

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI MILANO BICOCCA
Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali
Dottorato di Ricerca in Scienze Ambientali
XXIV Ciclo



**ELABORAZIONE DI UN SISTEMA INFORMATIVO PER LA
GESTIONE DI DATI TERRITORIALI IN AMBITO DI
PROTEZIONE CIVILE**

Arianna Trozzi
Matr. N. 037459

Tutor: Dr. Mattia De Amicis
DISAT, Università degli Studi di Milano Bicocca
Co-Tutor: Ing. Valentina Busini
Dipartimento CMIC "Giulio Natta", Politecnico di Milano
Coordinatore: Prof. Marco Vighi

A Emiliano

Indice

Capitolo 1	Inquadramento e obiettivi del progetto di ricerca	1
Capitolo 2	Aree di studio	9
2.1	Comunità Montana Valtellina di Tirano	9
2.2	Consorzio dell'Isola Bergamasca	12
Capitolo 3	La pianificazione e gestione delle emergenze	17
3.1	Dysaster cycle	17
3.2	Metodologie cartografiche	20
3.2.1	Hazard maps	21
3.2.2	Vulnerability maps	23
3.2.3	Risk maps	24
3.2.4	Scenari di rischio ed emergency mapping	26
3.3	La Pianificazione e gestione delle emergenze a livello locale: quadro normativo	30
3.3.1	La valutazione del rischio idrogeologico e idraulico	32
3.3.2	La valutazione del rischio incendi boschivi	33
3.3.3	La valutazione del rischio chimico - industriale	35
Capitolo 4	Implementazione di un SIT per la pianificazione di emergenza comunale	37
4.1	Introduzione. L'innovazione apportata dalla Legge Regionale per il Governo del Territorio e dai Sistemi Informativi nella pianificazione territoriale	37
4.2	Disponibilità di dati territoriali nelle aree di studio	39
4.3	Reperimento dei dati territoriali nell'area di studio Isola Bergamasca	41
4.4	Elaborazione dei temi cartografici necessari alla redazione dei Piani di Emergenza Comunali	44
4.5	Integrazione del rischio incendi boschivi nel SIT per la gestione delle emergenze della Comunità Montana Valtellina di Tirano	55

Capitolo 5 – Il rischio chimico industriale	61
5.1 Introduzione	61
5.2 Quadro legislativo comunitario, nazionale e regionale	63
5.3 Dati territoriali disponibili per la caratterizzazione del rischio chimico-industriale	68
5.4 Il Piano di Emergenza esterno	70
5.4.1 Scenari Incidentali	71
5.4.2 Livelli di protezione	72
5.5 Metodologia per la definizione degli Scenari di Rischio	74
5.5.1 Pericolosità: i potenziali eventi incidentali	75
5.5.2 Cenni sulla modellazione delle conseguenze di incidenti industriali	80
5.5.3 Valutazione del termine di sorgente	80
5.5.4 Valutazione delle conseguenze del rilascio	82
5.5.5 Modelli di simulazione	86
5.5.6 Software di modellazione	87
5.6 Caso studio	91
5.6.1 Ipotesi incidentali	93
5.6.2 Dati meteorologici	96
5.6.3 Scenari meteorologici per le simulazioni	99
5.6.4 Superficie topografica	100
5.6.5 Levels of Concern (LOCs)	102
5.6.6 Acute Exposure Guideline Levels (AEGLs)	104
5.6.7 Modellazione con PHAST 6.42	105
5.6.8 Modellazione con ALOHA 5.4.1.2	112
5.6.9 Scenari di Rischio Chimico Industriale	136
Capitolo 6 – La gestione delle Emergenze	
6.1 Dal sistema informativo al sistema di supporto alle decisioni	147
Capitolo 7 – Considerazioni conclusive e sviluppi futuri	159
Ringraziamenti	165
Bibliografia	167
Appendici	175

CAPITOLO 1

Introduzione: inquadramento e obiettivi del progetto di ricerca

Il significativo aumento di eventi disastrosi (naturali e legati alle attività umane) registrato negli ultimi decenni su scala globale, sta ponendo sempre più l'attenzione della comunità scientifica sulle strategie di riduzione del rischio. Il termine *emergency preparedness*, che comprende le attività di *emergency planning* ed *emergency management*, si riferisce alle azioni intraprese per ridurre l'impatto delle calamità, quando esse sono previste o imminenti (Alexander, 2002, 2005).

La pianificazione e la gestione delle emergenze costituiscono le due principali attività della protezione civile: un'analisi della letteratura scientifica e della più recente normativa di settore sottolinea la tendenza, in questo settore, a porre maggiore attenzione alle attività di previsione e prevenzione piuttosto che al solo intervento a catastrofe avvenuta.

Le attività di *planning* e *management* non vanno intese come processi separati, ma strettamente correlati e interdipendenti, inseriti in un più ampio processo ciclico, il *disaster cycle*, che include anche le fasi di *recovery* e *mitigation* (Alexander, 2002).

Le attività di gestione e pianificazione dell'emergenza sono demandate, in Italia, al Servizio Nazionale di Protezione Civile, organizzato in diversi livelli amministrativi, attraverso l'istituzione di strutture regionali, provinciali e locali (Legge 24 febbraio 1992, n. 225). Nel sistema delineato dalla legge istitutiva, i comuni e i sindaci assumono un ruolo di primo piano nelle operazioni di soccorso e

assistenza alla popolazione colpita da eventi calamitosi (art.15), attraverso l'organizzazione di una struttura comunale di protezione civile.

Nel recepimento della Regione Lombardia della legge istitutiva (Legge Regionale. 22 maggio 2004, n.16) è contenuto un esame più articolato delle competenze degli Enti locali, fra le quali si annovera la predisposizione e l'attuazione di Piani di Emergenza in ambito comunale o intercomunale, questi ultimi riguardanti le forme associative di cooperazione o le comunità montane.

Il Piano di Emergenza, realizzato a diverse scale territoriali, si pone dunque come il principale strumento di riduzione dei rischi cui sono esposti gli insediamenti umani, e dovrebbe supportare tutte le fasi del *disaster cycle*, non limitandosi alle sole due fasi di *preparedness* e *response*.

E' per questo motivo che la scarsa efficacia e l'incompletezza della maggior parte di tali documenti, nonché la disomogeneità di approcci con la quale, anche in ambiti territoriali locali, sono redatti e strutturati (Alexander, 2005), costituisce senz'altro una delle motivazioni per cui gravi emergenze si ripropongono con frequenza e con conseguenze spesso disastrose in termini di vittime e danni a infrastrutture, attività economiche e servizi. Generalmente si tende a considerare il Piano di Emergenza come un prodotto finale invece che un processo dinamico e integrabile con gli altri strumenti di pianificazione territoriale; esso è spesso pensato come un semplice manuale da consultare al momento del disastro invece che una base conoscitiva per l'identificazione e la mitigazione delle criticità del territorio.

Data la sua fondamentale importanza è necessario chiarire, innanzitutto, gli obiettivi di questo strumento in relazione al livello territoriale e amministrativo locale considerato in questo lavoro, ovvero quello comunale e intercomunale. L'obiettivo principale del

Piano di Emergenza Comunale (PEC) consiste in un' approfondita analisi del territorio per l'identificazione dei rischi esistenti, derivanti da pericolosità sia naturali che tecnologiche. L'attuale tendenza, almeno nell'occidente industrializzato, è quella dell'approccio "*multi hazard*" (Alexander, 2002), che conduce all'elaborazione di Piani di Emergenza "*multi-risk*".

L'identificazione dei rischi, attraverso l'analisi della pericolosità e degli elementi del territorio esposti agli eventi pericolosi, ha l'obiettivo di delimitare **scenari di rischio** specifici, sulla base dei quali progettare **procedure operative** per la gestione delle emergenze derivanti dagli eventi previsti o imprevisti.

Per quanto riguarda la disciplina della pianificazione di emergenza a livello locale, attraverso tre successive edizioni della "*Direttiva regionale per la pianificazione di emergenza degli enti locali*" (delle quali l'ultimo aggiornamento risale al maggio 2007), il legislatore regionale definisce la redazione del Piano di Emergenza Comunale come "*un processo completo che parte dall'analisi dei rischi per giungere alla definizione di scenari di rischio ad essi collegati*" e sottolinea i vantaggi conseguibili attraverso l'implementazione di tali Piani su supporti informatici, in particolare mediante l'impiego dei Sistemi Informativi Territoriali per le potenzialità che offrono nella gestione integrata di *database* e strumenti cartografici.

Questo progetto di ricerca si propone di rispondere ad alcune delle problematiche evidenziate nel settore della Pianificazione di Emergenza facendo riferimento allo specifico quadro normativo dello Stato Italiano e della Regione Lombardia. La scelta di seguire, in particolare, lo schema definito a livello regionale, è connessa contemporaneamente alla collocazione territoriale delle aree di studio e alla particolare attenzione che la normativa di Regione Lombardia pone nei confronti dell'utilizzo degli strumenti dell'*Information and*

Communication Technology (ICT). L'ampio impiego degli strumenti informatici, ed in particolare dei Sistemi Informativi Territoriali, nel settore della pianificazione e del governo del territorio ha dato avvio ad un filone di ricerca nel quale si colloca questo lavoro.

Il presente progetto si propone come principale obiettivo la progettazione e l'implementazione di un Sistema Informativo Territoriale attraverso il quale le Amministrazioni locali (comuni, comunità montane, consorzi intercomunali) possano elaborare, aggiornare, utilizzare e pubblicare il proprio Piano di Emergenza.

Come già accennato, il settore dell'informazione territoriale è andato incontro negli ultimi vent'anni a un processo di modernizzazione anche grazie all'utilizzo, ormai consolidato anche in altri settori, dei Sistemi Informativi Territoriali, implementati tramite l'utilizzo di diversi applicativi GIS (*Geographical Information Systems*). Grazie al passaggio da supporti prevalentemente cartacei a supporti digitali, la qualità, la disponibilità e l'aggiornamento dei dati territoriali sono senz'altro aumentati così come lo è la possibilità di analizzare e leggere il territorio.

