturali e paesaggistici (cfr. figura 190):

- sistema delle aree forestali boschive;
- calanchi;
- crinali;
- fiumi, torrenti e corsi d'acqua di interesse paesaggistico;
- aree naturali protette;
- siti rete natura 2000;
- immobili vincolati ai sensi dell'art. 136 del d.lgs 42/2004;
- sistema della collina;
- zone di particolare interesse paesaggistico-ambientale della pianura;
- zone di particolare interesse paesaggistico-ambientale;
- viabilità panoramica.

Testimonianze storiche e archeologiche (cfr. figg. 189 e 191):

- aree di accertata e rilevante consistenza archeologica;
- aree di concentrazione di materiali archeologici;
- zone ad alta potenzialità archeologica;
- zone a media potenzialità archeologica;
- zone a bassa potenzialità archeologica;
- zone di tutela della struttura centuriata;
- edifici di interesse storico-architettonico;
- agglomerati di interesse storico-architettonico;
- sistema storico delle acque derivate;
- viabilità storica.

In tal modo è stato possibile definire la distribuzione geografica degli stessi rispetto alle curve isorischio definite nel precedente studio (Sapienza-ENAC), nonché rispetto alle probabilità di impatto aereo definite a partire dai suddetti valori di probabilità.

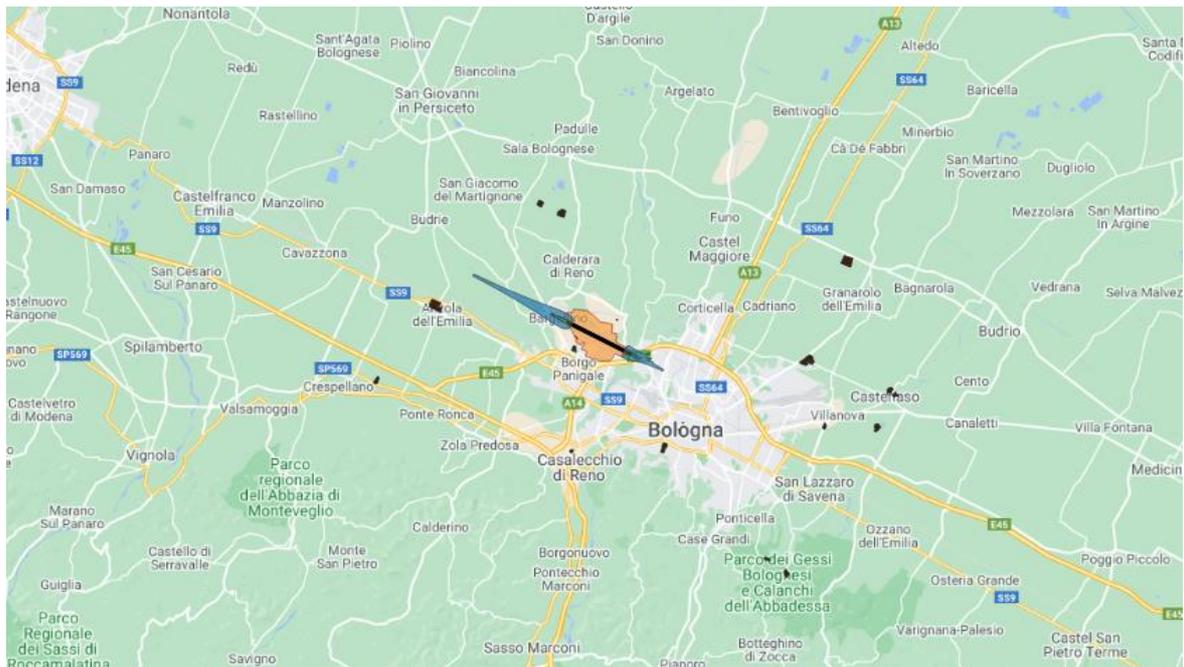


Figura 189 – Patrimonio archeologico

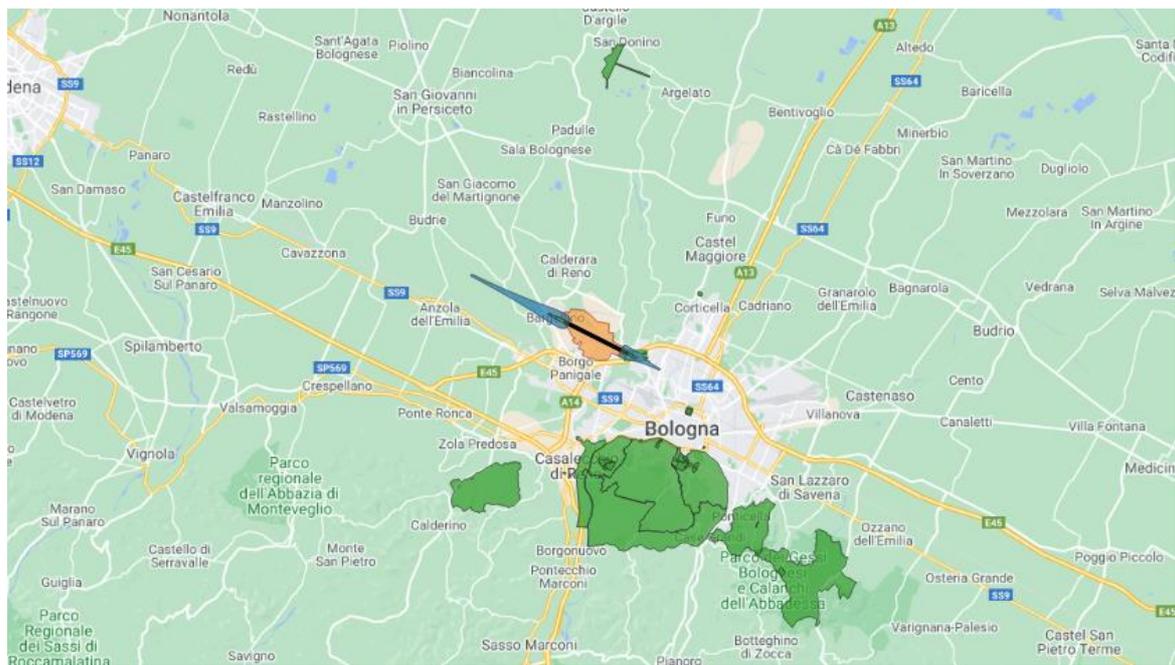


Figura 190 – Beni paesaggistici

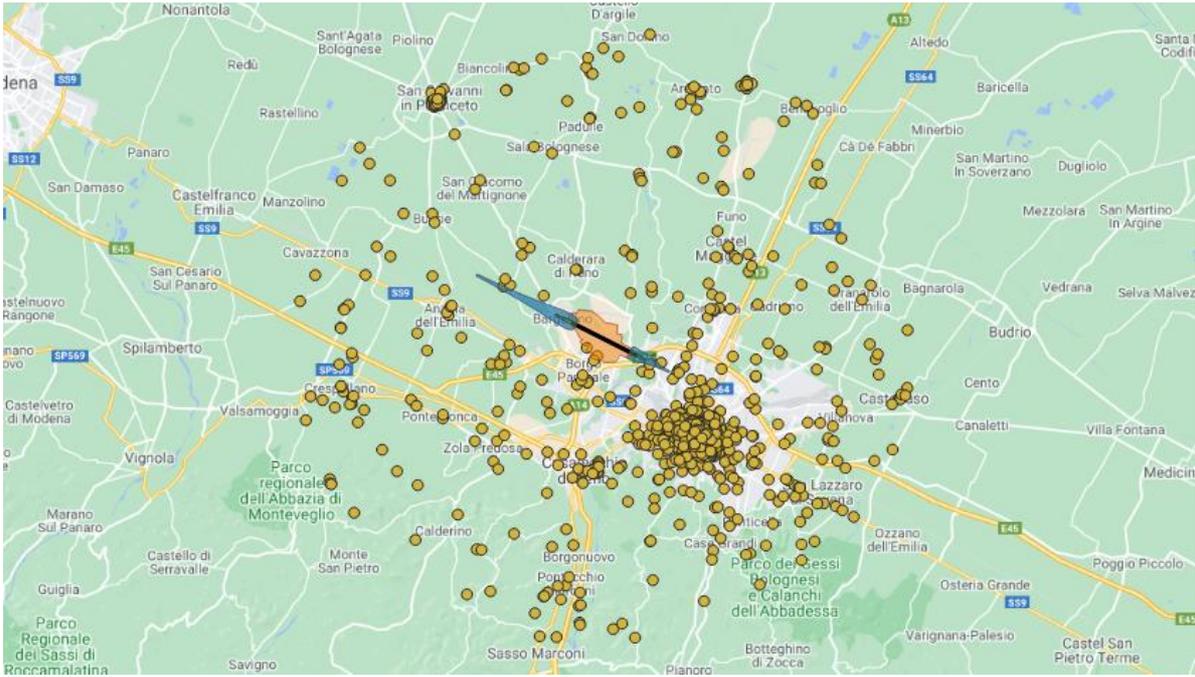


Figura 191 – Patrimonio architettonico

Il quadro conoscitivo risultante è variegato ma restituisce una condizione di relativa tranquillità in quanto gli elementi del patrimonio culturale risultano esposti a rischi di impatto aereo assolutamente trascurabili, con probabilità di accadimento dell'ordine di $2.03E-09$ e tempi di ritorno di circa 50 milioni di anni (cfr. tabella 132).

	Probabilità di impatto (P _{imp})	Tempo di Ritorno (T _R)
Impatto su beni paesaggistici patrimonio culturale		
Zona esterna	2.30E-09	4.35E+08

Tabella 132 – Sintesi dei risultati della valutazione di impatto su paesaggio e beni culturali

La quantificazione economica del danno associato ad un bene culturale o paesaggistico (considerato come un bene non ripristinabile), e la quantificazione dell'eventuale effetto direttamente causato dall'impatto meccanico di un aeromobile o dagli effetti evolutivi derivati, risultano non applicabili ai beni oggetto di analisi. Pertanto, in linea anche con studi precedentemente condotti, ipotizzando che ciascun impatto o flusso del pericolo da esso derivato possa implicare la perdita del bene, è stato comparato il **rischio di impatto aereo indotto dall'attività aeroportuale con il rischio di distruzione per effetto della sismicità caratteristica del territorio**. E' evidente che, nel caso in cui il confronto restituisse valori dell'indicatore di rischio di impatto più bassi rispetto ai valori di rischio sismico, la condizione garantirebbe l'accettabilità del rischio residuo associato all'effetto prodotto dall'attività antropica (traffico aeroportuale).

5.5.2 Caratterizzazione dei beni di interesse

La figura 192 identifica le risorse storiche e archeologiche dell'aerale di studio di seguito elencate:

- Complessi e aree di rilevanza archeologica PTCP Art. 8.2
- Zone tutela centuriazione PTCP Art. 8.2
- Fascia di rispetto archeologico della via Emilia PTCP Art. 8.2e

- Centri storici PTCP Art. 8.3
- Centri storici in relazione fra loro PTCP Art. 8.3
- Aree interessate da partecipanze e consorzi utilisti PTCP Art. 8.4
- Aree interessate da bonifiche storiche di pianura PTCP Art. 8.4
- Viabilità storica prima individuazione PTCP Art. 8.5
- Principali canali storici PTCP Art. 8.5
- Principali complessi architettonici storici non urbani PTCP Art. 8.5
-

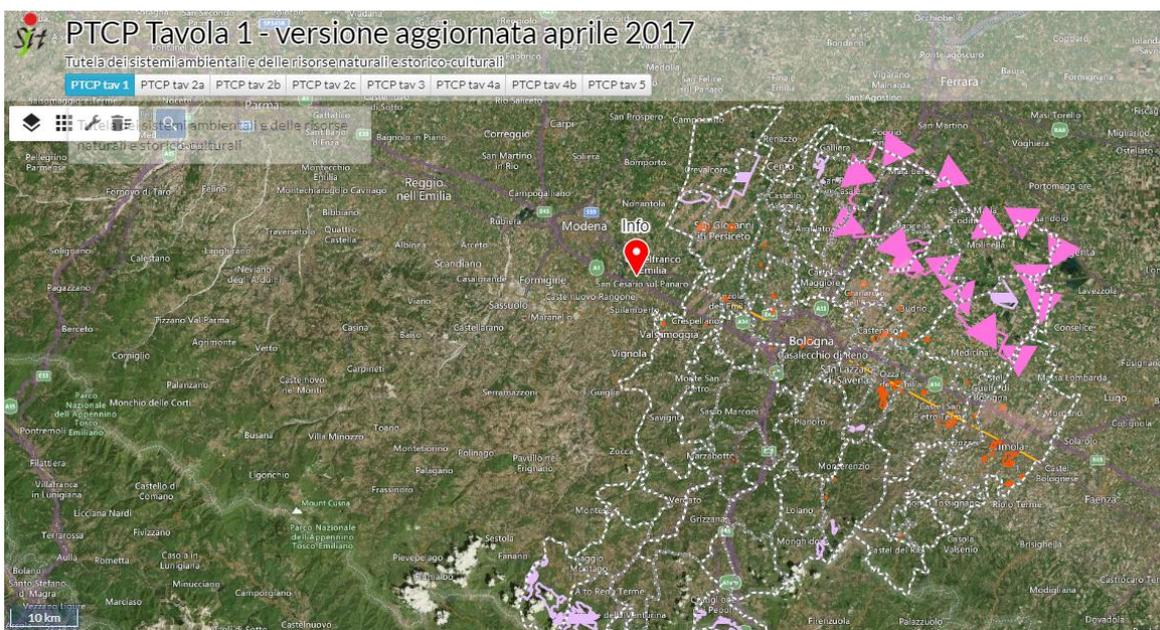


Figura 192 – Risorse storiche e archeologiche

I sistemi ambientali e le risorse naturali e storico-culturali sono invece mappate nelle figure 193-195 estratte dal PTCP della provincia di Bologna.

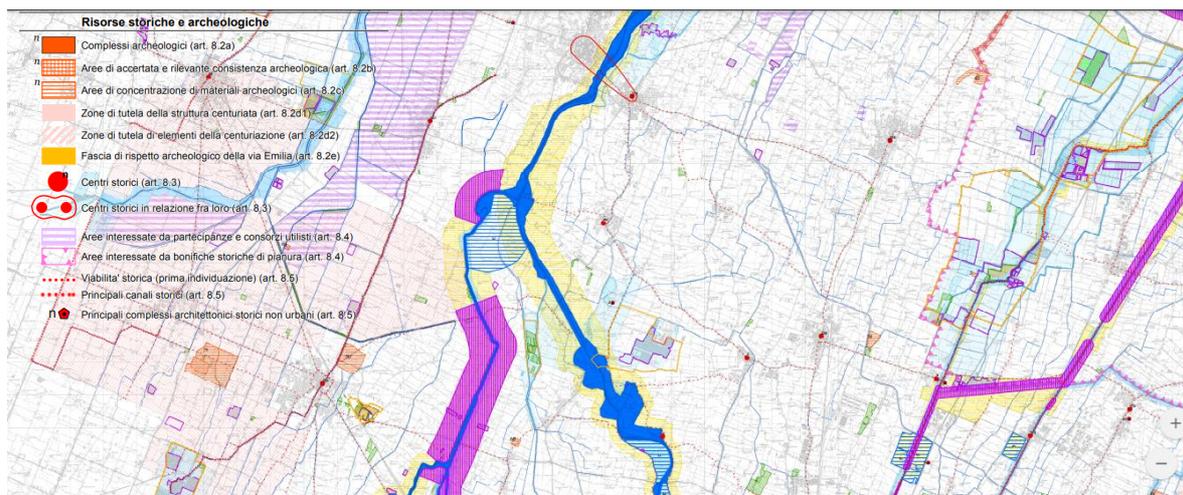


Figura 193 - Tav.11 Tutela dei sistemi ambientali e delle risorse naturali e storici culturali - Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale

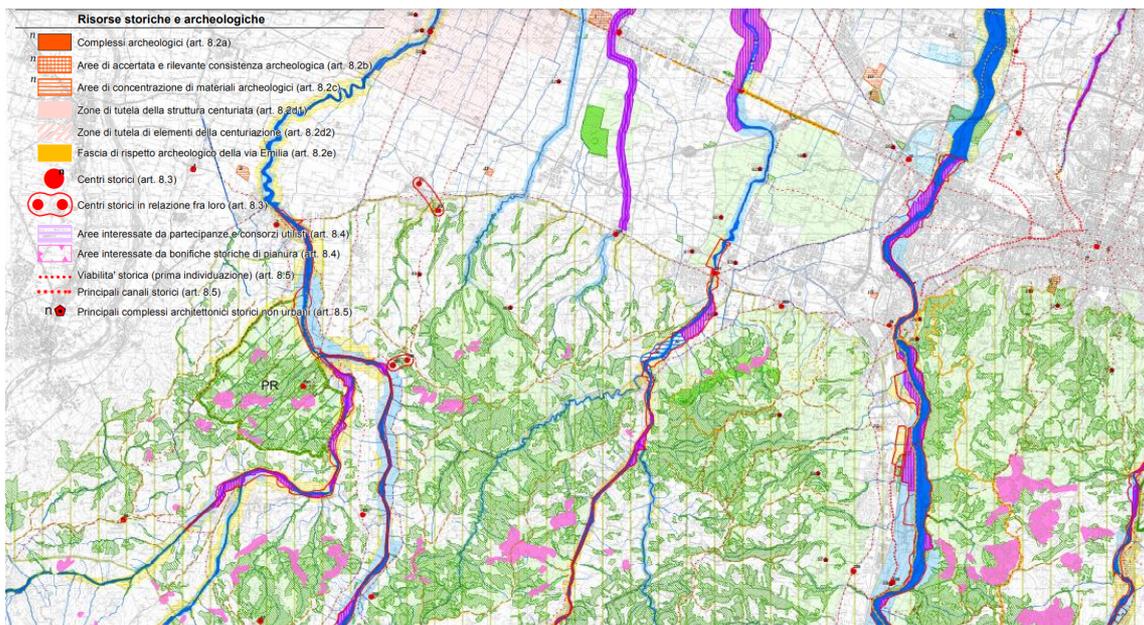


Figura 194 - Tav.1.III Tutela dei sistemi ambientali e delle risorse naturali e storici culturali - Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale

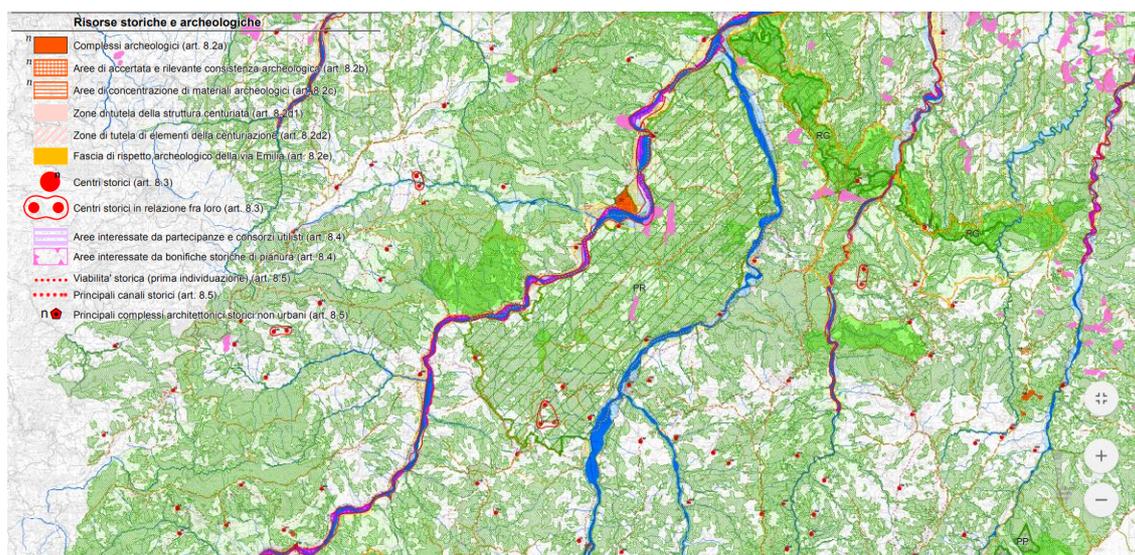


Figura 195 - Tav.1.IV Tutela dei sistemi ambientali e delle risorse naturali e storici culturali - Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale

Sono stati, inoltre, mappati quei beni paesaggistici quali le aree di notevole interesse pubblico (art.136 D.Lgs. 42/04) e le aree tutelate per legge (art. 142 D.Lgs. 42/04, ex Galasso) riferite esclusivamente ad elementi di tipo naturale.

I beni rilevati quindi sono stati suddivisi in varie categorie, a partire dai beni culturali provenienti dalla mappatura del MIBACT, tramite il sistema "Vincoli in rete", suddivisi in:

- Beni architettonici
- Beni archeologici
- Parchi e giardini

I beni architettonici censiti, in totale 3781, presentano il contenuto informativo riportato, a titolo esemplificativo, in tabella 133 per i resti del castello di Capugnano (BO) visualizzato in figura 196:

199506	AVANZI DEL CASTELLO PRESSO CAPUGNANO	Architettura	castello	Emilia-Romagna Bologna Alto Reno Terme CAPUGNANO	S261 Soprintendenza Archeologia, belle arti e paesaggio per la città metropolitana di Bologna e le province di Modena, Reggio Emilia e Ferrara	S143 Soprintendenza per i Beni Architettonici e Paesaggistici per le province di Bologna Modena e Reggio Emilia
--------	--------------------------------------	--------------	----------	--	--	---

Tabella 133 – Classificazione bene architettonico, sistema Vincoli in rete MIBACT

VINCOLI in rete

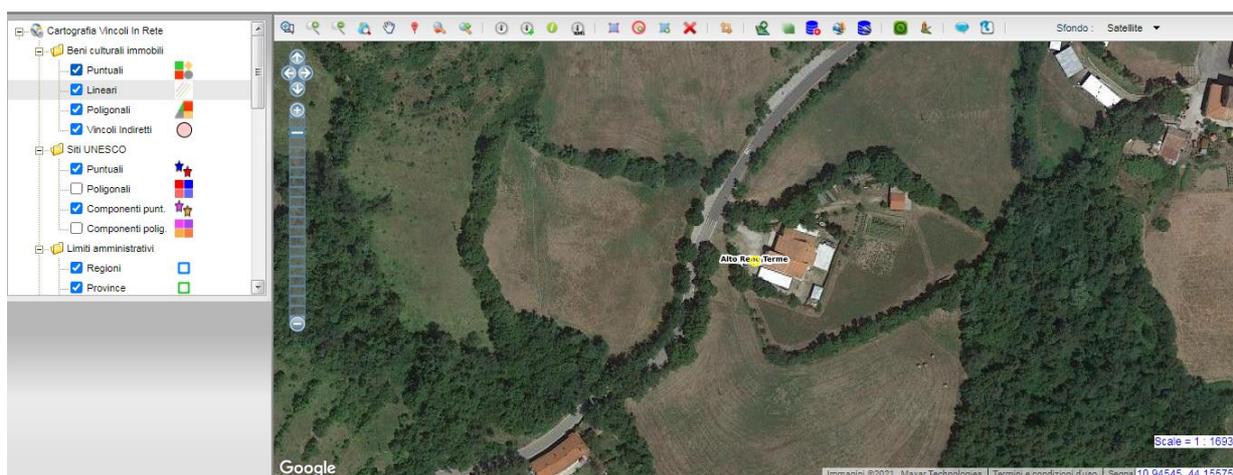


Figura 196 – Individuazione del bene sul sistema informativo Vincoli in rete MIBACT

I beni archeologici censiti, in totale 404, presentano il contenuto informativo riportato, a titolo esemplificativo, in tabella 134 per i resti della necropoli di Bologna Loiano (BO) visualizzato in figura 197:

348884	NECROPOLI	Monumenti archeologici	necropoli	Emilia-Romagna Bologna Loiano	S261 Soprintendenza Archeologia, belle arti e paesaggio per la città metropolitana di Bologna e le province di Modena, Reggio Emilia e Ferrara	S06 Soprintendenza Archeologia dell'Emilia Romagna
--------	-----------	------------------------	-----------	----------------------------------	--	--

Tabella 134 – Classificazione bene architettonico, sistema Vincoli in rete MIBACT

VINCOLI in rete

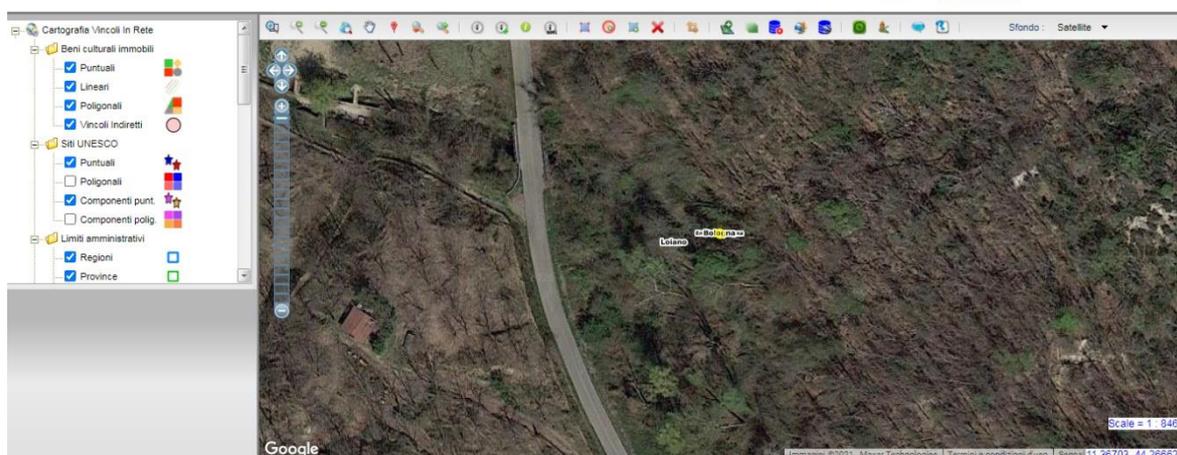


Figura 197 – Individuazione del bene sul sistema informativo Vincoli in rete MIBACT

Infine, i parchi e giardini censiti, in totale 87, presentano il contenuto informativo riportato, a titolo esemplificativo, in tabella 135 per il Parco Talon e pertinenze parco della Chiesa a Casalecchio di Reno (BO) visualizzato in figura 198:

438305	Parco Talon e pertinenze parco della Chiesa	Parchi/giardini	parco	Emilia-Romagna Bologna Casalecchio di Reno CASALECCHIO DI RENO Via Panoramica, snc	S261 Soprintendenza Archeologia, belle arti e paesaggio per la città metropolitana di Bologna e le province di Modena, Reggio Emilia e Ferrara	S143 Soprintendenza per i Beni Architettonici e Paesaggistici per le province di Bologna Modena e Reggio Emilia	proprietà ente pubblico territoriale
--------	---	-----------------	-------	---	---	--	--------------------------------------