Negli Enti locali, d'altro canto, e soprattutto nei piccoli comuni (gli Enti più vicini al cittadino nell'ottica del principio di sussidiarietà), l'utilizzo dei SIT non è ancora capillarmente diffuso. Un primo adeguamento a questo stato di fatto sta però avvenendo in Lombardia grazie all'implementazione dei Database Topografici, nell'ambito della Legge Regionale per il Governo del Territorio (Legge Regionale. 11 marzo 2005, n.12), seppur in modo lento e disomogeneo. La scelta è nata appunto dall'esigenza di superare l'eterogeneità che ha caratterizzato fino ad ora le basi cartografiche degli Enti locali ed avere, invece, un'infrastruttura di dati condivisa sulla quale basare le scelte regionali e locali di governo del territorio.

In tale contesto questo progetto di ricerca si propone di evidenziare i vantaggi dell'implementazione dei Piani di Emergenza Comunali tramite l'utilizzo di strumenti SIT e di sottolineare i limiti di questo approccio attualmente dovuti alla fase di trasformazione cui il settore dell'informazione territoriale sta andando incontro in questi anni.

La gestione dei dati territoriali nell'ambito di singoli comuni o di consorzi intercomunali non esaurisce la sfera delle problematiche che limitano l'efficienza delle strutture di protezione civile locali, ma rappresenta sicuramente uno degli aspetti fondamentali: la conoscenza delle criticità del territorio e delle sue risorse è alla base dell'organizzazione di tutte le strutture operative (tecnici, volontari, vigili del fuoco, forze dell'ordine, ecc.) coinvolte nella pianificazione e nella gestione delle emergenze.

Si è cercato quindi di porre l'attenzione sugli aspetti della pianificazione relativi alla disponibilità, alla qualità dei dati territoriali prodotti dagli Enti locali, dal livello regionale a quello comunale, e alla possibilità, attraverso funzionalità di analisi di vari applicativi informatici, di estrarre ed elaborare i dati territoriali di base per ottenere nuove informazioni necessarie alla Pianificazione di Emergenza, sotto forma di strati informativi (o *layer* cartografici) gestibili all'interno di un SIT.

Un'ulteriore aspetto che si è voluto affrontare riguarda l'implementazione dei PEC in ambiti comunali di dimensioni medio-piccole (da 200 a 12.000 abitanti), dove la scarsità di risorse economiche, tecniche ed umane pongono un problema nella gestione del processo di pianificazione, ma soprattutto limitano la capacità di intervento e superamento delle emergenze, richiedendo, come avvenuto in entrambe le aree di studio considerate in questo lavoro, la costituzione di forme associative di cooperazione governate da Enti

sovracomunali esistenti (Comunità Montana Valtellina di Tirano) o appositamente costituiti (Consorzio Isola Bergamasca).

L'esigenza di cooperazione nell'attività di pianificazione e gestione dell'emergenza deriva, non solo dalla necessità di condividere risorse e conoscenze, ma anche dall'estensione delle aree soggette ai rischi territoriali, che normalmente si estendono oltre i confini amministrativi. Per quanto attiene all'analisi dei rischi, è stata dedicata maggiore attenzione alla pericolosità derivante da eventi di dissesto idrogeologico e idraulico, incendi boschivi e incidenti industriali, che rappresentano criticità di rilievo sul territorio lombardo (PRIM, 2007) e, in particolare, nelle aree di studio. Come risulterà evidente dalla lettura dell'elaborato, al rischio chimico-industriale è stata dedicata un'analisi ampia e dettagliata, per rispondere ad alcune problematiche non ancora affrontate, in particolar modo per quanto attiene all'analisi di pericolosità connessa con attività produttive industriali non soggette al regime normativo delineato dalla "Legge Seveso", cui viene dedicato un ampio capitolo.

Per quanto riguarda l'utilizzo degli strumenti tecnologici (applicativi GIS e software di modellazione), con il presente lavoro non s'intende definire nel dettaglio l'architettura dell'infrastruttura di dati di un modello di SIT comunale, ma piuttosto evidenziare vantaggi e limiti dell'integrazione, in un unico sistema informativo, di dati territoriali prodotti dai vari Enti per finalità differenti e a diverse scale geografiche, per individuare, in particolare, l'eventuale carenza di informazioni fondamentali per il raggiungimento degli obiettivi di un Piano di Emergenza. Quest'ultimo aspetto viene affrontato tenendo conto dell'attuale fase di trasformazione del settore della pianificazione territoriale in Lombardia, che porterà, una volta compiuta, alla dotazione di un *Database Territoriale* in ogni Amministrazione comunale della Regione, con l'obiettivo di

raggiungere la massima interoperabilità fra i sistemi informativi locali e il Sistema Informativo Territoriale Integrato Regionale.

CAPITOLO 2

Aree di studio

Nel presente progetto sono considerate due aree di studio del territorio lombardo, il Consorzio dell'Isola Bergamasca (Provincia di Bergamo) e la Comunità Montana Valtellina di Tirano (Provincia di Sondrio). Le due aree sono coinvolte in progetti cui hanno preso parte il Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio dell'Università degli Studi di Milano Bicocca e l'Istituto per la Dinamica dei Processi Ambientali (sezione di Milano) del Consiglio Nazionale delle Ricerche. I progetti riguardano quindi due contesti amministrativi differenti: un Ente sovracomunale (Comunità Montana Valtellina di Tirano) al quale è stato dato dai sindaci un ruolo di coordinamento per la redazione dei Piani di Emergenza Comunali, e un gruppo di comuni (Consorzio Isola Bergamasca) che si sono consorziati allo scopo di condividere la pianificazione di emergenza dal punto di vista della metodologia e dell'implementazione operativa.

2.1 Comunità Montana Valtellina di Tirano

I dodici comuni della Comunità Montana (Grosio, Grosotto, Mazzo di Valtellina, Tovo Sant'Agata, Vervio, Lovero, Sernio, Tirano, Villa di Tirano, Bianzone, Aprica e Teglio) si estendono per circa 450 km² e ospitano, prevalentemente nell'area di fondovalle, circa 29.000

abitanti (figura 2.1 e tabella 2.1). Il territorio è compreso in un intervallo altitudinale fra i 373 m.s.l.m. del fondovalle e i 2900 m.s.l.m. delle cime alpine. Si tratta di una valle di origine tettonica plasmata dall'attività glaciale, rappresentativa del contesto alpino, il cui solco vallivo dell'Adda costituisce la linea di demarcazione fra le Alpi Retiche Occidentali, a nord, e le Prealpi orobiche, a sud di esso. Diverse valli tributarie convergono nella valle dell'Adda, dando origine a conoidi alluvionali di dimensioni anche importanti, che hanno incoraggiato l'insediamento antropico e lo sviluppo infrastrutturale fin dai tempi storici per le favorevoli condizioni ambientali, pur essendo aree ad elevata pericolosità idrogeologica. Infatti, il basso grado di evoluzione geomorfologia unito alla forte pendenza dei versanti e delle aste torrentizie rende il territorio della Comunità Montana particolarmente esposto a fenomeni franosi e alluvionali con possibilità di elevato trasporto di materiale solido all'interno del bacino.

Il territorio della Comunità Montana è interessato anche da un significativo rischio di incendi boschivi. La presenza di uno stabilimento soggetto alla "Legge Seveso" (art.6), inoltre, espone il territorio del Comune di Villa di Tirano al rischio di incidente rilevante. La C.M. Valtellina di Tirano costituisce una delle aree di studio del progetto Europeo *Mountain Risks – From Prediction to Management and governance* (2007/2010), sviluppato nell'ambito del Sesto Programma Quadro della Commissione Europea, cui ha preso parte il DISAT, coinvolto nel *Working Block "Quantitative Risk Assessment"*.

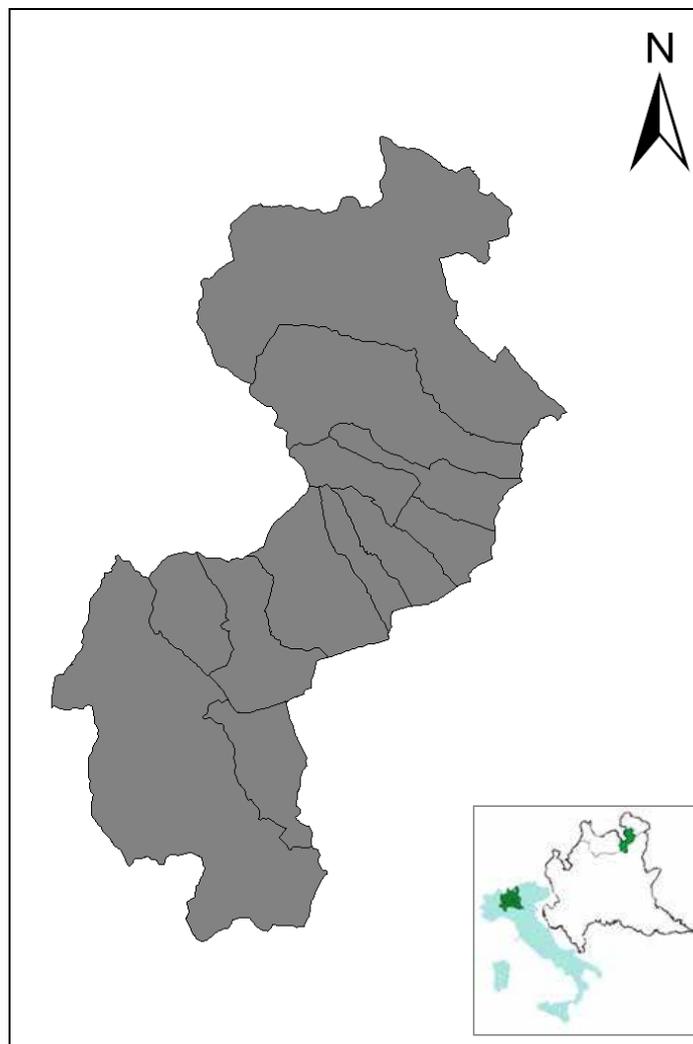


Figura 2.1 Inquadramento geografico della Comunità Montana Valtellina di Tirano

Tabella 2.1 Numero di abitanti dei comuni della Comunità Montana Valtellina di Tirano (SO)

Comune	N. abitanti
Aprica	1631
Bianzone	1236
Grosio	4816
Grosotto	1645
Lovero	643
Mazzo di Valtellina	1066
Sernio	463
Teglio	4714
Tirano	9155
Tovo Sant'Agata	580
Vervio	237
Villa di Tirano	2959

2.2 Consorzio dell'Isola Bergamasca

La seconda area di studio è identificabile nella porzione di territorio della Provincia di Bergamo che si estende, per circa 90 km², fra i fiumi Adda (ad Ovest) e Brembo (ad Est), delimitata a Nord dal limite amministrativo delle Comunità Montane della Valle Imagna e della Valle S. Martino e a Sud dalla confluenza dei due corsi d'acqua (figura 2.2).