Tabella 135 – Classificazione bene architettonico, sistema Vincoli in rete MIBA

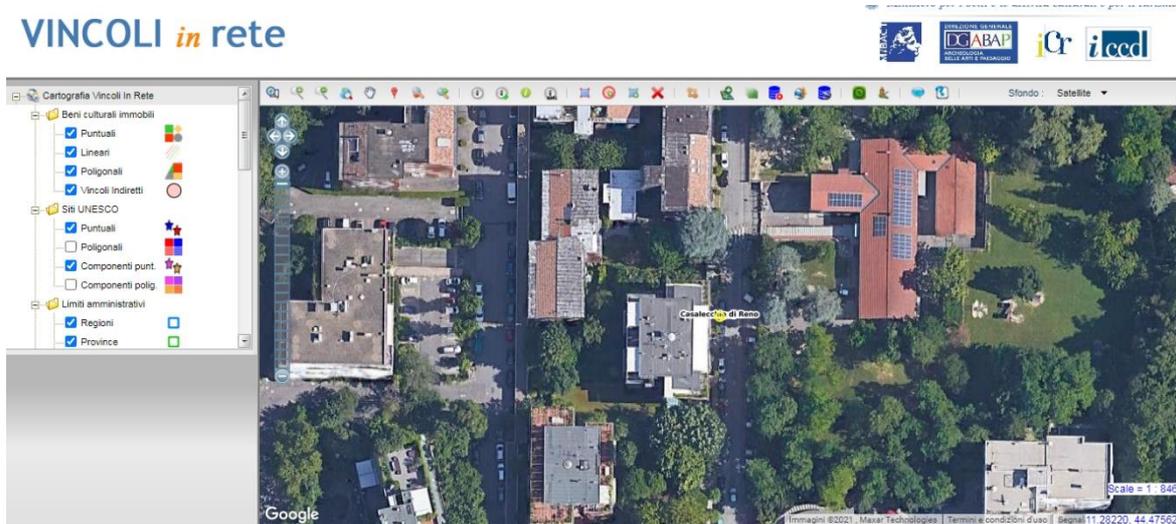


Figura 198 – Individuazione del bene sul sistema informativo Vincoli in rete MIBACT

5.5.3 Analisi comparativa con il Rischio sismico d'area per la verifica di compliance

La **classificazione sismica**²³ per il territorio di Bologna, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Deliberazione della Giunta Regionale n.1435 del 21 luglio 2003 e successivamente con la n.1164 del 23 luglio 2018, ha collocato il territorio della provincia di Bologna in zona sismica 3 (cfr. tabella 136).

Zona sismica 3	Zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti.
-----------------------	---

Tabella 136 – Classificazione sismica del territorio di Bologna

²³ I criteri per l'aggiornamento della mappa di **pericolosità sismica** sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'**accelerazione orizzontale massima (ag)** su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

La pericolosità sismica della zona 3 è associata a valori di accelerazione (a_g^{24}) compresi tra 0,05 g e 0,15 g (cfr. tabella 137).

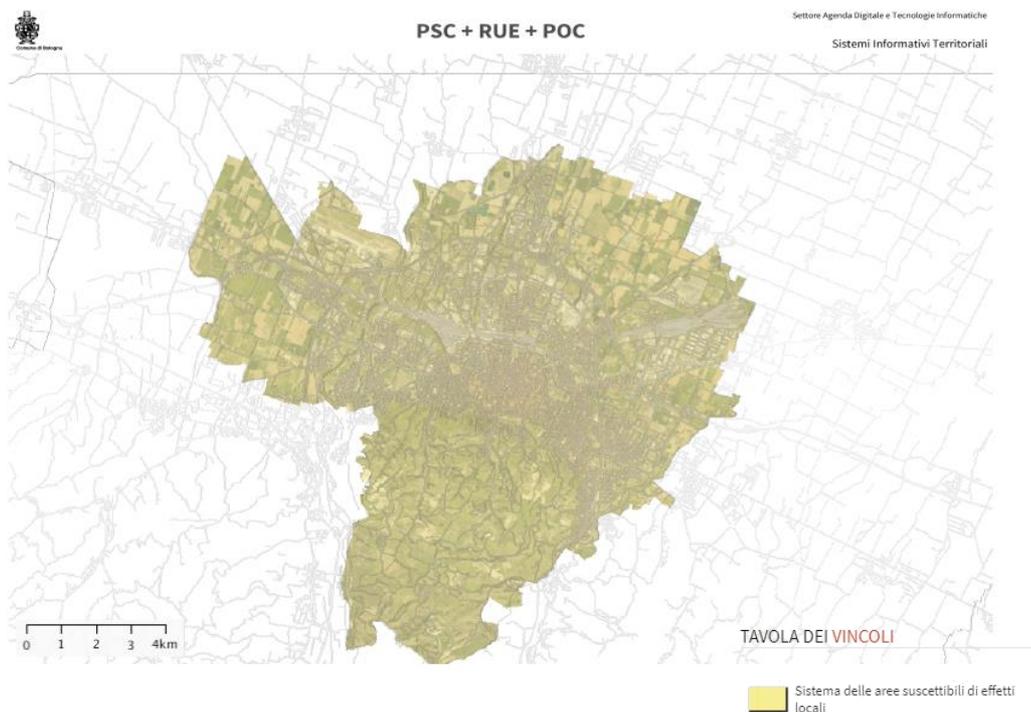
Le aree suscettibili di effetti locali sono riportate in figura 199.

Zona sismica	Descrizione	accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [a_g]	accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [a_g]	numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$a_g > 0,25$ g	0,35 g	703
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < a_g \leq 0,25$ g	0,25 g	2.224
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15$ g	0,15 g	3.002
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$a_g \leq 0,05$ g	0,05 g	1.982

(*): I territori di alcuni comuni ricadono in zone sismiche diverse (ad es. il [comune di Pescorocchiano](#)).

Tabella 137 – Definizione delle zone di pericolosità sismica

La probabilità di crollo per i beni esposti dovuta alla sismicità del territorio è dell'ordine di $10E-03$ – $10E-04$.



²⁴ Accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi

Figura 199 – Sistema aree suscettibili di effetti locali (Rischio sismico, zona 3) [fonte: <http://dru.iperbole.bologna.it/cartografia/contenuto?filter=Applicazioni>]

5.5.4 Conclusioni

La probabilità massima di crollo per impatto meccanico sui beni di interesse storico, architettonico e paesaggistico censiti nell'area di studio è risultata trascurabile, sia in termini assoluti che rispetto alla probabilità di crollo per effetto della sismicità della zona. In tabella 138 sono riportati comparativamente le probabilità di crollo e i corrispondenti tempi di ritorno.

	Probabilità di crollo per impatto aereo (Pc_imp)	Tempo di Ritorno (T _R)	Probabilità di crollo per sisma (Pc_sisma)	Tempo di Ritorno (T _R)
Impatto su beni paesaggistici patrimonio culturale				
Zona esterna	2.30E-09	4.35E+08	10E-04 - 10E-03	10E+03-10E+04

Tabella 138 – Probabilità di crollo per impatto meccanico e per sismicità locale e tempi di ritorno corrispondenti.

6. Conclusioni

Premessa

Le conclusioni sono sviluppate, coerentemente con il lavoro di analisi e verifica effettuato, analizzando gli impatti sui singoli target (ambiente naturale, persone e beni) e proponendo, come risultato di sintesi, il valore aggregato dell'indicatore di rischio per danni omogenei (danno ambientale, perdita di vite umane, danno ai beni materiali).

In particolare, con riferimento alla nota del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (Decreto R. 0000434.26-11-2018), si rileva che:

*Il proponente dovrà presentare uno studio riferito agli **scenari probabilistici sul rischio di incidenti aerei**. Tale studio dovrà essere redatto da soggetto terzo pubblico con esperienza per la previsione del rischio degli incedenti aerei mediante modelli di calcolo. Lo studio dovrà **descrivere e quantificare i possibili rischi per la salute umana e per l'ambiente**, derivanti dalla vulnerabilità dell'attività aeroportuale a gravi incidenti, con stima dei danni materiali attesi nelle varie **Zone di rischio, nell'area ad alta tutela, nell'area interna e nell'area intermedia ed esterna**. Lo studio dovrà anche individuare **le misure**, a carico del Proponente, **per eliminare o ridurre il danno**, misure inclusive della delocalizzazione delle preesistenze qualora emerga un **rischio per la perdita di vite umane superiore ad 1×10^{-4}** in base ai risultati degli scenari probabilistici.*

Viene, quindi, fissato un valore "soglia" per l'indicatore di "Rischio per la perdita di vite umane" pari a **1,00E-04**. Tale assunzione implica che sia quantificato, ai fini della verifica di rispondenza, il valore atteso del danno (Rischio Totale del sistema) riferibile all'attività aeroportuale.

Coerentemente alla richiesta, acquisita la relazione tecnica dello studio condotto da Sapienza ed ENAC nel 2011, a firma dei proff. P. Di Mascio e G. Loprencipe, sono stati assunti preventivamente i risultati del modello di probabilità di incidente e localizzazione degli incidenti (conformi ai livelli di utilizzo *MP 2030*) e, conseguentemente a questi ultimi, i risultati del modello delle conseguenze degli incidenti.

Ciò ha garantito, individuati gli eventi incidentali "rappresentativi" per la valutazione dei rischi, di adottare un modello di analisi di rischio quantitativo probabilizzato (combinando tecniche di analisi Fault Tree, Event Tree e di vulnerabilità territoriale) per quantificare, nel caso della verifica delle possibili conseguenze sulla popolazione esposta al flusso del pericolo (in termini di sicurezza e salute), l'indicatore di Rischio Totale, sintesi dell'effetto atteso derivante dall'evoluzione degli eventi incidentali sull'area di interesse.

Nel caso, invece, della valutazione riferita all'impatto sulle matrici ambientali, l'analisi è stata adattata agli obiettivi specifici inerenti il **rischio ambientale** connesso alla *probabilità che si verifichi un evento provocato da un'alterazione repentina dei parametri fisico-chimici caratterizzanti le matrici ambientali acqua, aria e suolo, con ricadute immediate o a breve termine sulla salute della popolazione residente in una data area e tale da comportare l'adozione di misure emergenziali straordinarie*²⁵.

Il modello di analisi consente di stimare, in ottemperanza al criterio di accettabilità, l'effetto, socialmente rilevante, del rischio associato ad un processo quantificabile in termini di **valore atteso del danno (Rischio di perdita di vite umane)**. Il confronto di quest'ultimo con la soglia di accettabilità (pari a

²⁵ <http://www.protezionecivile.gov.it/attivita-rischi/rischio-ambientale>

1,00E-04, nel caso analizzato) restituisce la verifica di *compliance* tra il **Livello di Sicurezza Esercito** dal sistema aeroportuale e il **Livello di Sicurezza Atteso** dalla collettività.

Il livello di sicurezza è influenzato in modo diretto dal grado di affidabilità che il sistema garantisce nel fornire la prestazione attesa, assumendo configurazioni previste auspicabili poiché recanti beneficio (nel caso specifico, consistenti nell'esercizio conforme dell'attività aeroportuale).

Tale livello di sicurezza è espresso in modo **quantitativo** da indicatori che possono avere:

- la dimensione del danno, in termini di valore atteso del numero di vittime (*perdita di vite umane*) in un definito contesto spazio-temporale o per un convenzionale orizzonte di normalizzazione. Tale indicatore viene definito **Rischio Totale** del sistema;
- il carattere adimensionale della probabilità riferita alla percezione individuale del rischio o alla misura della prestazione di sicurezza collettiva secondo un criterio di accettabilità sociale. Tale indicatore viene definito **Rischio individuale** quando il Rischio totale risulti normalizzato alla numerosità della popolazione esposta o **Rischio sociale** quando l'indicatore sia rappresentato in termini di distribuzione di probabilità retrocumulata della variabile aleatoria Danno (coincidente, nel caso specifico, con la variabile Numero di vittime).

Gli indirizzi normativi di sicurezza per il raggiungimento degli obiettivi obbligano ad adottare:

- criteri progettuali e dotazioni impiantistiche rispondenti a specifiche prestazioni;
- modalità organizzative e comportamentali rispondenti a specifici requisiti.

Quanto sopra non annulla il rischio di incidente; per la gestione del rischio residuo è necessario, quindi, operare l'analisi prestazionale del sistema.

L'Analisi di Rischio Quantitativa Probabilizzata (**ARQP**) integra l'analisi affidabilistico-prestazionale dei sistemi e dispositivi, a monte con i modelli probabilizzati degli eventi e delle situazioni pericolose e a valle con l'analisi probabilizzata delle conseguenze generate dagli eventi pericolosi stessi e dalla loro evoluzione negli specifici scenari di pericolo. Tali scenari sono stati caratterizzati in termini di probabilità di accadimento e pericolosità specifica assumendo modelli di analisi che esplicano le condizioni di **impatto meccanico diretto** del velivolo in un punto compreso nelle aree di impatto individuate nello studio precedente²⁶ durante le operazioni di decollo ed atterraggio; **effetto diretto di irraggiamento** termico a seguito di rilascio di carburante e innesco con incendi conseguenti (scenari di pool fire e flash-fire²⁷); **effetto indiretto (domino) di irraggiamento** dovuto all'ipotesi che l'incidente aereo inneschi, a sua volta, un incidente rilevante in un impianto industriale RIR che insiste nell'area in cui l'impatto può avere conseguenze fatali per effetto meccanico (diretto) o per irraggiamento (indiretto) con conseguente incendio delle sostanze processate nell'impianto (pool fire e flash fire per effetto domino) oppure per dispersione delle stesse (nube tossica).

Gli indicatori di rischio esprimono, logicamente, in modo sintetico ed efficace il risultato dell'**ARQP**.

Per l'analisi e la gestione del rischio sono stati, quindi, utilizzati:

- un modello per la raccolta di dati e la conseguente variazione (attualizzazione) dell'informazione;
- un modello per l'incertezza legata alla variabilità dei parametri di input;
- un modello per i vincoli di sicurezza;
- un modello per l'evoluzione del flusso del pericolo e la caratterizzazione degli eventi pericolosi

²⁶ studio condotto da Sapienza ed ENAC nel 2011, a firma dei proff. P. Di Mascio e G. Loprencipe

²⁷ Le simulazioni termofluidodinamiche in ambiente non confinato sono state condotte con il software ALOHA (Version 5.4.7, Sept. 2016) CAMEO® software suite, rilasciato da EPA - United States Environmental Protection Agency (<https://www.epa.gov/cameo/aloha-software>)

- un modello di esposizione di beni e persone
- un modello di lesività per la quantificazione del danno indotto.

L'evoluzione del pericolo dagli **Eventi Costituenti** (cause) prodromici degli **Eventi Iniziatori** (EI) fino agli **Scenari di Danno**, è descritta attraverso la ricostruzione logico-sequenziale di un flusso strutturato di eventi.

Gli Eventi Iniziatori sono determinati da pre-condizioni (cause) e possono evolvere, a seconda dei vincoli al contorno e della eventuale presenza ed efficacia di sistemi di protezione, mitigazione e facilitazione, in scenari di danno caratterizzati da diversi livelli di pericolosità da cui dipende la severità delle conseguenze (effetti).

Questo processo sequenziale è illustrato graficamente considerando l'evento "critico" iniziatore come punto nodale tra le pre-condizioni (cause) e gli effetti (conseguenze): tale rappresentazione logico-strutturata della sequenza degli eventi è propedeutica alle valutazioni quantitative che risolvono il modello di analisi fornendo, come specificato, la stima del danno atteso.

Nelle valutazioni che hanno portato alle quantificazioni sintetizzate nei paragrafi successivi, sono state assunte ipotesi cautelative (a favore di sicurezza) sulla modalità di realizzazione degli eventi e sul loro sviluppo, non tenendo in considerazione la presenza, nell'ambito della gestione del sistema aeroportuale, di condizioni e modalità di controllo ed intervento che producono un effetto positivo, sia in termini di prevenzione (misure di controllo) che di protezione (misure di contenimento e di gestione delle emergenze aeroportuali). L'ipotesi è stata operata per garantire la verifica degli obiettivi di sicurezza anche nelle condizioni più gravose in cui è ipotizzabile un "black-out" del sistema durante le operazioni successive all'evento.

Il risultato di sintesi rappresenta, quindi, l'evoluzione verso **stati non conformi** per i quali, a favore di sicurezza, è stata esclusa l'efficacia delle precauzioni progettate e implementate che, qualora considerate con le specifiche attribuzioni di affidabilità (fidatezza ex RAMS²⁸), restituirebbero condizioni di **rischio residuo** meno gravose.

Infatti, il Piano di Emergenza Aeroportuale²⁹ prevede procedure di emergenza, coordinate mediante l'attivazione di un Centro Operativo di Emergenza (COE) sia in caso di incidente nell'area aeroportuale (durante le operazioni di decollo e atterraggio) sia in caso di incidente *al di fuori delle immediate vicinanze oppure durante il volo o all'aeroporto di partenza o destinazione*, volte a gestire e mitigare l'effetto dell'evento. Inoltre, il Piano di Emergenza Esterno, in caso di incidenti che coinvolgano aree esterne al sedime aeroportuale, garantisce la gestione coordinata delle operazioni di soccorso degli esposti e contenimento degli effetti.

²⁸ Reliability, Availability, Maintainability and Safety, UNI 9910

²⁹ PEA, Allegato VIII, Manuale di Aeroporto Ed. 3 Rev. 0 valido dal 2 gennaio 2020

6.1 Impatto sulla sicurezza delle persone (Effetti indotti dagli scenari di crash, pool fire e flash fire, rif. 5.1)

6.1.1 Impatto incidente aereo su stabilimenti a rischio di incidente rilevante (Effetto domino, rif. 5.1): contributo all'indicatore di Rischio di perdita di vite umane

In relazione ai valori di probabilità di impatto aereo desunti dalle analisi svolte, si ritiene che l'attività aeronautica dell'aeroporto non costituisca, per gli stabilimenti a rischio di incidente rilevante presenti, fattore di rischio incrementale rispetto a quanto già analizzato nei Piani di Emergenza Esterna (PEE) elaborati dalle singole aziende. Infatti, le analisi effettuate restituiscono valori di probabilità di impatto aereo di 3 ordini di grandezza inferiori rispetto ai valori di probabilità associati agli eventi incidentali più gravosi considerati nei PEE e derivanti da cause non esterne.

Gli scenari sviluppati, sia in caso di rottura per irraggiamento termico che in caso di rottura per crash del velivolo, inducono rilasci che non coinvolgono i serbatoi degli impianti che, ad eccezione della Beyfin S.p.A. (come meglio esplicitato in seguito), risultano interrati. Inoltre, le aziende RIR non si trovano sulle rotte di sorvolo delle testate T12 e T30, quindi le assunzioni sono comunque a favore di sicurezza. L'impianto più prossimo alle rotte di sorvolo si trova a 2,6 km di distanza (Stabilimento D.G.).

Va, infatti, sottolineato che, sulla base del censimento delle attività produttive, gli stabilimenti soggetti a rischio di incidente rilevante si collocano al di fuori delle rotte di decollo e di atterraggio e a distanze laterali superiori a 2.5 km ad eccezione dello stabilimento Beyfin S.p.A che, pur trovandosi ad una distanza dalla pista RWY 12/30 inferiore a 2.5 km ma al di fuori delle rotte di sorvolo, non è direttamente interessato da eventuali incidenti nelle fasi di atterraggio o decollo e presenta, inoltre, aree di stoccaggio non compatibili con la valutazione estensiva degli effetti domino, in quanto i materiali potenzialmente pericolosi sono stoccati prevalentemente in serbatoi interrati, protetti quindi da possibili danneggiamenti dovuti ad effetto domino.

Nell'ambito della valutazione quantitativa, inoltre, è stato possibile verificare l'assenza di bersagli esterni, sulla base di criteri fondati sulle soglie di danno, individuate come effetto dell'innesco delle sostanze infiammabili o del rilascio di sostanze tossiche. L'effetto domino, infatti, definito come la sequenza di incidenti rilevanti, anche di natura diversa tra loro in ragione delle caratteristiche d'area, si ha solamente al superamento dei valori di soglia di danno indicati dal decreto per la pianificazione territoriale italiana (Decreto 9 maggio 2001, Ministero dei Lavori Pubblici):

- 30 kPa per le sovrappressioni;
- 12.5 kW/m² per l'irraggiamento;
- 200 m – 800 m per la distanza massima di proiezione dei frammenti.

Tenuto conto di tali assunzioni è possibile considerare, quindi, l'impatto aereo sugli impianti RIR trascurabile rispetto ad eventuali incidenti dovuti all'attività industriale e a malfunzionamenti negli impianti stessi.

Si sottolinea, inoltre, che nella redazione dei rapporti di sicurezza degli impianti industriali a rischio di incidente rilevante vengono considerati sistemi di intervento o blocco in grado di limitare le quantità sversate durante l'incidente. Le ipotesi di calcolo delle conseguenze assunte per i rilasci indotti da impatto aereo possono considerarsi, pertanto, estremamente conservative, atteso che non si è considerato alcun tipo di mitigazione a limitare la pericolosità specifica degli eventi.

Infine, le probabilità di accadimento degli incidenti associati al previsto esercizio aeronautico risultano nettamente inferiori rispetto a quelle degli specifici incidenti dovuti all'attività industriale in essere e a malfunzionamenti di processo, e ciò anche nel caso in cui si considera la medesima tipologia di rilascio (ovvero istantaneo dovuto a cedimento catastrofico). Alla luce di tali considerazioni è possibile considerare l'impatto aereo su stabilimenti a rischio di incidente rilevante trascurabile rispetto ad eventi incidentali dovuti all'attività svolta internamente agli impianti in esame.

Come premesso, l'identificazione dei possibili bersagli secondari è stata effettuata mediante l'applicazione di criteri basati su soglie di danno: l'effetto domino è da ritenersi possibile solo se il valore assunto dalle variabili descrittive dell'effetto fisico determinato dal vettore di propagazione è superiore ad un valore di soglia. L'utilizzo di valori di soglia è, quindi, necessario e coerente al fine di ridurre il numero di possibili bersagli secondari, in modo da definire le dimensioni del problema. Si è ritenuto opportuno utilizzare soglie conservative per l'identificazione dei bersagli secondari (Decreto 9 maggio 2001, Ministero dei Lavori Pubblici).

Definiti i criteri per l'identificazione della probabilità di propagazione, è importante verificare l'evoluzione del flusso del pericolo indotto dagli eventi iniziatori. Gli scenari incidentali sono, in tal senso, riconducibili a:

- flusso del pericolo causato da eventi iniziatori di limitata pericolosità;
- interazione di eventi iniziatori distinti.

Gli scenari attesi in seguito a collisione sono assunti conservativamente di pericolosità elevata (ad esempio, rottura di apparecchiature e conseguente rilascio catastrofico, innesco del combustibile per aviogetti, ecc.).

Sono state, quindi, considerate le collisioni dei velivoli su impianti che innescano gli eventi iniziatori già individuati nei rapporti di sicurezza ma con probabilità quantificata come probabilità di impatto (crash secondario). Le collisioni e gli effetti conseguenti causano eventi con severità attesa maggiore (rilasci catastrofici). È stata verificata, infine, l'ipotesi che possano verificarsi eventi iniziatori in insediamenti limitrofi causati dalla propagazione degli eventi di collisione e rilascio catastrofico.

La rottura dei serbatoi e delle apparecchiature di impianto può essere determinata anche dagli effetti derivati dagli scenari incidentali, ovvero dai soli eventi di pool fire che, a differenza degli eventi di flash fire, comportano effetti fisici di intensità e durata sufficienti per indurre la rottura.

In conclusione, analizzati tutti gli scenari incidentali compatibili con le condizioni di innesco e propagazione coinvolgenti siti RIR, è risultato, complessivamente un contributo al Rischio d'area pari a **8.67E-07 eventi/anno**. Ciò implica che gli eventi ipotizzati siano caratterizzati da tempi di ritorno pari a 1.58E+06 anni, inferiori di un ordine di grandezza ai tempi di ritorno caratteristici del rischio totale d'area.

		Tempo di Ritorno (T_R)
Rischio totale RIR	8.67E-07	1.58E+06

Tabella 139 – Sintesi dei risultati della valutazione di rischio RIR effetto domino

Inoltre, le procedure di emergenza implementate nei piani di emergenza esterna sono dimensionate, come detto, per la gestione efficace degli eventi considerati compatibili con l'effetto atteso per l'incidente aereo che risultano caratterizzati da probabilità di accadimento inferiori (circa tre ordini di grandezza) e tempi di ritorno superiori.

In conclusione, il rischio totale per la componente Sicurezza delle persone (contributo al rischio totale di perdita di vite umane) risulta inferiore al valore soglia di 1,00E-04 dunque, ai sensi e per gli effetti della prescrizione n°5 del Provvedimento direttoriale n°434/2018, non sono richieste misure di riduzione o eliminazione del rischio a carico del Proponente.

6.1.2 Impatto incidente aereo su reti di mobilità (Effetto diretto e indiretto, rif. 5.1): contributo all'indicatore di Rischio di perdita di vite umane

Gli Eventi Iniziatori considerati per l'analisi dell'impatto sul territorio sono costituiti dalla combinazione degli scenari indotti dal crash del velivolo e dall'evoluzione di eventi di pool fire e flash fire che possono innescare, per effetto domino, scenari compositi in considerazione dell'innesco di materiali potenzialmente infiammabili.