Si tratta di un'area prevalentemente pianeggiante di origine alluvionale (quota minima 139 m.s.l.m.), con alcune piccole formazioni collinari a Nord (quota massima 710 m.s.l.m.), popolata da circa 120.000 abitanti distribuiti in 21 comuni: un territorio ad alta

densità abitativa, in cui il tessuto urbano si trova strettamente connesso agli insediamenti industriali.

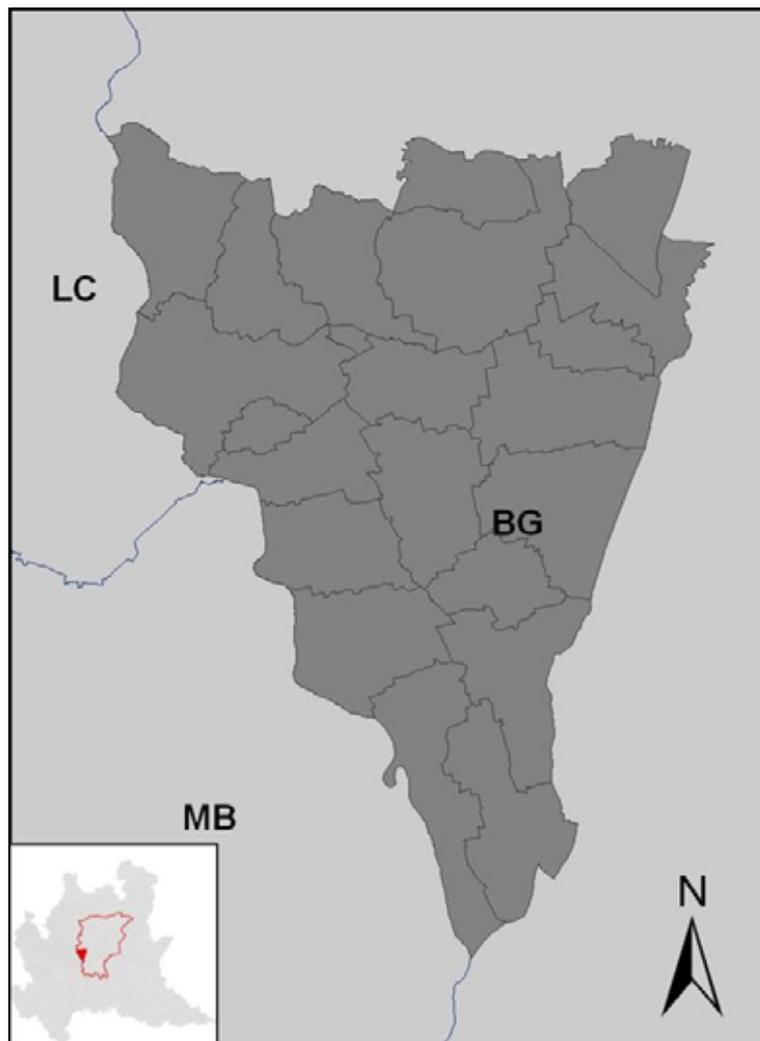


Figura 2.2 Inquadramento territoriale del Consorzio Isola Bergamasca

L'area è caratterizzata da due principali tipi di rischio: il rischio idrogeologico e idraulico e quello tecnologico (chimico – industriale). Il primo è legato alla presenza di un fitto reticolo idrografico, costituito in gran parte da affluenti del fiume Adda. Il secondo è invece dovuto all'intenso processo di industrializzazione che ha interessato il territorio: nell'Isola sono infatti presenti otto Aziende a Rischio di Incidente Rilevante (ARIR, ricadenti nel campo di applicazione degli art. 6 e 8 del D.Lgs. 334/99 - "Attuazione della Direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose"), oltre a numerosi altri stabilimenti ubicati a stretto contatto con le aree residenziali.

La Pianura è solcata da due principali corsi d'acqua, l'Adda (corso d'acqua di importanza nazionale) e il Brembo (di importanza regionale) che delimitano l'Isola, rispettivamente, ad Ovest e a Est. Il territorio ricade per la quasi totalità nel bacino del Brembo (sottobacino dell'Adda) e di quest'ultimo sono affluenti gli altri numerosi corsi d'acqua a carattere torrentizio di importanza locale: Quisa, Lesina, Borgogna, Dordo, Buliga e Grandone, procedendo da Est a Ovest. Numerosi sono poi i canali e gli impluvi che costituiscono il reticolo minore, gestito direttamente dai Comuni.

E' necessario sottolineare che in quest'area i dissesti di maggiore importanza, in particolare fenomeni di esondazione e alluvionamento, hanno riguardato principalmente i torrenti di importanza locale (afferenti al bacino del Brembo) ed il reticolo minore, le cui aree di pertinenza sono state oggetto di edificazione da diversi decenni e nei confronti dei quali non è stata effettuata una corretta manutenzione.

I dati relativi agli eventi storici registrati nel database AVI (Aree Vulnerate Italiane), a cura del CNR – GDCI (Gruppo per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche) testimoniano la frequenza con la

quale tali dissesti hanno interessato il territorio, fino al 2000 (Appendici I e II).

Per quanto riguarda fenomeni di instabilità di versante, il censimento AVI riporta alcuni eventi (Appendice II), perlopiù avvenuti nei comuni di Villa d'Adda e Sotto il Monte Giovanni XXIII, situati nella parte Nord dell'Isola, dove la morfologia del territorio è di tipo collinare e sono presenti alcuni modesti rilievi: il Monte Canto, che raggiunge quota 700 m e il Monte Giglio, 390 m.

Gli stessi dissesti sono stati censiti nell'ambito del progetto GeolFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia, 2006); che contiene anche informazioni riguardanti lo stato di attività dei dissesti catalogati.

Per quanto riguarda la realizzazione del Piano di Emergenza Intercomunale, è necessario precisare che non tutte le amministrazioni comunali hanno aderito al progetto, che ha visto comunque la partecipazione di tredici comuni (Ambivere, Brembate, Calusco d'Adda, Carvico, Chignolo d'Isola, Mapello, Medolago, Ponte San Pietro, Presezzo, Solza, Sotto il Monte, Terno d'Isola, Villa d'Adda) i quali hanno messo a disposizione una cospicua quantità di dati e informazioni (tabella 2.2).

Tabella 2.2 Estensione territoriale e numero di abitanti dei comuni del
 Consorzio Isola Bergamasca che hanno messo a disposizione i propri dati
 territoriali

COMUNE	Area (Km²)	N. Abitanti
Ambivere	3,24	2340
Brembate	5	7893
Calusco d'Adda	8,24	8218
Carvico	4,43	4531
Chignolo d'Isola	5,3	3000
Mapello	8,52	6050
Medolago	3,77	2309
Ponte San Pietro	4,56	11100
Presezzo	2,13	4480
Solza	1,23	1924
Sotto il Monte G. XXIII	5	4002
Terno d'Isola	5	7008
Villa d'Adda	6	4500

CAPITOLO 3

La pianificazione e la gestione delle emergenze

3.1 *Disaster cycle*

Un'emergenza si può definire come un evento eccezionale per il quale è necessario mettere in campo risorse e capacità organizzative straordinarie al fine fronteggiarlo (Alexander, 2002). Alcuni termini quali "disastro" o "catastrofe" vengono utilizzati spesso come sinonimi, introducendo, però, un riferimento alla "dimensione" dell'emergenza. Nel parlare di emergenze in questo elaborato, si farà invece riferimento ad esse senza alcuna connotazione dimensionale.

Un'altra distinzione si può introdurre in base alla tipologia di eventi che determinano l'emergenza, originati da processi naturali o da attività umane: questa dicotomia è però puramente convenzionale, poiché, anche nel caso di emergenze originate da fenomeni naturali (frane, alluvioni) è l'uso scorretto del territorio che determina un'interazione fra uomo e ambiente dagli esiti negativi.

Attualmente la comunità scientifica sta ponendo sempre più attenzione allo sviluppo di tecniche di analisi *multi-hazard* e *multi-risk*, di supporto alla pianificazione territoriale e alle strategie di riduzione del rischio, per includere nell'analisi le diverse modalità di interazione fra diversi fenomeni naturali (ARMONIA Project, 2007; MATRIX Project, 2010-2013) o fra fenomeni naturali e incidenti tecnologici (iNTeg-Risk Project).

La definizione sopra citata, inoltre, si riferisce eventi di natura eccezionale. In realtà molti eventi calamitosi, perlomeno quelli

originati da processi naturali, tendono a ripetersi e a ricorrere in aree ben precise: ad esempio, per i corsi d'acqua maggiori, le aree interessate da inondazione sono ben conosciute e l'analisi di pericolosità fornisce una stima dei tempi di ritorno per una piena di determinata entità.

I disastri, perlomeno quelli naturali, si possono includere in un ciclo, che consta di più fasi (figura 3.1): *mitigation, preparation, response e recovery*.

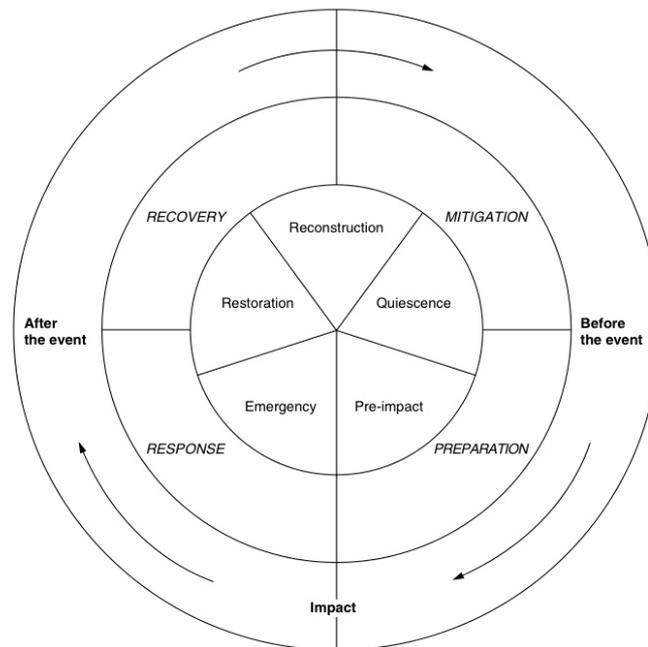


Figura 3.1 – Disaster cycle. Da *Principle of emergency planning and management*, D.Alexander, 2002. , Oxford University Press, 2002

Una pianificazione di emergenza efficace deve dunque rispondere alle problematiche che si pongono in ogni fase, non limitandosi ai soli momenti di *preparation* (o *preparedness*) e *response*.