6.1.2.1 Rete stradale (rif. 5.1.2)

La rete viaria nella zona di interesse (cfr. Figura 200) è costituita da:

- **raccordo autostradale 1 (RA 1, tangenziale nord di Bologna)**
- **Autostrada A1**
- **Autostrada A13**
- **Autostrada A14**
- **Tangenziale complanare (A14 – RA1)**
- **SS 9 (VIA EMILIA)**
- **SS 64 (VIA PORRETTANA)**
- **SS 64 VAR (VARIANTE SASSO MARCONI)**
- **NSA 313 (COMPLANARE DI SAN LAZZARO)**
- **SP 18 PADULLESE**
- **SP 568 DI CREVALCORE**

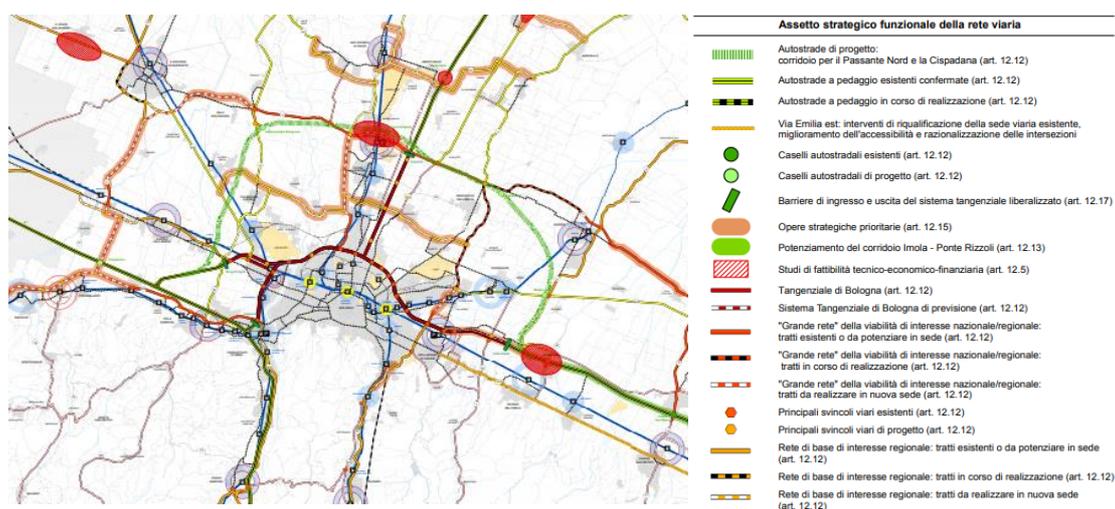


Figura 200 - Assetto strategico funzionale della rete viaria [https://www.cittametropolitana.bo.it/pianificazione/PTCP_-_documenti_di_piano]

In considerazione dei volumi di traffico rilevati sulle arterie di collegamento, tenuto conto della composizione specifica di ogni tratta (Traffico leggero, Traffico pesante e quota parte ADR), ipotizzato

un incremento del 20% del dato di traffico acquisito nel 2019³⁰, sono stati determinati i livelli di esposizione e i danni conseguenti nelle aree di influenza degli eventi iniziatori.

In particolare, ai fini della rappresentatività dell'analisi, a partire dalla componente ADR del Traffico pesante (aliquota del Traffico pesante variabile dal 5% al 10% a seconda della tipologia di rete viaria), opportunamente ponderata rispetto alle caratteristiche di pericolosità del materiale trasportato (Liquido infiammabile, Materiale esplosivo, Gas di petrolio liquefatto, Gas tossico), sono stati analizzati gli scenari evolutivi, compatibili con i potenziali effetti indotti dall'innesco dei materiali.

L'analisi completa ha restituito il valore dell'Indicatore di Rischio totale stradale (somma del rischio da impatto dell'aeromobile, dell'innesco del carburante con esito di pool e flash fire e del coinvolgimento della componente ADR) indicato in Tabella 1 con il relativo Tempo di ritorno (T_R). E' utile sottolineare che il valore ottenuto, in termini comparativi rispetto all'incidentalità tipica stradale, risulta mediamente inferiore di due/tre ordini di grandezza.

		Tempo di Ritorno (T_R)
Rischio totale stradale	9.65E-08	2.32E+10

Tabella 140 – Sintesi dei risultati della valutazione di rischio sulla rete stradale esposta

6.1.2.1 Rete ferroviaria (rif. 5.1.2)

La rete ferroviaria nella zona di interesse (cfr. Figura 173) è costituita da:

- LINEA AV-AC Bologna centrale - Mediopadana
- LINEA Porretta Terme - Bologna Centrale (SFM1 A)
- LINEA Vignola - Bologna Centrale (SFM2 A)
- LINEA Poggio Rusco - Bologna Centrale (SFM3 A)
- LINEA Ferrara - Bologna Centrale (SFM4 A)
- LINEA Modena - Bologna Centrale (SFM5 A)

In considerazione della percorrenza media rilevata sulle linee (treni/giorno) e del numero di passeggeri in transito, sono stati determinati i livelli di esposizione e i danni conseguenti nelle aree di influenza

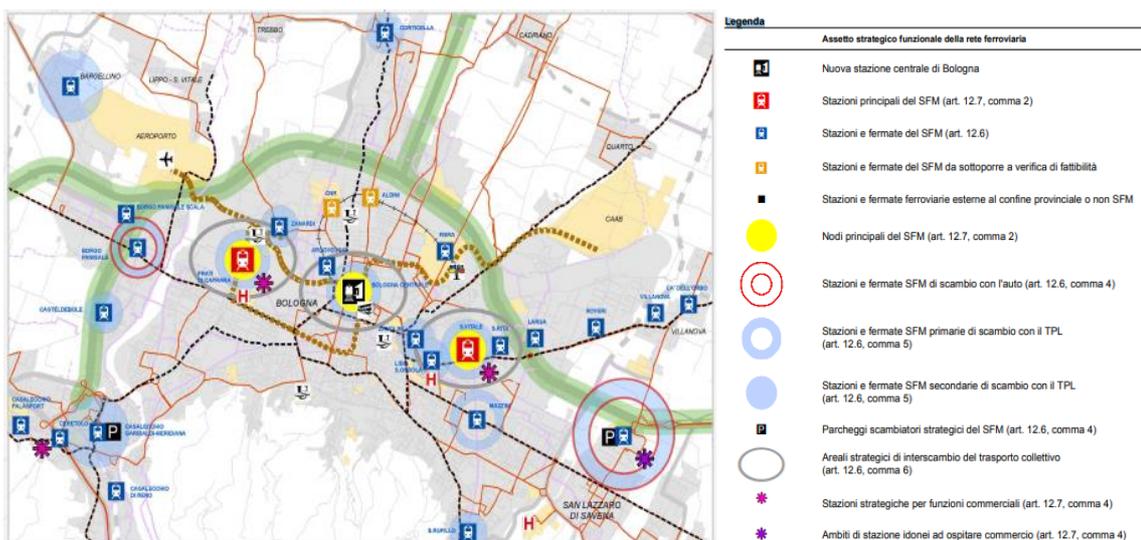


Figura 201 - Assetto strategico funzionale della rete ferroviaria [https://www.cittametropolitana.bo.it/pianificazione/PTCP_-_documenti_di_piano]

degli eventi iniziatori.

³⁰ Ultima rilevazione disponibile, TGM di tratta anno di riferimento 2019

L'analisi completa ha restituito il valore dell'Indicatore di Rischio totale ferroviario (somma del rischio da impatto dell'aeromobile e dell'innesco del carburante con esito di pool e flash fire) indicato in Tabella 141 con il relativo Tempo di ritorno (T_R). E' utile sottolineare che, il valore ottenuto, in termini comparativi rispetto all'incidentalità tipica ferroviaria, risulta mediamente inferiore di circa due ordini di grandezza.

		Tempo di Ritorno (T_R)
Rischio totale ferroviario	2.31E-09	5.43E+09

Tabella 141 – Sintesi dei risultati della valutazione di rischio sulla rete ferroviaria esposta

In conclusione, il rischio totale per la componente in oggetto (contributo al rischio totale di perdita di vite umane) risulta inferiore al valore soglia di $1,00E-04$ dunque, ai sensi e per gli effetti della prescrizione n°5 del Provvedimento direttoriale n°434/2018, non sono richieste misure di riduzione o eliminazione del rischio a carico del Proponente.

6.1.3 Impatto incidente aereo su aree residenziali (rif. 5.1.3): contributo all'indicatore di Rischio di perdita di vite umane

In considerazione della presenza sul territorio di centri abitati³¹ (aree urbanizzate, cfr. Figura 105), attribuita la densità demografica coerente con i dati presenti nelle tavole del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, a partire dagli eventi di impatto meccanico dell'aeromobile e dei conseguenti scenari di innesco del carburante, sono stati analizzati gli scenari evolutivi, compatibili con i potenziali effetti indotti sulla popolazione esposta.

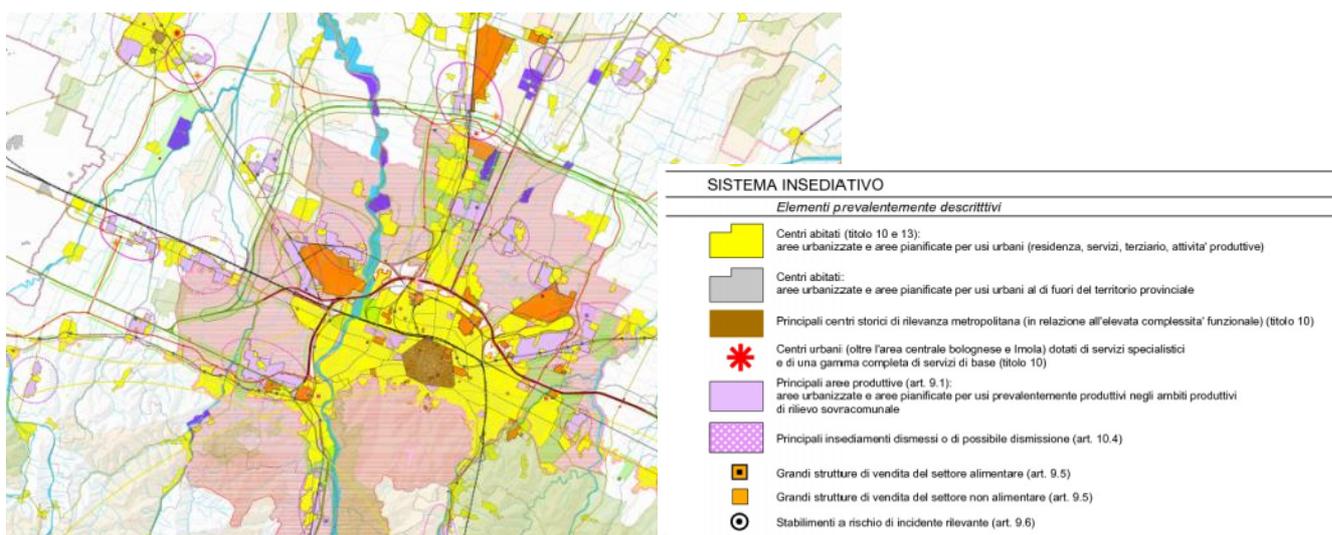


Figura 202 – Sistema insediativo [https://www.cittametropolitana.bo.it/pianificazione/PTCP_-_documenti_di_piano]

³¹ insediamenti con più di 200 abitanti in pianura e più di 50 abitanti in collina e montagna, PTCP Delibera del Consiglio Provinciale n.19 dell' 30/03/04, Variante non sostanziale di aggiornamento al PTCP, approvata con Delibera del Consiglio metropolitano n. 14 del 12/4/2017

L'analisi completa ha restituito il valore dell'Indicatore di Rischio totale per le aree residenziali (somma del rischio da impatto dell'aeromobile e dell'innescò del carburante con esito di pool e flash fire) indicato in Tabella 142 con il relativo Tempo di ritorno (T_R). Secondo i dati di letteratura, per i rischi liberamente assunti viene registrato statisticamente un rischio individuale annuo compreso tra $1.00E-01$ e $1.00E-05$, mentre per quelli involontari il range è pari a [$1.00E-06$ – $1.00E-08$]: in termini comparativi, quindi, il valore stimato del rischio totale (per le aree residenziali) risulta inferiore sia al rischio individuale che al rischio involontario.

		Tempo di Ritorno (T_R)
Rischio totale aree residenziali	4.85E-09	2.32E+10

Tabella 142 – Sintesi dei risultati della valutazione di rischio sulle aree residenziali

In conclusione, il rischio totale per la componente in oggetto (contributo al rischio totale di perdita di vite umane) risulta inferiore al valore soglia di $1,00E-04$ dunque, ai sensi e per gli effetti della prescrizione n°5 del Provvedimento direttoriale n°434/2018, non sono richieste misure di riduzione o eliminazione del rischio a carico del Proponente.

6.2 Impatto su Atmosfera e Salute umana (Effetti dell'esposizione a contaminanti rilasciati in atmosfera, rif. 5.2.1): contributo all'indicatore di Rischio di perdita di vite umane

Il rilascio di sostanze in atmosfera, causato direttamente dalla perdita catastrofica per rottura meccanica e successiva evaporazione del carburante avio o per rilascio di prodotti tossici a seguito dell'incendio (pool fire e flash fire), comporta la formazione di nubi di vapori con caratteristiche di tossicità e infiammabilità, che possono essere disperse senza causare alcun pericolo acuto ed immediato nelle aree immediatamente limitrofe alla fonte di emissione ma interessando i recettori sensibili anche a notevole distanza dalla sorgente di emissione o subire un'attenuazione della pericolosità in funzione della distanza dalla fonte di emissione, a seconda del fenomeno specifico che si considera.

Una nube di gas infiammabile assume carattere di criticità quando la concentrazione della sostanza (esprimibile in ppm o percentuale volumetrica) è compresa tra il Limite Inferiore di Infiammabilità (LFL) e il Limite Superiore di Infiammabilità (UFL). La condizione, pertanto, non interessa la zona prossima alla sezione di rilascio né la zona che, in funzione della distanza dal punto di rilascio, ove la sostanza risulti sufficientemente dispersa (o diluita) nell'atmosfera³².

Le caratteristiche della nube dipendono dalla modalità e dal tempo in cui avviene il rilascio, che è stato assunto finito, proprio di un fenomeno transitorio definito dal rilascio istantaneo del carburante a seguito di impatto catastrofico.

La dispersione è funzione della velocità iniziale che, nel caso analizzato, può essere associata ad un rilascio di gas di densità inferiore a quella dell'aria. L'ipotesi di rilascio temporaneo con formazione di

³² Una nube di sostanza tossica è tanto più pericolosa quanto è più alta la concentrazione, che, seguendo le leggi della dispersione, diminuisce allontanandosi dalla sorgente, fino ad arrivare a concentrazioni non nocive.

una nube isolata, implica che l'energia cinetica si annulli a breve distanza con modalità di dispersione assimilabile a un rilascio a bassa energia cinetica.

Gli scenari analizzati, a seguito di impatto meccanico (crash) e innesco del carburante sversato nelle diverse condizioni e modalità (combinando le condizioni meteorologiche, le caratteristiche della superficie d'impatto, le capacità specifiche dei serbatoi della flotta aerea) rappresentano, per costruzione del modello di analisi il Gruppo Completo di Scenari³³ coerenti con le assunzioni ed esaustivi in termini di rappresentatività.

L'impatto specifico preso a riferimento per la salute umana (in termini di qualità dell'aria) è associato alla dispersione in atmosfera di gas tossici e particolato a partire da un potenziale incendio sviluppatosi in seguito all'incidente dell'aeromobile (scenari di pool fire e flash fire).

L'analisi, al netto degli effetti istantanei che comportano livelli di esposizione compatibili con la perdita di vite umane, implica un rischio per la matrice ambientale e, di riflesso, per la salute umana, circoscritto ad un transitorio gestibile con le modalità e le procedure previste in condizioni di emergenza e riferibili ai piani di emergenza territoriali in vigore.

In particolare, richiamando i risultati prodotti dall'analisi, il fenomeno rappresentato dall'emissione di monossido di carbonio a partire dall'incendio del cherosene per effetto di un evento incidentale a seguito di un impatto aereo al suolo, ha una durata limitata nel tempo, coincidente con il tempo di combustione, con emissioni per una durata complessiva pari a 120 secondi nel caso di pozza su cemento e a 300 secondi nel caso di pozza su terreno, e comporta concentrazioni piuttosto elevate ma che si dissolvono nell'arco di alcuni minuti riportando brevemente le concentrazioni ben al di sotto dei valori di soglia considerati.

Gli effetti derivanti dalla dispersione in atmosfera di monossido di carbonio (CO) sono sintetizzati di seguito:

Caratteristiche	Gas prodotto dalla combustione incompleta delle sostanze contenenti carbonio. Il monossido di carbonio è un gas incolore e inodore.
Periodicità critiche	Le condizioni più favorevoli al ristagno degli inquinanti si verificano nei periodi invernali.
Effetti sulla salute	Il CO raggiunge facilmente gli alveoli polmonari e quindi il sangue dove compete con l'ossigeno per il legame con l'emoglobina. La carbossiemoglobina così formata è circa 250 volte più stabile dell'ossiemoglobina e quindi riduce notevolmente la capacità del sangue di portare ossigeno ai tessuti. Gli effetti sanitari sono essenzialmente riconducibili ai danni causati dall'ipossia a carico del sistema nervoso, cardiovascolare e muscolare.

Tabella 143 – Effetti della dispersione in atmosfera di monossido di carbonio (CO) sulla salute umana

Sulla base dei risultati ottenuti, uno sversamento di cherosene dovuto ad un impatto aereo al suolo con conseguente innesco del combustibile potrebbe comportare al massimo dei rischi per la qualità dell'aria e quindi indirettamente per la salute umana, per un tempo limitato e di facile gestione in fase emergenziale (cfr. §5.2.1).

Le curve di isoconcentrazione qui rappresentate (cfr. Figura 203) e dedotte dall'analisi sono applicabili ad ogni punto di rilascio nell'area di studio e rappresentate, ai soli fini esplicativi, in corrispondenza di un contesto territoriale urbanizzato sotteso alla curva di isoprobabilità 1E-06 (dedotta dallo studio condotto da Sapienza ed ENAC nel 2011) nel quadrante Sud-Est comprensivo della testata T30.

³³ in senso algebrico

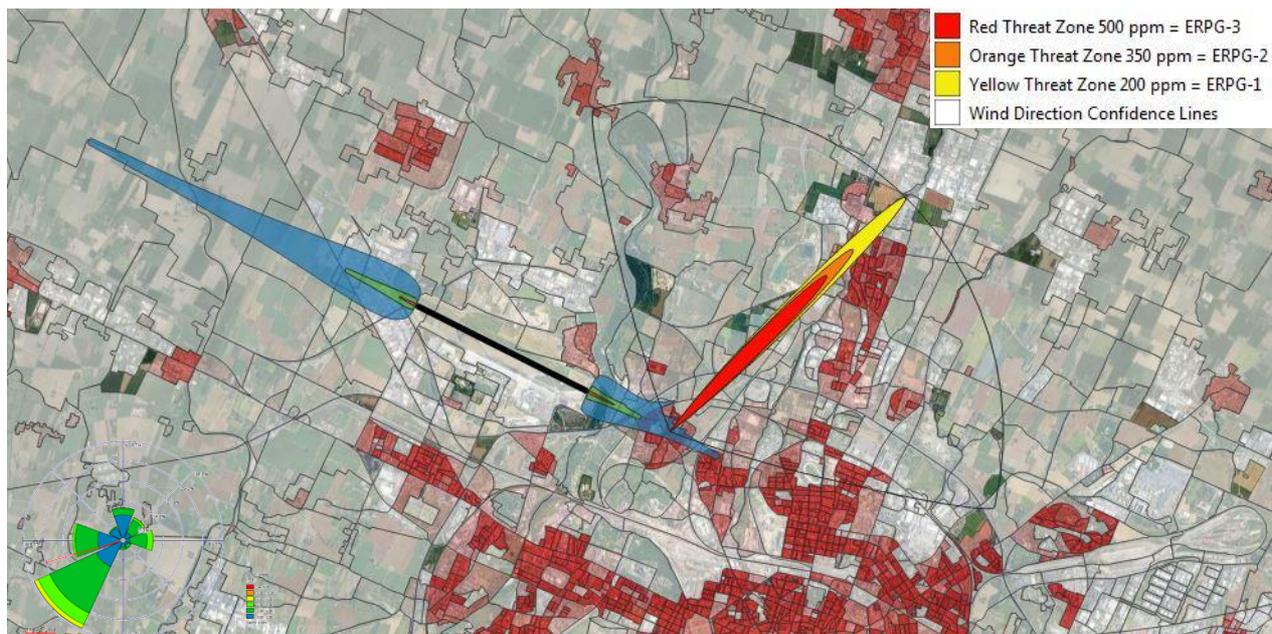


Figura 203 – Rappresentazione delle curve di isoconcentrazione nel quadrante Sud-Est comprensivo della testata T30

Gli effetti indotti sulla qualità dell'aria e, indirettamente, sulla salute umana e non ricompresi nel rischio di morte possono ritenersi associati alle emissioni di gas inquinanti a seguito dell'innesco del carburante sversato dai serbatoi di un aeromobile per crash meccanico (impatto al suolo).

Le potenziali emissioni sono state definite in modo quantitativo partendo dall'ipotesi di sversamento dei serbatoi dell'aeromobile rappresentativo della condizione più gravosa (quantitativo massimo disperso). E' stata, quindi, cautelativamente assunta l'ipotesi peggiore, ovvero la rottura di tutti i serbatoi dell'aeromobile a maggiore capacità ed il conseguente sversamento del loro intero contenuto.

Dalle simulazioni effettuate è risultato che il fenomeno di emissione (legato al tempo di combustione) è circoscritto a pochi minuti e le concentrazioni di monossido di carbonio rientrano al di sotto dei valori limite ERPG (Emergency Response Planning Guide) dopo poche ore dall'accadimento dell'evento.

Per quanto concerne la dispersione senza innesco (Toxic Threat Zone) a partire dagli scenari di rilascio analizzati mediante il modello ETA e simulati in termini di pericolosità specifica, si evidenzia che il fenomeno presenta valori di Indicatore di Rischio residenziale riportati in tabella 144 e tempi di ritorno definiti, rispettivamente per le due testate, nelle tabelle 145 e 146.

	Tempo di Ritorno (T_R)	
Rischio totale rilascio in atmosfera TTZ_T12_T30	1.90E-09	3.48E+09

Tabella 144 – Indicatore di Rischio residenziale totale – Toxic Threat Zone (flash fire)

zona esterna	zona intermedia
P_crash(fine ramo)	P_crash(fine ramo)
< 1E-06	1E-06
P_impatto area residenziale	P_impatto area residenziale
2.87E-01	1.14E-02
TOXIC THREAT ZONE P_flash fire	
9.99E-04	
P_{TTZ} T12	P_{TTZ} T12
< 2.87E-10	1.14 E-11
T_RTTZ T12	T_RTTZ T12
> 3.48E+9	8.78E+10

Tabella 145 – Definizione tempi di ritorno Rischio residenziale totale – Toxic Threat Zone (flash fire) T12

zona esterna	zona intermedia
P_crash(fine ramo)	P_crash(fine ramo)
< 1E-06	1E-06
P_impatto area residenziale	P_impatto area residenziale
2.87E-01	6.55E-01
TOXIC THREAT ZONE P_flash fire	
9.99E-04	
P_{TTZ} T30	P_{TTZ} T30
< 2.87E-10	6.55 E-10
T_RTTZ T30	T_RTTZ T30
> 3.48E+9	1.53E+09

Tabella 146 – Definizione tempi di ritorno Rischio residenziale totale – Toxic Threat Zone (flash fire) T30

In conclusione, il rischio totale per la componente in oggetto (contributo al rischio totale di perdita di vite umane) risulta inferiore al valore soglia di 1,00E-04 dunque, ai sensi e per gli effetti della prescrizione n°5 del Provvedimento direttoriale n°434/2018, non sono richieste misure di riduzione o eliminazione del rischio a carico del Proponente.

6.3 Impatto sulle matrici ambientali

6.3.1 Suolo, Sottosuolo e Acque sotterranee (Effetti di contaminazione, Contaminazione della falda, rif. 5.2.2): contributo alla stima dei danni materiali

Dalle analisi svolte, si ritiene che lo sversamento di combustibile in corrispondenza di aree non pavimentate e limitrofe alla pista (fuori pista) possa indurre condizioni critiche locali per superamento delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione di riferimento (cfr. D.Lgs. 152/06 Allegato 5, Parte IV, Tabella 1, colonna A - Siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale).

Per effetto delle caratteristiche di permeabilità dei terreni superficiali, è ipotizzabile che tale contaminazione interessi, a 8 settimane dall'evento incidentale, solo i primi **30 cm di terreno** (il dato rimane inalterato a 365 giorni dallo sversamento, come si evince dai risultati riportati in tabella 168 con riferimento all'ipotesi di saturazione dello strato vadoso pari al 30%) dal piano campagna nel caso in cui non venga attuato alcun intervento di trattamento nella fase di gestione dell'emergenza, del carburante sversato. La scelta più appropriata dell'intervento di contenimento, funzione anche delle condizioni meteorologiche locali, può prevedere, infatti, di arginare lo spandimento del prodotto con terra asciutta, sabbia o altro materiale non infiammabile. Gli sversamenti di grande entità, in caso di rilascio per rottura catastrofica di tutti i serbatoi dell'aeromobile, possono essere ricoperti con cautela da altre sostanze, anche estinguenti (ad esempio, schiuma), al fine di prevenire i rischi di incendio.

Per eventuali rilasci che comportino la permeazione dello strato superficiale del terreno, l'attuazione di un intervento di contenimento, previsto in fase di gestione dell'emergenza, consentirebbe dunque di limitare la percolazione dell'inquinante.

Infatti, come già richiamato alle indicazioni contenute nella scheda di sicurezza³⁴, in caso di spandimenti sul suolo, indicano le operazioni da realizzare per arginare lo spandimento e la percolazione arginando il prodotto con terra asciutta, sabbia o altro materiale non infiammabile. La contaminazione del terreno richiede, infine, il trattamento dello strato contaminato secondo la tipologia di intervento più idonea, in accordo con le previsioni di legge³⁵.

	Probabilità di impatto (P _{imp})	Tempo di Ritorno (T _R)
Impatto al suolo		
Zona alta tutela	5.99E-05	1.67E+04
Zona interna	4.20E-06	2.38E+05
Zona intermedia	1.90E-07	5.25E+06
Zona esterna	8.49E-07	1.18E+06

Tabella 147 – Probabilità d'impatto al suolo e tempi di ritorno

Giorno	Profondità [cm]	Saturazione [%]	Volume [m3]	Massa [kg]	Concentrazione [mg/kg]	CSC – A [mg/kg]	CSC – B [mg/kg]
7	0,2177	0,3264	0,03264	26,112	16320	50	750
14	0,2312	0,3062	0,03062	24,496	15310	50	750
21	0,2392	0,2953	0,02953	23,624	14765	50	750
28	0,2448	0,2878	0,02878	23,024	14390	50	750
35	0,2492	0,2823	0,02823	22,584	14115	50	750
42	0,2528	0,2778	0,02778	22,224	13890	50	750
49	0,2558	0,2742	0,02742	21,936	13710	50	750
56	0,2584	0,2712	0,02712	21,696	13560	50	750
365	0,2916	0,2345	0,02345	18,760	11725	50	750

Tabella 148 – Sintesi dei risultati della valutazione di impatto sul suolo in termini di probabilità, di tempo di ritorno e di verifica di compliance rispetto ai CSC (saturazione strato vadoso 30%)

Tenuto conto, quindi, delle probabilità di accadimento degli eventi (e dei relativi tempi di ritorno) riportate in tabella 147, e delle modalità di intervento più adeguate, i rilasci sul suolo e, conseguentemente, l'interessamento dello strato superficiale di sottosuolo, possono ritenersi non

³⁴ Scheda di sicurezza Conforme al Regolamento (CE) n. 1907/2006 e s.m.i.

³⁵ All. III, D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152

rilevanti, ai fini di eventuali contaminazioni a medio e lungo termine, purché gestiti attraverso l'attuazione di protocolli d'intervento coerenti e previsti nel PPE.