In quest'ottica il principale scopo della pianificazione di emergenza è quello di ridurre il rischio determinato dai potenziali eventi avversi (ossia di ridurre le perdite in termini di vittime, danni alle strutture, alle attività economiche e ai servizi) e di organizzare il ritorno alle condizioni iniziali. Le fasi di *mitigation* e *preparedness* sono propedeutiche a quelle di *response* e *recovery*; ma l'esperienza derivante da queste ultime può sempre costituire un *feedback* sulle prime due, in modo da chiudere il ciclo.

La pianificazione di emergenza si configura quindi come un **processo** piuttosto che come un obiettivo da raggiungere o un prodotto finale, la cui inefficienza può tradursi in pesanti perdite (fisiche, economiche e sociali), che determinano effetti sulle comunità che possono protrarsi a lungo nel tempo.

Si possono distinguere due scale temporali della pianificazione di emergenza. La **pianificazione a lungo termine** si occupa di organizzare le misure di mitigazione del rischio, di ricostruzione dopo un evento, ma soprattutto di studiare gli aspetti che richiedono un ampio periodo di implementazione: valutazione della **pericolosità**, della **vulnerabilità** e del **rischio**, progettazione delle procedure di emergenza, predisposizione di *early warning systems*, educazione e informazione della popolazione, formazione degli operatori.

La pianificazione a **breve termine** ha il fine di garantire il rapido dispiegamento delle risorse, nel modo più efficiente possibile in relazione alla situazione emergenziale che si viene a determinare, che può discostarsi anche significativamente dagli scenari previsti.

In tutte le fasi del *disaster cycle* sono le informazioni ad assumere un ruolo chiave: più accurata è l'acquisizione e l'organizzazione delle informazioni in fase di *planning*, più efficiente sarà il processo decisionale nella fase di *management*. In questo senso l' *Information and Communication Technology* ha determinato un'evoluzione

importante nelle metodologie e negli strumenti impiegati sia in ambito di *emergency preparedness* che di *emergency response*. La sola tecnologia non può comunque assicurare un miglioramento della capacità di risoluzione dei problemi di un'organizzazione, ma, piuttosto, fornisce un mezzo per riesaminare le modalità in cui le organizzazioni cercano di risolvere problemi (Comfort, 1993).

3.2 Metodologie cartografiche

La pianificazione di emergenza si occupa di identificare i rischi territoriali, ovvero le situazioni di conflitto fra gli elementi sensibili (popolazione, infrastrutture, attività economiche) e i processi naturali e antropici che possono arrecarvi dei danni, intesi come perdite materiali, economiche e sociali. Hanno quindi un'importanza fondamentale le **relazioni spaziali** fra gli elementi: un evento franoso o una nube tossica determinano una situazione di rischio qualora si estendano in un'area in cui sono presenti elementi sensibili; in caso contrario il rischio è pari a zero. In questo senso l'uso della cartografia si pone come uno degli strumenti principali in *emergency planning*, poiché permette di elaborare un modello semplificato della realtà in cui è possibile enfatizzare alcuni aspetti di interesse (ad esempio pericolosità vulnerabilità e rischio in un dato territorio).

Nel caso della pianificazione di emergenza, il primo obiettivo è quello di mappare le aree a rischio, individuando gli elementi che saranno interessati dagli eventi previsti, per stimare le potenziali perdite. In un piano di emergenza sono coinvolte molte altre informazioni, quali la presenza di risorse (materiali, mezzi e strutture) per la gestione dell'emergenza, la cui ubicazione rispetto alle zone colpite da un evento, ha un ruolo fondamentale.

L'uso dei SIT permette, in questo senso, una gestione avanzata dei dati territoriali grazie ad una grande versatilità nell'elaborazione e nell'aggiornamento di database geografici, dai quali è possibile ottenere le cartografie di supporto al processo di *emergency planning*.

Grazie alla gestione integrata della componente geografica e di quella informativa, i SIT si configurano come strumenti di indubbia utilità anche al momento della gestione dell'emergenza, data dalla possibilità di elaborare ed estrarre le informazioni in modo rapido ed efficiente.

Nei successivi paragrafi verranno descritti brevemente gli strumenti cartografici fondamentali la cui elaborazione è propedeutica all'individuazione di scenari di rischio: mappe di pericolosità (*hazard maps*), di vulnerabilità (*vulnerability maps*) e di rischio (*risk maps*). Questi termini verranno richiamati solo brevemente per precisare, nel capitolo dedicato ai rischi esaminati, a quali definizioni si fa riferimento e a quale livello di dettaglio questi aspetti sono stati trattati. La terminologia di riferimento è quella adottata dalle Nazioni Unite, nell'ambito della *International Strategy for Risk Reduction* (UNISDR, 2009).

3.2.1 Hazard maps

Con *hazard* si indica “*un fenomeno, una sostanza, un'attività umana o una condizione pericolosa che può causare la perdita di vite, il ferimento o altri impatti sulla salute, il danneggiamento della proprietà, la perdita del sostentamento e dei servizi, lo stravolgimento sociale ed economico o un danno ambientale*” (UNISDR, 2009).

Una mappa di pericolosità rappresenta la distribuzione geografica delle aree soggette al verificarsi di eventi pericolosi, siano essi

naturali o tecnologici. Per identificare tali aree è necessario, quindi, poter determinare l'origine del fenomeno, la zona di impatto (es.:zona di distacco e *runout* di una frana, oppure origine del rilascio di una sostanza pericolosa e area in cui si diffonderà una determinata concentrazione della sostanza) e la variazione dell'intensità di tali effetti nell'area stessa, indipendentemente dalla presenza di elementi sensibili, che concorreranno, invece a determinare il rischio in una fase successiva. E' necessario inoltre individuare una soglia oltre la quale la magnitudo di un evento (ad esempio l' energia liberata) possa determinare effetti tali da generare un'emergenza (Alexander, 2002).

In una stessa area possono sussistere più pericoli che possono essere rappresentati in singole mappe o in una mappa *multi-hazard*.

Le mappe di pericolosità possono essere di tipo quantitativo o qualitativo; per le prime è necessaria la disponibilità di una maggiore quantità di informazioni e di analisi, per poter determinare le probabilità di accadimento di un fenomeno di una determinata magnitudo riferita ad un certo periodo di tempo. Le mappe di pericolosità di tipo qualitativo rappresentano invece la maggiore o minore predisposizione di un'area del territorio rispetto ad altre al verificarsi di un evento, in base ad una data combinazione di fattori; per questo vengono chiamate più correttamente mappe di "susceptibilità". Per quanto riguarda la distinzione fra eventi naturali e tecnologici, la principale differenza consiste nella possibilità di individuare l'origine dei fenomeni, che sarà ben nota nel caso di un incidente che coinvolge il rilascio di materiali pericolosi da un impianto industriale e meno semplice da determinare nel caso di un evento franoso o di un incendio boschivo; in questo caso è essenziale poter individuare e circoscrivere le aree del territorio in cui

la combinazione di determinati fattori ambientali è tale da favorire l'insorgenza dell' evento calamitoso.

In letteratura sono disponibili numerose metodologie per la redazione di *hazard* e *susceptibility maps* relative a diversi eventi naturali e tecnologici. Tali metodi si basano su tecniche analitiche di tipo modellistico, deterministico (approccio ingegneristico), o più frequentemente sono basate su metodi statistici.

3.2.2 *Vulnerability maps*

Con *vulnerability* si indicano “*le caratteristiche e le circostanze di una comunità, un sistema o una risorsa che la rendono soggetta agli effetti dannosi di un pericolo (hazard)* (UNISDR, 2009)”.

Il concetto di vulnerabilità ha una definizione complessa, poiché molteplici sono gli aspetti da considerare nell'analizzarla (fattori fisici, sociali, economici e ambientali).

Un fattore chiave è rappresentato dal pericolo cui è riferita: differenti livelli di vulnerabilità dipendono da differenti intensità dall'evento considerato, dalla sua probabilità di accadimento in un certo periodo di tempo e in una determinata area. In secondo luogo la vulnerabilità è determinata dalle caratteristiche intrinseche degli elementi esposti agli eventi pericolosi, che li rendono più o meno suscettibili a subire danni in seguito all'evento di riferimento.

Ad esempio, per un evento franoso, la vulnerabilità di un'area esposta ai suoi effetti sarà determinata principalmente in base alla presenza di popolazione e di infrastrutture: la possibilità di ridurre le conseguenze negative dell'evento (attraverso la fuga o grazie alla presenza di opere di mitigazione) concorrerà alla diminuzione o all'aumento del grado di vulnerabilità. Nel caso di un rilascio tossico, la qualità delle strutture avrà un ruolo secondario, mentre sarà la

tipologia di popolazione esposta a incidere maggiormente sull'entità delle perdite causata da un determinato evento incidentale (età delle persone, condizioni di salute, conoscenza del corretto comportamento da seguire, ecc.).

Proprio perché coinvolge molteplici aspetti della componente antropica del territorio, l'analisi di questo fattore si configura in maniera estremamente complessa: molti aspetti sociali e comportamentali possono infatti influenzare il grado di vulnerabilità di una comunità a determinati eventi avversi. Inoltre la vulnerabilità umana è funzione anche della vulnerabilità ambientale, che può determinare rischi indiretti per la popolazione, spesso sottovalutati o affatto considerati.

La vulnerabilità, come la pericolosità, può essere espressa in termini quantitativi o qualitativi, a seconda della complessità dell'analisi condotta (che a sua volta dipende dalla disponibilità di dati su tutti i fattori coinvolti) ed essere rappresentata in mappe tematiche. Spesso i dati necessari all'analisi non sono facilmente reperibili e la loro acquisizione ed elaborazione richiede tempi e costi non sostenibili nell'immediato: per questo motivo, ai fini della caratterizzazione del rischio, vengono prodotte più comunemente **mappe di esposizione al rischio**, che si limitano ad individuare gli elementi vulnerabili in virtù della collocazione spaziale rispetto alle aree di pericolosità, e a classificarli rispetto ad un singolo parametro (es.: presenza umana).

3.2.3 Risk maps

Con il termine "risk" si intende *"la combinazione fra la probabilità di un evento e le sue conseguenze negative"* (UNISDR, 2009).

La combinazione di pericolosità e vulnerabilità permette di valutare il rischio cui una comunità è esposta (figura 3.2), ovvero di valutare

quali danni, diretti e indiretti, o perdite (sociali ed economiche) può potenzialmente causare l'interazione tra i fattori che determinano la pericolosità e la componente ambientale e antropica del territorio.

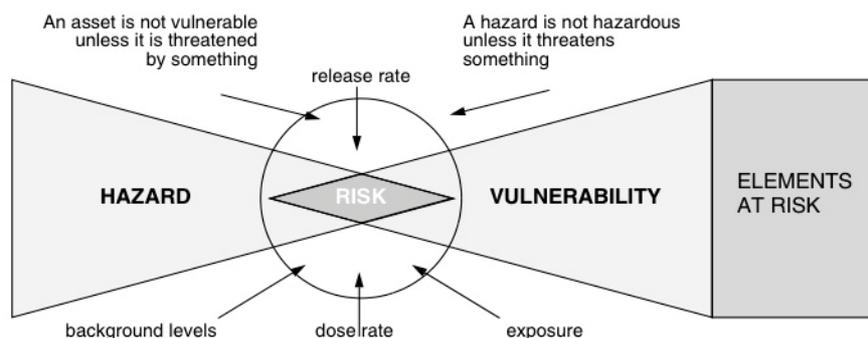


Figura 3.2 - Relazione fra hazard, vulnerability, risk e alcuni concetti ad essi associati. Da D. Alexander, *Principles of Emergency Planning and Management*, Oxford University Press, 2002.

L'analisi di rischio può essere condotta a diversi livelli di complessità, dipendenti dal livello di dettaglio secondo cui sono state valutate a loro volta pericolosità e vulnerabilità. Nell'ambito della pianificazione di emergenza predisposta in Regione Lombardia ci si limita alla sovrapposizione di mappe di pericolosità ed infrastrutture per delimitare Scenari di Rischio, riferiti ad un determinato evento.

Non è definita, né in letteratura né in normativa, una metodologia standard per l'elaborazione di mappe di rischio in generale; per alcuni tipi di rischio vengono spesso proposti metodi "speditivi", più orientati alla costruzione di scenari di rischio.

3.2.3 Scenari di rischio ed *emergency mapping*

Nell'ambito applicativo della pianificazione di emergenza, è più frequente la produzione di mappe relative a scenari di rischio che vere e proprie mappe di rischio.

La funzione principale di uno scenario è quella di identificare le aree del territorio, e quindi i singoli elementi, potenzialmente impattabili da un determinato evento. Questo permette di ottenere un'ulteriore strumento cartografico, *l'emergency map*, utilizzabile sia in fase di pianificazione che, in maniera interattiva e in tempo reale, come supporto informativo per la gestione dell'emergenza (Alexander, 2002). Una "mappa di emergenza" rappresenta generalmente alcuni elementi considerati strategici per la gestione e il superamento dell'emergenza e che quindi è necessario visualizzare in relazione alle aree interessate dalla pericolosità; alcune di esse sono, a titolo di esempio:

- Infrastrutture di trasporto (rete stradale e ferroviaria, aeroporti, stazioni), inclusi i rispettivi punti critici (gallerie, ponti, sottopassi, strettoie, passaggi a livello);
- Infrastrutture tecnologiche o *lifelines* (reti di distribuzione di servizi essenziali quali acqua, gas, corrente elettrica, idranti e pozzi idrici);
- linee e impianti per la telecomunicazione;
- strutture di assistenza sanitaria;
- sedi di strutture operative (forze dell'ordine, protezione civile);
- aree strutture di emergenza (aree di attesa, ricovero accoglienza, ammassamento mezzi).

Uguale importanza assume l'ubicazione, all'interno dello scenario, di elementi più sensibili all'impatto dell'evento, in virtù del loro particolare uso o della presenza di gruppi più vulnerabili della popolazione. Essi sono, ad esempio:

- scuole, asili d'infanzia;
- case di riposo;
- uffici pubblici;
- strutture sportive;
- centri commerciali;
- edifici di culto.

Per quanto riguarda le strutture o aree pubbliche, è evidente che, in base alla loro collocazione spaziale rispetto alle aree interessate dagli eventi, ognuna di esse potrà configurarsi come vulnerabile o strategica. La designazione di una sede di gestione dell'emergenza non potrà prescindere dallo scenario di rischio: non avrebbe senso, banalmente, pianificare la predisposizione di un'area di accoglienza della popolazione evacuata in un edificio (es.: scuola, palestra, ecc) ubicato in un'area inondabile da un corso d'acqua.

Ulteriori elementi rappresentabili in una cartografia di emergenza possono non essere realmente oggetti del territorio, ma la cui individuazione è funzionale allo svolgimento delle operazioni di *emergency management*, ad esempio: vie di fuga preferenziali per il raggiungimento dei punti di raccolta della popolazione (aree di attesa) oppure percorsi alternativi per il traffico, cancelli alla viabilità e posti di blocco.

Anche in questo caso non esistono standard o modelli predefiniti per la definizione di *layout* cartografici; è necessario selezionare un

insieme di *layer* ottimale in base alla funzione della singola mappa. Gli elementi minimali da inserire in cartografia sono più spesso definiti all'interno di alcune normative specifiche.

Si può individuare un'altra funzione di una *emergency map*, soprattutto se tale cartografia è gestita all'interno di un SIT: in seguito all'accadimento di un fenomeno, che verosimilmente si discosterà dallo scenario delineato in fase di *planning*, sarà possibile archiviare informazioni sul reale svolgimento dell'evento (es.: numero di vittime, danni alle strutture, estensione areale dell'evento) ed ottenere delle mappe di impatto (*impact maps*) utili successivamente per la revisione dello scenario stesso e per la gestione del periodo post-emergenza.

Al di là della configurazione cartografica, gli scenari di rischio rappresentano un valido supporto nel processo di pianificazione di un'emergenza, anche per attività di educazione e formazione di tutti i soggetti coinvolti: autorità di protezione civile, strutture operative, volontari e cittadini (Alexander, 2000; Menoni, 2006).

All'interno di uno scenario, quindi, si può descrivere l'insieme delle condizioni che possono contemporaneamente verificarsi. Uno scenario di rischio dettagliato può descrivere, ad esempio:

- evento (es.: colata detritica, esondazione di un corso d'acqua, incendio in area boschiva, rilascio tossico);
- magnitudo (es.: volume di materiale movimentato e velocità di movimento, quantità di materiale pericoloso rilasciato in atmosfera);
- tempistica di svolgimento (es.: tempo che intercorre fra il distacco di una frana e l'impatto del materiale in un'area abitata, tempo di diffusione di una nube tossica);

- condizioni ambientali (es.: giorno o notte, condizioni meteorologiche);
- misure di salvaguardia della popolazione (numero di persone da evacuare e aree di emergenza disponibili);
- ubicazione delle risorse.

Uno scenario può anche essere inteso come sequenza di eventi, un sistema (figura 3.3) in cui gli *input* sono specifiche condizioni e forze che provocano un cambiamento (Alexander, 2002).

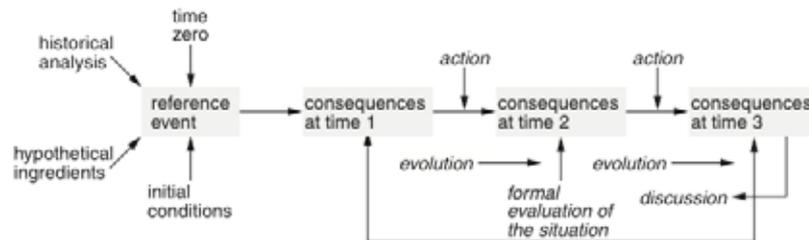


Figura 3.3 – Evoluzione temporale dello scenario di una situazione di emergenza. Da D. Alexander, *Principles of Emergency Planning and Management*, Oxford University Press, 2002

E' evidente che più sono dettagliate le informazioni ottenute dall'analisi territoriale, più è possibile arricchire di dettagli lo scenario e passare da scenari statici a scenari dinamici, che descrivono l'evoluzione dell'emergenza in più fasi, e in cui la variazione di una o più condizioni producono output diversi, permettendo l'analisi di più situazioni possibili.

3.3 La Pianificazione e la gestione delle emergenze a livello locale: quadro normativo

La gestione delle emergenze derivanti da calamità naturali o dalle attività umane è demandata, in Italia come in Europa, alla Protezione Civile, un sistema che coordina diverse competenze in un'organizzazione complessa.

Mentre al Dipartimento Nazionale di Protezione Civile (istituito presso la Presidenza del Consiglio dei Ministri con la L.225/92) e alle Regioni competono principalmente attività di **indirizzo normativo e coordinamento, previsione e prevenzione** e, solo nelle "emergenze nazionali" e "di livello provinciale" (eventi di tipo c) e b) rispettivamente, art. 2 comma 1 della L. 225/92) **attività di soccorso e gestione dell'emergenza**, alle Province, alle Prefetture e ai Comuni (o enti sovracomunali quali le Comunità Montane) spettano compiti di Pianificazione di Emergenza e attuazione delle misure in essi contenute nel caso si verificano eventi di entità locale.

In ambito regionale, il "Testo Unico delle Disposizioni Regionali in Materia di Protezione Civile" (L.R. 22 maggio 2004, n.16) specifica ulteriormente, nell'ambito del territorio lombardo) le funzioni di province (Art.3) e comuni, singoli o associati (Art.2).

All'interno di questa articolata organizzazione l'impianto legislativo nazionale e regionale attribuisce un ruolo fondamentale ai Sindaci, che si esplica principalmente nella predisposizione e nell'aggiornamento del Piano di Emergenza Comunale e nell'attivazione, secondo quanto disposto nello stesso, dei primi soccorsi alla popolazione colpita da eventi calamitosi.