E' stato valutato, inoltre, l'evento di rilascio di combustibile in corrispondenza di aree drenanti non pavimentate (fuori pista) con verifica di percolazione e permeazione fino all'eventuale interessamento delle falde acquifere e conseguente fenomeno di trasporto dell'inquinante. In particolare, ai fini dell'analisi, sono stati considerati gli effetti rispetto alla posizione della falda, distinguendo in:

- **falde superficiali** (ubiccate mediamente a partire da 3 m di profondità), che potrebbero essere destinate ad uso agricolo/zootecnico. La posizione della falda acquifera (rilevata anche considerate le fluttuazioni stagionali legate a fenomeni meteorologici di ricarica del bacino) e la composizione del terreno (che ha effetto sulle caratteristiche idrogeologiche dell'area) restituiscono una condizione di incompatibilità con l'interessamento della falda superficiale che, quindi, non è affetta da un reale rischio di contaminazione rilevabile a medio/lungo termine.
- **falde profonde** (ubiccate mediamente a 300 m di profondità), interessate da opere di captazione a servizio dell'acquedotto primario della città di Bologna e dei comuni limitrofi. La posizione della falda acquifera (rilevata anche considerati la natura dell'acquifero e quindi i tempi di ricarica) restituisce una condizione di incompatibilità con l'interessamento della falda profonda che, quindi, non determina alcun rischio di contaminazione rilevabile a medio/lungo termine.

In conclusione, il danno materiale per la matrice ambientale analizzata (falde superficiali e profonde) risulta quantificato in termini di area di impatto e tempo di risposta, ai sensi e per gli effetti della prescrizione n°5 del Provvedimento direttoriale n°434/2018. Ciò implica che, in caso di interessamento delle acque superficiali, l'effetto dello sversamento sia contenuto con tempi di intervento inferiori ai tempi di risposta individuati per i corpi idrici superficiali. Pertanto, le procedure di intervento in emergenza per gli scenari individuati rientrano nelle previsioni dal Piano di Emergenza Esterno. Non sono richieste ulteriori misure di riduzione o eliminazione del rischio a carico del Proponente.

6.3.2 Impatto sulle Acque superficiali (rif. 5.3): contributo alla stima dei danni materiali

L'impatto prevedibile sulle acque superficiali è determinato, in via prioritaria, dallo sversamento del carburante dai serbatoi dell'aeromobile, danneggiati in seguito a impatto meccanico al suolo, in un corpo idrico superficiale, per caduta immediata (diretta) o per effetto indiretto legato ai fenomeni di drenaggio superficiale. Presi a riferimento i corpi idrici principali nell'area di influenza, i tempi previsti perché il combustibile possa raggiungere, per trasporto lungo il reticolo idraulico minore, i corsi d'acqua principali, sono ipotizzabili dell'ordine di alcune ore nella condizioni più critica (da un minimo di 4 ore fino a 7-8 ore). Conseguentemente **non si ritiene potenzialmente critico l'impatto associato a questo tipo di fenomeno incidentale** poiché i tempi valutati consentono l'attivazione delle misure di intervento previste in emergenza e di quelle procedure d'intervento specifiche (**contenimento dello sversamento** nel corpo idrico: ad esempio, utilizzo di panne assorbenti e **azioni di confinamento**: ad esempio, sistemi di aspirazione) con conseguente riduzione del rischio ambientale indotto.

Si rileva che la presenza del fiume Reno, a ridosso della testata 30 della pista, comporta un interessamento diretto nel caso di impatto aereo con conseguente rilascio immediato o immediatamente successivo all'impatto nelle acque superficiali. Il fenomeno, pur rivestendo una rilevanza specifica nell'ambito delle valutazioni di impatto sulle acque superficiali, è tuttavia

condizionato positivamente dalla **probabilità di accadimento dell'evento** nella zona specifica che risulta pari a:

- zona interna: **1.78E-06** [eventi/anno]
- zona intermedia: **6.43E-08** [eventi/anno]
- zona esterna: **< 6.43E-08** [eventi/anno]

Nella condizione più critica, pertanto, l'evento di sversamento avviene con un tempo di ritorno stimato pari circa a **31000 anni**.

Nell'area d'influenza, ma non a ridosso della pista, risultano individuati altri alvei che sono interessati da corsi d'acqua minori e che, se oggetto di sversamenti diretti per effetto dell'impatto di aeromobili, restituiscono condizioni di gestione dell'emergenza meno gravose (in termini di tempo disponibile ad attuare l'intervento ed effetti indotti dallo sversamento)

	Probabilità di impatto (Pimp)	Tempo di Ritorno (T _R)
Impatto sulle acque superficiali		
Zona ad alta tutela	-	-
Zona interna	1.78E-06	5.62E+05
Zona intermedia	6.43E-08	1.56E+07
Zona esterna	< 6.43E-08	> 1.56E+07

Tabella 149 – Sintesi dei risultati della valutazione di impatto sulle acque superficiali

Coerentemente alle ipotesi del modello adottato come rappresentativo delle condizioni di accadimento ed evoluzione del flusso del pericolo, le probabilità di impatto sulle acque superficiali, e i relativi tempi di ritorno, sono tali da definire condizioni di accettabilità del rischio residuo.

Inoltre, i risultati analitici forniscono indicazioni sui tempi caratteristici che intercorrono tra un potenziale sversamento di carburante in un corpo idrico superficiale (i due esempi sviluppati al § 5.3 fanno riferimento a corpi idrici con caratteristiche differenti e rappresentativi delle acque superficiali nell'aerale di studio) con effetti di contaminazione diffusa. Questi tempi, verificati modellando le caratteristiche dei corpi idrici con opportune semplificazioni (comunque cautelative), variano da circa un'ora fino a 3-4 ore. Come già evidenziato, i restanti corsi d'acqua minori (in termini di lunghezza, andamento, portata) sono inclusi nell'analisi in quanto le due condizioni limite simulate definiscono il range dei tempi di intervento disponibili alla gestione dell'emergenza nell'immediatezza dell'evento di sversamento. Pertanto, qualora si verificasse uno sversamento nel corpo idrico superficiale, risultano definiti i tempi di risposta (cfr. Tabella 150). Tali tempi di risposta risultano compatibili con quelli necessari all'attuazione delle procedure di intervento in emergenza.

	Torrente Lavinio (tempo minimo)	Fiume Reno (tempo massimo)
Tempo di transito_{media} [h:m]	2:40	3:56
Tempo di transito_{Tr=30} [h:m]	1:15	1:25
Tempo di transito_{Tr=100} [h:m]	00:50	1:17

Tabella 150 – Tempi minimo e massimo di intervento in funzione dei tempi di transito determinati su condizioni rappresentative

In conclusione, il danno materiale per la matrice ambientale analizzata (acque superficiali) risulta quantificato in termini di area di impatto e tempo di risposta, ai sensi e per gli effetti della prescrizione n°5 del Provvedimento direttoriale n°434/2018. Ciò implica che, in caso di interessamento delle acque superficiali, l'effetto dello sversamento sia contenuto con tempi di intervento inferiori ai tempi di risposta individuati per i corpi idrici superficiali. Pertanto, le procedure di intervento in emergenza per gli scenari individuati rientrano nelle previsioni dal Piano di Emergenza Esterno. Non sono richieste ulteriori misure di riduzione o eliminazione del rischio a carico del Proponente.

6.3.3 Impatto sulla Vegetazione (incendio delle aree boschive, impatto su Flora e Fauna, rif. 5.4): contributo alla stima dei danni materiali

Per stimare l'effetto della pericolosità specifica derivante da incidente aereo sulla vegetazione presente nell'area d'influenza, si è assunto che la velocità di propagazione di un incendio riferita al contesto e funzione delle condizioni meteorologiche locali è condizionata dalla velocità e dalla direzione prevalente del vento, registrate nella zona. Dai dati anemologici disponibili risulta che la **massima velocità di propagazione ipotizzabile**, funzione anche delle caratteristiche della vegetazione coinvolta, è compatibile con un intervento di mitigazione e controllo dell'incendio, attraverso l'attuazione delle procedure di emergenza messe in atto dagli Enti tecnici locali preposti alla gestione delle emergenze.

In particolare, i due quadranti oggetto di studio (come individuati dagli scenari di impatto aereo) risultano a prevalente presenza di aree antropizzate o caratterizzate da terreno agricolo (naturalità medio-bassa). In particolare, il quadrante Nord-Ovest, interessato dalla testata 12 della pista, non presenta aree boschive prossimali né distanti che possano essere interessate dagli effetti degli incidenti a velivoli. La limitata estensione degli ambiti caratterizzati da naturalità medio-alta, quindi, comporta un basso rischio di impatto sulla salute della flora e della fauna presenti.

Nel quadrante Sud-Est, lungo gli argini del fiume Reno, sono presenti aree boschive per una superficie complessiva, ricadente nelle aree d'impatto indicate, pari a 11 ha circa. L'interessamento diretto della superficie boschiva, per gli eventi di impatto aereo considerati, presenta probabilità di accadimento inferiori ai valori individuati nello studio di impatto aereo.

In funzione, quindi, della distribuzione di aree boschive e aree in cui sono presenti coltivazioni, è stata valutata la probabilità di impatto meccanico dell'aeromobile e di successivo innesco da pozza o da nube, definendo anche i tempi di ritorno degli eventi.

Il fenomeno, pur rivestendo una rilevanza specifica nell'ambito delle valutazioni di impatto sulle aree boschive, è tuttavia condizionato positivamente dalla **probabilità di accadimento dell'evento** nella zona specifica che risulta pari a:

- zona ad alta tutela: **5.05E-07** [eventi/anno], $T_R = 1.98E+06$
- zona interna: **1.16E-07** [eventi/anno], $T_R = 8.62E+06$
- zona intermedia: **1.99E-08** [eventi/anno], $T_R = 5.03E+07$
- zona esterna: **< 1.99E-08** [eventi/anno], $T_R = > 5.03E+07$

Nella condizione più critica, pertanto, l'evento di incendio dell'area boschiva avviene con un tempo di ritorno T_R stimato pari circa a $2.00E+06$ anni. In generale, i tempi di ritorno associati agli eventi sono dell'ordine di $10E+06$ - $10E+07$ anni e restituiscono, quindi, una condizione per cui gli eventi incidentali e le conseguenze correlate possono ritenersi assolutamente trascurabili rispetto ad altri rischi analizzati nel presente studio come termini di paragone (ad es., il rischio sismico).

Si evidenzia, inoltre, che i principali ambiti a naturalità medio-alta sono individuabili in corrispondenza delle zone spondali che caratterizzano il corpo idrico principale del reticolo idraulico. Pertanto, i fattori di pressione ambientale, indotti dagli eventi incidentali compatibili con l'area d'influenza, sono riconducibili a quelli già analizzati per il caso di sversamento/trasporto di inquinanti lungo i corsi d'acqua o compromissione di ambienti naturali per effetto di incendio incontrollato. Tali **fattori di impatto** risultano comunque **reversibili a breve/medio termine** con interessamento di limitate aree a ridosso del reticolo idraulico, non caratterizzato da specie animali fluviali di particolare interesse, per quanto acquisito durante la ricerca bibliografica. Ogni effetto residuo prevedibile sulla componente naturalistica può, pertanto, ritenersi trascurabile.

	Probabilità di impatto (Pimp)	Tempo di Ritorno (T _R)
Impatto sulla flora e sulla fauna		
Zona ad alta tutela	5.05E-07	1.98E+06
Zona interna	1.16E-07	8.62E+06
Zona intermedia	1.99E-08	5.03E+07
Zona esterna	< 1.99E-08	> 5.03E+07

Tabella 151 – Sintesi dei risultati della valutazione di impatto su flora e fauna

Dalla modellazione del fenomeno è emerso che la previsione dello sviluppo di un incendio coinvolgente la vegetazione risulta complessa, in termini di quantificazione del danno atteso, perché condizionata da molteplici fattori. Ciò che si evince dall'analisi della bibliografia scientifica in materia e dall'applicazione del modello di analisi generale, è che l'evento prevede condizioni di sviluppo dello scenario di pericolo che risultano fortemente condizionate dalla velocità e dalla direzione del vento e dalle caratteristiche della vegetazione interessata. Pertanto, si può ipotizzare che:

- nelle **aree boschive**, ipotizzando una superficie piana e condizioni del vento caratterizzate da velocità e direzione compatibili con il periodo meteorologico scelto come rappresentativo degli scenari di innesco da pozza o da nube, la velocità di avanzamento del fronte di fiamma, in direzione sud-ovest, è mediamente pari a circa 9 km/h e la geometria del perimetro di incendio è ellittica;
- nelle **aree a destinazione d'uso agricola** e nelle **aree caratterizzate da vegetazione di copertura rasa (manto erboso)**, ipotizzando una superficie piana e condizioni del vento caratterizzate da velocità e direzione compatibili con il periodo meteorologico scelto come rappresentativo degli scenari di innesco da pozza o da nube, la velocità di avanzamento del fronte di fiamma, in direzione sud-ovest, può raggiungere anche i 20 km/h e la geometria del perimetro di incendio è ellittica.

In conclusione, il danno materiale per le matrici ambientali analizzate (aree boschive, aree a destinazione d'uso agricola e aree caratterizzate da vegetazione di copertura rasa) risulta quantificato in termini di area di impatto e di velocità di avanzamento del fronte di fiamma, ai sensi e per gli effetti della prescrizione n°5 del Provvedimento direttoriale n°434/2018. Pertanto, le procedure di intervento in emergenza per gli scenari individuati rientrano nelle previsioni dal Piano di Emergenza Esterno. Non sono richieste ulteriori misure di riduzione o eliminazione del rischio a carico del Proponente.