Data l'importanza che assume questo strumento di pianificazione, la Regione Lombardia ha definito nel dettaglio, con la "Direttiva Regionale per la Pianificazione di Emergenza degli Enti Locali"

(D.G.R. n. VIII/4732 del 16 maggio 2007), lo schema metodologico per la redazione dei Piani, articolato in quattro componenti principali all'analisi dei quali deve conseguire l'elaborazione delle rispettive **cartografie (mappe tematiche)** :

- Analisi delle Infrastrutture;
- Analisi della Pericolosità (relativa a tutti i tipi di rischio che interessano il territorio);
- Scenari di Rischio (per ogni tipo di rischio);
- Modello di Intervento (procedure operative).

Un ruolo centrale è attribuito agli **scenari di rischio**, che derivano dalla sovrapposizione fra pericolosità e infrastrutture (elementi antropici potenzialmente coinvolti), dopo aver prodotto le specifiche mappe.

La Direttiva definisce uno "scenario di rischio" come: *"descrizione sintetica, accompagnata da cartografia esplicativa, dei possibili effetti sull'uomo e/o sulle infrastrutture presenti in un territorio, di evenienze meteorologiche avverse (piene, inondazioni), di fenomeni geologici o naturali (terremoti, frane e valanghe), di incendi boschivi, oppure di incidenti industriali o a veicoli recanti sostanze pericolose"* .

La definizione di specifici scenari, nei termini intesi dalla normativa regionale, è propedeutica all'elaborazione, in una fase successiva, di procedure operative che costituiscono nel loro insieme il Modello di Intervento che le autorità di Protezione Civile e tutte le strutture operative che intervengono (dai Vigili del Fuoco ai volontari) sono tenuti ad attuare al fine di gestire e superare l'emergenza in un'ottica di tempestività, efficienza e coordinamento.

La definizione degli scenari è possibile in seguito all'analisi della Pericolosità, per la quale è necessario considerare una serie di dati

ufficiali, prodotti nell'ambito della Pianificazione Territoriale a livello nazionale, regionale e locale. Dall'analisi effettuata deve derivare una specifica cartografia tematica: la Direttiva non suggerisce uno standard per l'elaborazione di una mappa tematica, ma fornisce diversi riferimenti in relazione a ciascun rischio (idrogeologico, sismico, incendio boschivo, industriale, viabilistico).

3.3.1 La valutazione del rischio idrogeologico e idraulico

La procedura per l'analisi di rischio rispetto a fenomeni di dissesto idrogeologico e idraulico è definita nella Delibera della Giunta Regionale n. 8/1566 del 22/12/2005; la delibera delinea i principi e i criteri secondo cui i comuni devono definire la componente geologica, idrogeologica e sismica all'interno del Piano di Governo del Territorio (attuazione della L.R. 12 del 11/03/2005).

Gli strumenti principali di supporto alla valutazione della pericolosità derivante da situazioni di dissesto idrogeologico, che derivano da una complessa analisi del territorio articolata in diverse fasi, sono:

- **Carta dei Vincoli** (Fase di Sintesi/Valutazione): rappresenta le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore di contenuto prettamente geologico (Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della l. 183/89; Vincoli di polizia idraulica; Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile; Geositi);
- **Carta di Sintesi** (Fase di Sintesi/Valutazione): rappresenta le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità riferita allo specifico fenomeno che la genera; è costituita quindi da poligoni che definiscono porzioni di territorio caratterizzate da pericolosità geologico-geotecnica e vulnerabilità idraulica e idrogeologica omogenee.

- **Carta della Fattibilità delle azioni di piano** (Fase di Proposta): viene desunta dalla carta di sintesi e dalla Carta dei Vincoli, attribuendo un valore di classe di fattibilità a ciascun poligono e integrando la classificazione della pericolosità sismica locale (aree di amplificazione sismica). La carta di fattibilità è dunque una carta di **pericolosità** che fornisce le indicazioni in ordine alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio in relazione a questo aspetto.

In alcune aree è lasciata facoltà di produrre le cartografie di pericolosità da frana seguendo metodologie specifiche; tali cartografie possono essere utilizzate per produrre **carte di rischio** idrogeologico e idraulico, dopo aver classificato gli elementi a rischio sul territorio (Allegato 2 alla Delibera della Giunta Regionale n. 8/1566 del 22/12/2005). La cartografia del rischio si ottiene incrociando due differenti documenti cartografici: la Carta della Pericolosità (che classifica il territorio secondo cinque classi, da H1 ad H5, indicanti un livello di pericolosità crescente) ed una carta della distribuzione degli elementi vulnerabili e/o strategici allocati sul territorio (classificata in base a quattro classi: da E1 ad E4, in relazione all'incremento del livello di vulnerabilità/utilizzo strategico dell'elemento considerato). La carta del rischio ottenuta suddivide il territorio esaminato in quattro classi: da R1 ad R4 in relazione all'aumentare del grado di rischio idrogeologico che caratterizza l'area.

3.3.2 La valutazione del rischio incendi boschivi

I principali riferimenti normativi in materia di incendi boschivi sono costituiti, in ambito nazionale, dalla Legge n.353 del 21 novembre 2000: "Legge quadro in materia di incendi boschivi" e in ambito

regionale da due delibere, la D.G.R. 22 dicembre 2008 n. VIII/8753: “Determinazioni in merito alla gestione organizzativa e funzionale del sistema di allerta per i rischi naturali ai fini di protezione civile” e la D.G.R. n. VIII/10775 dell’ 11 dicembre 2009: “Revisione e aggiornamento del Piano Regionale delle Attività di Previsione, Prevenzione e Lotta Attiva contro gli Incendi Boschivi (2010-2012) ai sensi della l. n. 353/2000” (Piano AIB).

Nell’aggiornare il Piano AIB la Regione ha condotto uno studio del rischio di incendi boschivi a scala regionale, arrivando ad una classificazione delle “aree di base” (unità territoriali di riferimento per le analisi statistiche effettuate) che corrispondono alle Comunità Montane, alle Province e alle porzioni non montane delle Province (3 classi di rischio), e dei singoli comuni (5 classi di rischio). Nel Piano è inoltre indicato il periodo, per quanto concerne il territorio lombardo, in cui il rischio di incendi è più alto, in base ad un’analisi statistica dei fattori predisponenti e della serie storica di incendi. Le indicazioni del Piano AIB regionale vanno quindi integrate nel Piano di Emergenza Comunale, completando tali informazioni territoriali con dati relativi alle infrastrutture e alle risorse disponibili per fronteggiare le emergenze (es.: punti di approvvigionamento idrico, viabilità mezzi di soccorso, ecc.).

Il documento specifica altresì le competenze di ciascun Ente locale all’interno di un ben preciso modello di intervento, che attribuisce un ruolo di primo piano alle Comunità Montane.

Non è specificata, invece, una particolare metodologia per la definizione di scenari di rischio, nonostante questi siano richiesti dalla Direttiva per la Pianificazione di Emergenza negli Enti locali (All. A alla D.G.R. 8/4732 del 16 maggio 2007). Per la definizione di tali scenari sono senz’altro necessari studi specifici sulla pericolosità da

incendi boschivi, condotti a scala di dettaglio all'interno dei singoli Enti.

3.3.3 La valutazione del rischio chimico industriale

Per un'analisi approfondita del quadro normativo relativo al rischio chimico-industriale, si rimanda al capitolo 5 (par. 5.1.2).

CAPITOLO 4

Implementazione di un Sistema Informativo Territoriale per la pianificazione di emergenza

4.1 Introduzione. L'innovazione apportata dalla Legge Regionale per il Governo del Territorio e dai Sistemi Informativi nella pianificazione territoriale

Nel settore della pianificazione territoriale, l'utilizzo dei Sistemi Informativi Territoriali è ormai molto diffuso e ha determinato una grande spinta innovativa nelle tecniche di analisi e nella gestione delle risorse territoriali. Numerose regioni e province italiane hanno predisposto portali cartografici di supporto alla pianificazione locale, che archiviano dati territoriali a diverse scale di dettaglio, consultabili tramite servizi *webgis*, o acquisibili per essere utilizzati in svariate tipologie di analisi, per scopi di pianificazione e ricerca scientifica. La Regione Lombardia è un Ente particolarmente attivo da questo punto di vista ed ha avviato da diversi anni (con la L.R. 11 marzo 2005, n.12) un percorso di rinnovamento degli strumenti di pianificazione territoriale, sostituendo gradualmente i Piani Regolatori Generali (P.R.G.) con i Piani di Governo del Territorio (P.G.T.).

Con la Legge per il Governo del Territorio, la Regione ha dato avvio alla costituzione di un Sistema Informativo Territoriale Integrato basato sulla partecipazione di tutti gli Enti locali i quali potranno, accedendo ad un apposito *geoportale*, conoscere e condividere i contenuti sviluppati da tutti i soggetti, per facilitare il raccordo fra strumenti pianificatori di diverso livello (<http://www.cartografia.regione.lombardia.it/geoportale>).

In questo senso il SIT Integrato si colloca nelle linee di azione a livello nazionale e internazionale, in particolare la direttiva Direttiva INSPIRE (2007/2/CE), e il Codice dell'Amministrazione Digitale (decreto legislativo n. 82 del 7 marzo 2005).

Tutti gli strumenti di pianificazione e programmazione con incidenza sul territorio possono usufruire del SIT, pur restando regolati da normative specifiche; le informazioni prodotte nell'ambito di questi strumenti sono di fondamentale importanza per la programmazione dell'assetto e dello sviluppo territoriale: deve instaurarsi, in questo senso, un processo di condivisione di informazioni fra SIT regionale e strumenti di pianificazione locale. Anche per i Piani di Emergenza Comunali, sono state specificate dalla Regione le modalità tecniche di integrazione dei dati contenuti nei PEC nel SIT regionale, processo tutt'ora in via di realizzazione (PEWEB).

Il SIT integrato mira a garantire gli obiettivi di interoperabilità fra i sistemi informativi dei vari Enti locali, superando la disomogeneità delle basi cartografiche prodotte da enti diversi, in particolar modo quelle predisposte in ambito comunale. A questo proposito, con la L.R. 12/2005 viene avviato l'iter di realizzazione dei Database topografici alla scala 1:1.000 e 1:2.000, che saranno basati su specifiche tecniche e capitolati definiti a livello regionale (specifiche contenute nella "Intesa Gis" adottate da Regione Lombardia con D.G.R. 18964 dell'8 ottobre 2004) e costituiranno uno strumento fondamentale per l'organizzazione e la gestione delle informazioni relative a diversi settori, tra i quali la protezione civile.

Le basi geografiche e tematiche disponibili nel *geoportale* sono inquadrare, attualmente, nel sistema di riferimento Gauss-Boaga, Datum Roma40, nell'attesa di essere convertite nel sistema di riferimento nazionale WGS84-ITRF89, stabilito dall'Intesa Stato

Regioni Enti Locali sul Sistema Cartografico di Riferimento (IntesaGIS), in una fase successiva.

I punti fondamentali sui quali la Regione Lombardia è intervenuta con la L.12/2005 sono, quindi, essenzialmente due:

- un rinnovamento del processo di pianificazione territoriale, attraverso l'adozione di nuovi strumenti cartografici di supporto alle scelte di sviluppo del territorio;
- un'evoluzione degli strumenti tecnologici con i quali tutti gli Enti coinvolti nel processo di governo del territorio possano gestire e condividere i propri dati territoriali, prodotti secondo specifiche tecniche omogenee e condivise da tutti i soggetti, per raggiungere l'obiettivo della massima interoperabilità fra i Sistemi Informativi di tutti i livelli amministrativi.

4.2 Disponibilità di dati territoriali nelle aree di studio

Per quanto riguarda le cartografie numeriche a grande scala (1:1.000/1:2.000), al momento della raccolta dati (2008), presso i comuni che hanno preso parte al progetto, la disponibilità di basi cartografiche si era presentata assai disomogenea. Nell'area di studio Isola Bergamasca le cartografie comunali erano disponibili in formato digitale, ma derivanti da rilievi aerofotogrammetrici effettuati in anni diversi, e restituiti secondo codifiche non omogenee sul territorio, variabili da comune a comune. Per quanto riguarda le cartografie delle infrastrutture (ad esempio reti tecnologiche e *lifelines*), gli Studi Geologici (Carte di Sintesi e Carte di Fattibilità), e altri cartografie tematiche prodotte in ambito comunale, la variabilità dei supporti e della qualità dei dati si presentava ancor più accentuata, rendendo necessarie numerose elaborazioni per la

conversione in formato digitale (acquisizione tramite scanner, georeferenziazione e digitalizzazione a video).

Nel caso dell'area di studio della Comunità Montana Valtellina di Tirano, invece, era già disponibile un database topografico realizzato dall'Ente secondo le specifiche regionali, così come erano già disponibili le carte di Pericolosità, Esposizione al Rischio e Rischio, realizzate sulla base di database geografici realizzati nell'ambito di precedenti progetti di ricerca, per l'analisi di rischio idrogeologico e idraulico (Sterlacchini et al., 2007).

L'attività di raccolta dati per la Comunità Montana di Tirano ha riguardato le cartografie e i dati disponibili relativi al rischio di incendi boschivi: la Carta del Rischio di Incendio Boschivo (scala 1:10.000, formato vettoriale, 2008) e il censimento delle infrastrutture per la prevenzione, il monitoraggio e la gestione degli incendi boschivi.

L'attività di implementazione del Sistema Informativo si è quindi basata principalmente sull'area di studio Isola Bergamasca, per la quale non esisteva una base geografica di riferimento comune per il territorio che ha preso parte al progetto (13 comuni).

Nei prossimi paragrafi verranno descritti in dettaglio i dati confluiti nel SIT, e l'organizzazione generale del Sistema Informativo in temi cartografici. L'attività di implementazione del SIT si è articolata secondo due fasi principali:

1. Raccolta dati: acquisizione di dati cartografici e documentali su supporti cartacei e digitali (formato *raster* e vettoriale).
2. Elaborazione dati:
 - conversione dei dati cartacei in formato digitale (tramite scansione), georeferenziazione (sistema di coordinate Gauss Boaga) e digitalizzazione;

- conversione in *shapefile* della cartografia numerica per le elaborazioni in software GIS e completamento della componente informativa (attributi);
- estrazione dei temi cartografici specifici per la Pianificazione di Emergenza.

4.3 Reperimento dei dati territoriali per l'area di studio Isola Bergamasca

Come, già accennato, i dati territoriali relativi ai comuni (scale di dettaglio), non sono ancora disponibili sul *geoportale* cartografico regionale. Tali dati rimarranno, fino al momento del completamento e della pubblicazione dei Database Topografici a grande scala, reperibili solamente presso gli uffici tecnici dei singoli comuni, e solo in parte in formato digitale.

I dati reperiti presso i 13 comuni oggetto di studio, riguardano:

- base cartografica numerica comunale (restituzione del rilievo aerofotogrammetrico alla scala 1:2.000 in formato vettoriale);
- cartografie delle reti tecnologiche (a varie scale):
 - rete di distribuzione acque potabili e punti di approvvigionamento idrico (idranti);
 - pozzi idrici;
 - rete fognature;
 - rete metanodotto e cabine di decompressione metano;
- cartografie e documentazione prodotte per lo Studio della Componente Geologica dei Piani Regolatori Generali (ai sensi dell L.R. 41/97, scala 1:5.000 e 1:10.000);
 - Carta Geologica;
 - Carta Geomorfologia;
 - Carta dell'Idrografia Superficiale;

- Carta Idrogeologica;
- Carta Geopedologica;
- Carta di Sintesi;
- Carta della Fattibilità Geologica;
- Carta dei Vincoli;
- Carta del Reticolo Idrografico Minore ai Fini della Polizia Idraulica;
- Cartografie e documentazione relative a Piani di Emergenza Comunali precedentemente realizzati (presenti solo in alcuni comuni);
- informazioni sulla disponibilità di personale, mezzi, materiali e strutture disponibili presso i comuni per la gestione delle emergenze:
 - nominativi e recapiti dei componenti dell'Unità di Crisi Locale di ciascun comune;
 - nominativi e recapiti del Gruppo Comunale di Protezione Civile (Volontari di Protezione Civile) nei comuni che ne sono dotati;
 - inventario completo dei mezzi (trasporto merci, trasporto persone, movimentazione terra, ecc) in dotazione a ciascun comune;
 - inventario completo dei materiali tecnici in dotazione a ciascun comune;
 - inventario delle strutture disponibili presso ciascun comune per l'allestimento di aree di emergenza (aree di attesa, aree di accoglienza, aree di ammassamento mezzi), di centri di gestione dell'emergenza (sede Unità di Crisi Locale, sede COC, sede Centro Operativo Comunale) e informazioni relative alla funzionalità in emergenza (metratura complessiva,

numero locali, dotazione di servizi, allacciamento acqua, luce, gas, ecc.);

I dati reperiti presso i singoli comuni sono stati integrati da temi cartografici acquisiti, in formato *shapefile*, dal SIT regionale (*geoportale* cartografico):

- Carta Tecnica Regionale (formato *raster*, scala 1: 10.000);
- Database geografico CT 10 (formato vettoriale, scala 1:10.000);
 - Altimetria
 - Idrografia;
 - Infrastrutture tecnologiche (elettrodotto);
 - Infrastrutture viabilistiche (rete stradale principale e linea ferroviaria);
 - Uso del suolo;
- Database GeolFFI, Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (1:10.000), aggiornato al 2006.

Sono stati inoltre acquisiti le seguenti banche dati:

- Database georeferenziato AIAP (Archivio Integrato delle Attività Produttive) Da ARPA Lombardia (Settore Attività Produttive e Controlli), aggiornato al 2008;
- Database AVI (Aree Vulnerate Italiane) realizzato dal GNDCI (Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche) del Consiglio Nazionale delle Ricerche. Appendice II e III (<http://avi.gndci.cnr.it> , <http://sici.irpi.cnr.it>).

4.4 Elaborazione dei temi cartografici necessari alla redazione dei Piani di Emergenza Comunali

Sui dati cartografici acquisiti sono state effettuate alcune elaborazioni necessarie all'importazione all'interno di un software GIS. Tutte le elaborazioni sono state svolte utilizzando prevalentemente il software ArcGis di ESRI, in misura minore AutoCAD (AutoDesk) e alcuni comuni pacchetti software per la gestione di immagini *raster*, con l'obiettivo di ottenere tutte le cartografie in formato *shapefile*, un formato di tipo vettoriale leggibile dalla maggior parte dei software GIS.

Una volta ottenuti gli *shapefile*, sono state effettuate ulteriori elaborazioni (selezioni) per estrarre i *layer* di interesse per la Pianificazione di Emergenza:

- infrastrutture vulnerabili e strategiche;
- aree del territorio interessate da fenomeni di dissesto idrogeologico.

Per quanto riguarda la **componente infrastrutturale**, si è fatto riferimento alla “Direttiva Regionale per la Pianificazione di Emergenza degli Enti Locali” (2007), e allo schema di redazione dei PEC in essa proposto e ormai ben consolidato. In Appendice IV è schematizzata la struttura dei *layer* confluiti nel SIT. Dalla componente informativa della cartografia numerica non sempre è stato possibile individuare le strutture di interesse (ad esempio ospedali, farmacie, aree di emergenza, ecc.): per individuare alcune specifiche tipologie di strutture, e completarne la componente informativa (tabelle degli attributi) sono state integrate le informazioni aggiuntive ottenute dai comuni (inventari elencati nel par. 4.3). In

figura 4.1 è illustrata una vista cartografica della componente infrastrutturale del SIT.

Nel Sistema Informativo sono stati integrati i temi cartografici, necessari alla valutazione della **pericolosità idrogeologica** e **idraulica** a scala locale (comunale). I *layer* derivano dalle Carte di Fattibilità Geologica (scala 1:5.000 e 1:10.000) predisposte dai comuni per lo studio della Componente Geologica del Piano Regolatore Generale di ciascun comune (ai sensi della L.R. 41/97), non essendo ancora disponibili i Piani di Governo del Territorio (e quindi le carte di Pericolosità), che al momento della raccolta dati si trovavano in fase di elaborazione da parte degli Uffici Tecnici. La carta di Fattibilità Geologica, che è assimilata dalla normativa ad una carta di pericolosità, classifica il territorio comunale in base alle limitazioni e destinazioni d'uso determinate da situazioni di dissesto idrogeologico (evidenziate nelle Carte di Sintesi e nelle Carte dei Vincoli), per individuare le aree in classe di "fattibilità geologica con gravi limitazioni" o "con consistenti limitazioni" (classi 4 e 3).