6.4 Impatto sul Paesaggio e sui Beni Culturali (Distruzione per impatto meccanico, rif. 5.5.4): contributo alla stima dei danni materiali

Le analisi effettuate hanno evidenziato che la maggioranza dei beni architettonici di interesse culturale censiti nell'area d'influenza possa ritenersi esposta a **rischi di impatto aereo trascurabili**, con probabilità di accadimento pari a **2.30E-9** eventi/anno e tempo di ritorno T_R pari a **4.35E+08** anni. Nessun bene archeologico è risultato potenzialmente esposto a rischi di impatto aereo incidentale con probabilità di accadimento superiore a tale valore.

Il rischio associato ad un impatto diretto (impatto meccanico) di un aeromobile sui beni architettonici ed archeologici censiti nell'area di studio, quindi, è ritenuto trascurabile sia in termini comparativi rispetto ad altri profili di rischio evidenziati nell'analisi (rischio sismico) sia in termini assoluti.

	Probabilità di crollo per impatto aereo (P_{c_imp})	Tempo di Ritorno (T_R)	Probabilità di crollo per sisma (P_{c_sisma})	Tempo di Ritorno (T_R)
Impatto su beni paesaggistici patrimonio culturale				
Zona esterna	2.30E-09	4.35E+08	1.00E-04 – 1.00E-03	1.00E+03-1.00E+04

Tabella 152 – Sintesi dei risultati della valutazione di impatto su paesaggio e beni culturali

In conclusione, il danno materiale per i beni paesaggistici e culturali è assunto, in analogia con le valutazioni del rischio sismico, coincidente con la distruzione del bene. Tuttavia, il rischio³⁶ derivante, ai sensi e per gli effetti della prescrizione n°5 del Provvedimento direttoriale n°434/2018, in termini comparativi, è di quattro-cinque ordini di grandezza inferiore al rischio sismico. Pertanto, non sono richieste misure di riduzione o eliminazione del rischio a carico del Proponente.

6.5 Commenti finali

In conclusione, le conseguenze attese degli incidenti causati da impatto meccanico, sviluppo compiuto di eventi iniziatori compatibili e potenziali effetti domino, generati dall'esercizio aeronautico (Masterplan 2030) nell'aeroporto di Bologna, sono risultati comparabili per estensione territoriale, e solo in alcuni casi di maggiore severità (avendo cautelativamente considerato le quantità massime sversabili e l'assenza di interventi di mitigazione), rispetto a quanto già previsto nelle analisi di sicurezza disponibili e relative all'esercizio di sistemi complessi insistenti sulla medesima area geografica (infrastrutture di viabilità, impianti industriali e impianti RIR).

Di contro, le probabilità di accadimento degli incidenti associabili al traffico aereo, tenuto conto dei movimenti effettuati sulla pista RWY 12/30, sono risultate nettamente inferiori (mediamente di 2-3 ordini di grandezza) rispetto a quelle dell'incidentalità tipica dovuta all'esercizio dei suddetti sistemi complessi, anche nel caso in cui siano state assunte, ove le condizioni specifiche lo consentono, analoghe modalità di rilascio (per quanto specificato, istantaneo per cedimento catastrofico). Conseguentemente, tali incidenti sono risultati caratterizzati da tempi di ritorno molto più lunghi.

In termini comparativi rispetto ai rischi presenti nell'area, tipici dell'attività antropica (impianti industriali, infrastrutture di servizi, ecc.), l'indicatore di rischio ascrivibile alle attività aeroportuali risulta mediamente più basso (a seconda del termine di comparazione, l'effetto indotto dal rischio

³⁶ rischio di distruzione del bene per impatto meccanico dell'aeromobile

aeroportuale è di alcuni ordini di grandezza inferiore, come evidenziato nelle trattazioni specifiche – cfr. impianti RIR, Rischio stradale, Rischio ferroviario).

Pertanto, l'esercizio aeroportuale nella realizzazione dell'adeguamento previsto non implica condizioni critiche, esprimibili sinteticamente in termini di indicatore di rischio totale (residuo), tali da comprometterne la realizzazione, considerate con effetto aggiuntivo migliorativo le condizioni di gestione dell'impianto richiamate nel piano di emergenza aeroportuale e le modalità di intervento previste nella pianificazione territoriale di emergenza.

La sintesi dei risultati, indicati nella tabella seguente, verifica il criterio soglia (1.00E-04) per il Rischio Totale d'Area (RTA), che tiene conto di tutti i contributi della valutazione effettuata, e specifica i tempi di ritorno, distinguendo gli effetti in termini di Rischio Locale Personale (RLP) aeroportuale che rappresenta la probabilità annua di subire gli effetti di un incidente per un soggetto che soggiorni in una particolare area per 24 ore al giorno e per 365 giorni l'anno e il Rischio Totale d'Area che rappresenta il **Valore Atteso del Danno** (*rischio di perdita di vite umane*) associato allo sviluppo completo degli Alberi degli Eventi considerati e, quindi, degli scenari di fine ramo conseguenti l'evoluzione del flusso del pericolo a partire dagli Eventi Iniziatori costituenti il Gruppo Completo di Eventi Incompatibili ipotizzati per le condizioni di deviazione del sistema rispetto al comportamento atteso (cfr. Tabella 153).

Indicatore di Rischio	Valore	Tempo di ritorno (T _R)	Soglia
Rischio totale d'area	1.51E-06	5.24E+07	1.00E-04
RLP aeroportuale	2.10E-08	4.76E+07	

Tabella 153 – Sintesi dei risultati della valutazione di rischio (per la sicurezza)

In conclusione, il rischio totale determinato come somma di tutti i contributi valutati ai paragrafi precedenti, risulta inferiore al valore soglia di 1,00E-04; dunque, ai sensi e per gli effetti della prescrizione n°5 del Provvedimento direttoriale n°434/2018, non sono richieste ulteriori misure di riduzione o eliminazione del rischio a carico del Proponente.

Anche rispetto alla valutazione dei rischi per la salute umana e per l'ambiente, legati alla produzione del servizio, gli eventi analizzati possono presentare effetti nel breve periodo sulla salute della popolazione che si sostanziano nell'alterazione dei parametri fisico-chimici dell'ambiente causati da un evento eccezionale di natura antropica. La normativa vigente, pur prevedendo un regime di gestione ordinaria sui temi dell'ambiente, non esclude il ricorso a procedure di carattere emergenziale e straordinario qualora si manifesti un pericolo per la salute della popolazione che risiede in un'area soggetta al rischio specifico. Tali procedure sono oggetto di pianificazione emergenziale demandata alle Autorità competenti.

Per quanto concerne le valutazioni di rischio ambientale, presentate al capitolo 5, riguardanti le matrici (sorgenti secondarie) e i relativi meccanismi di trasporto dell'inquinante, nella tabella 154 sono riassunti i risultati di sintesi in termini di Probabilità di impatto e Tempi di ritorno. Il **danno materiale conseguente** è stato valutato, a seconda delle matrici interessate, in accordo con i modelli in uso di valutazione del rischio ambientale che traducono l'impatto dell'inquinante sulla singola matrice in termini opportuni (ad esempio, per la contaminazione del suolo e del sottosuolo, il danno materiale è rappresentato dalla stima del valore di concentrazione dell'inquinante).

Impatto territoriale	Probabilità di impatto (Pimp)	Tempo di Ritorno (T _R)
Impatto sulle acque superficiali	3.20E-05	3.13E+04
Impatto sulla flora e sulla fauna	5.05E-07	1.98E+06
Impatto su paesaggio e beni culturali	2.30E-09	4.35E+08

Tabella 154 – Sintesi dei risultati della valutazione di rischio ambientale (condizione più gravosa)

Si ribadisce che nelle valutazioni che hanno portato alle quantificazioni sintetizzate nelle tabelle precedenti, sono state assunte ipotesi cautelative (a favore di sicurezza) sulla modalità di realizzazione degli eventi e sul loro sviluppo, non tenendo in considerazione la presenza, nell'ambito della gestione del sistema aeroportuale, di condizioni e modalità di controllo ed intervento che producono un effetto positivo, sia in termini di prevenzione (misure di controllo) che di protezione (misure di contenimento e di gestione delle emergenze aeroportuali). L'ipotesi è stata operata per garantire la verifica degli obiettivi di sicurezza anche nelle condizioni più gravose in cui è ipotizzabile un "black-out" del sistema durante le operazioni successive all'evento.

È evidente che i risultati dell'analisi effettuata per la verifica di ottemperanza, in termini di **possibili rischi per la salute umana e per l'ambiente, derivanti dalla vulnerabilità dell'attività aeroportuale a gravi incidenti, con stima dei danni materiali attesi nelle varie Zone di rischio, nell'area ad alta tutela, nell'area interna e nell'area intermedia ed esterna**, restituiscono una condizione di **rischio per la perdita di vite umane pari a 1.51E-06 e quindi inferiore ad 1×10^{-4} in base ai risultati di tutti gli scenari probabilistici** costituenti il Gruppo algebrico di Eventi rappresentativo del sistema analizzato. Pertanto, secondo quanto indicato all'art. 1, comma 5 della Determina prot. n. 0000434.26-11-2018 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, **al Proponente non è richiesto di individuare misure per eliminare o ridurre il danno.**

Tale risultato è determinato e deriva dalla valutazione degli scenari compatibili con l'adeguamento indicato nel MP 2030. In attuazione all'art. 715 del Codice della Navigazione, al fine di ridurre il rischio derivante dalle attività aeronautiche alle comunità presenti sul territorio limitrofo all'aeroporto, l'ENAC ha avviato e concluso le attività di concertazione con i comuni interessati (Anzola dell'Emilia, Bologna, Calderara al Reno) che hanno trasmesso gli elaborati progettuali in attuazione del quinto comma dell'art. 707 e dell'art. 715 del Codice della Navigazione, recepiti con parere favorevole da ENAC.

In ogni caso il Proponente trasmette il presente studio alle Autorità territoriali competenti per le valutazioni e determinazioni di rispettiva competenza in relazione agli adempimenti delle stesse per quanto concerne la pianificazione territoriale la destinazione d'uso del territorio interessato dalle aree di rischio precedentemente definite, nonché della definizione delle misure emergenziali.

Bibliografia³⁷

- CARTA UNICA DEL TERRITORIO, Scheda dei vincoli - Francesco Evangelisti, Direttore Settore Piani e Progetti Urbanistici, Comune di Bologna.
- Delibera di C.C. n. 133 del 14/07/2008, Comune di Bologna, PIANO STRUTTURALE COMUNALE, Quadro conoscitivo, 2008.
- ENAC, POLICY DI ATTUAZIONE DELL'ART. 715 DEL CODICE DELLA NAVIGAZIONE, DEFINIZIONE DELLA METODOLOGIAE DELLA POLICY DI ATTUAZIONE DEL RISK ASSESSMENT, Direzione Centrale Regolazione Aeroporti, ed. 12 gennaio 2010.
- STUDIO PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO INDIVIDUALE CONTRO TERZI, Aeroporto Bologna/ Borgo Panigale, 2012 - ENAC, Prof. Ing. Paola Di Mascio, Prof. Ing. Giuseppe Loprencipe.
- VERIFICA DI ASSOGGETTABILITÀ A VIA, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 26 Novembre 2018, Direttore Generale, Direzione Generale per le Valutazioni e le Autorizzazioni Ambientali.
- NOTA VALUTAZIONE DEI RISCHI AEROPORTO G. MARCONI BOLOGNA, del 4 ottobre 2019
- Progetto candidatura UNESCO portici, Valentina Orioli, TAVOLA DEI VINCOLI, ADEGUAMENTO 2020, RELAZIONE ILLUSTRATIVA, Febbraio 2020 - Assessore Urbanistica, Edilizia privata, Ambiente, Tutela e riqualificazione della Città storica.
- ICAO Airport Planning Manual pt. 2
- D. Lgs. 151/2006
- D. Lgs. 152/2006
- D. Lgs. 155/2010
- D. Lgs. 105/2015
- D. M. LL.PP. 9 maggio 2001

³⁷ l'elenco integra quanto presente in allegato cd rom alla relazione

Sitografia³⁸

- <http://www.comune.bologna.it/psc/introduzione/828>
- <http://dru.iperbole.bologna.it/pianificazione>
- <http://sitmappe.comune.bologna.it/pucviewer/flash/pucviewer.html#!/app/map/default>
- <http://dru.iperbole.bologna.it/allegati-capitolo-c-servizi-alle-persone-quadro-conoscitivo-psc>
- <http://dru.iperbole.bologna.it/tavola-dei-vincoli>
- <http://www.comune.bologna.it/poliziamunicipale/servizi/118:9650/29397/>
- [http://dru.iperbole.bologna.it/pianificazione?filter=Piano%20Strutturale%20Comunale%20\(PSC\)](http://dru.iperbole.bologna.it/pianificazione?filter=Piano%20Strutturale%20Comunale%20(PSC))
- <https://www.patrimonioculturale-er.it/webgis/>
- <http://vincoliinrete.beniculturali.it/VincoliInRete/vir/utente/login>
- http://www.cartadelrischio.it/utenti/home_utenti.asp#
- http://atti9.comune.bologna.it/atti/wpub_delibere.nsf/%24%24OpenDominoDocument.xsp?documentId=110E53868326668CC125850B0080ABEF&action=openDocument
- <http://informa.comune.bologna.it/iperbole/psc/introduzione/828>

³⁸ l'elenco integra quanto presente in allegato drive "F_244 Aeroporto Bo Studio Terze Parti (Valutazione rischio aeronautico)" alla relazione