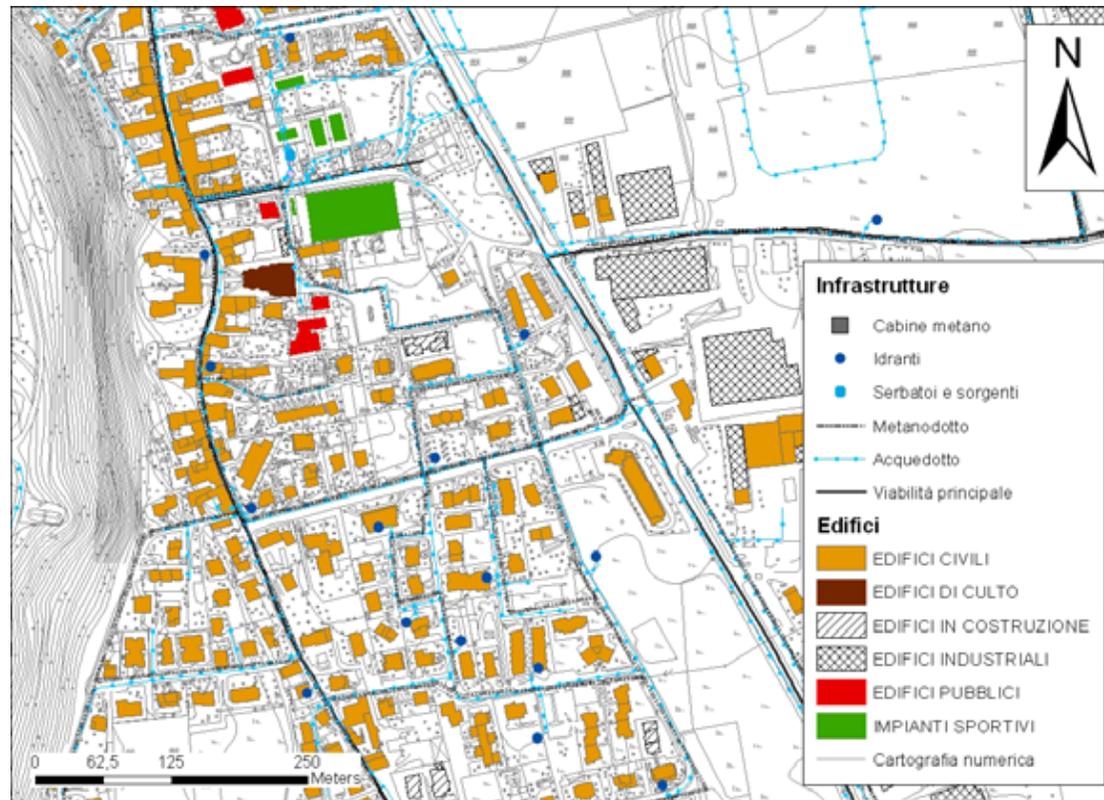


Figura 4.1 Vista cartografica della componente infrastrutturale del SIT, dettaglio relativo al Comune di Medolago (BG)

Gli studi realizzati dai Comuni a scala locale sono stati integrati con dati a scala regionale, in particolare le aree censite nell'ambito dell'archivio GeolFFI (Inventario dei fenomeni Franosi in Italia, Regione Lombardia) aggiornato al 2006, interessate da:

- fenomeni franosi superficiali;
- crolli, "franosità", sprofondamenti;
- conoidi alluvionali;
- deformazioni gravitative profonde di versante (DGPV).

A ciascun fenomeno catalogato dall'Inventario è attribuito uno stato di attività (attivo/riattivato/sospeso, quiescente, stabilizzato, relitto).

In figura 4.2 si riporta la vista cartografica di alcune zone di dissesto evidenziate dall'Inventario, nel comune di Sotto il Monte Giovanni XXIII: la frana su conoide è catalogata come quiescente, mentre la vasta area classificata come generica "area franosa" più a Nord è catalogata come relitta. Nella vista cartografica in figura 4.3 sono rappresentati sia gli strati informativi relativi alla pericolosità (fattibilità geologica) individuata dal comune sia quelli prodotti dalla Regione (cartografia GeolFFI) per la medesima area.

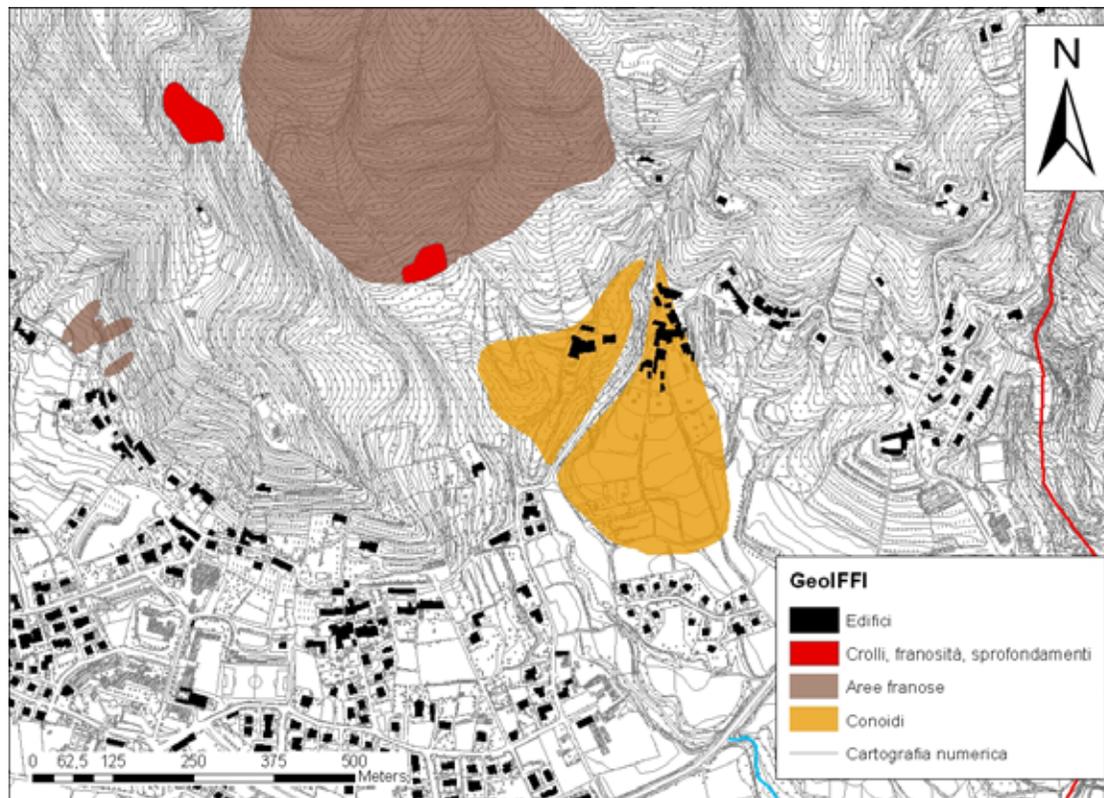


Figura 4.2 Vista cartografica relativa ad alcune aree di dissesto idrogeologico catalogate dall'Inventario dei Fenomeni Franosi (aggiornato al 2006) in Italia nel comune di Sotto il Monte Giovanni XXIII.

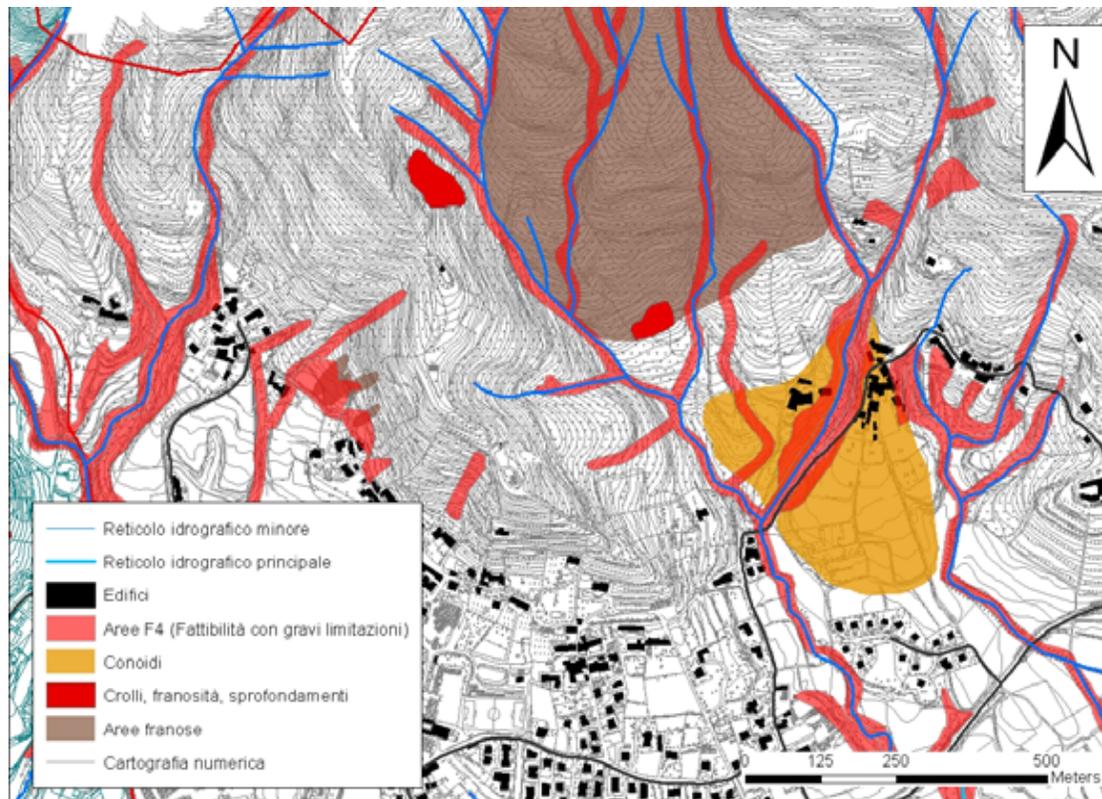


Figura 4.3 Vista cartografica relativa ad alcune aree di dissesto idrogeologico catalogate dall'Inventario dei Fenomeni Franosi (2006) in Italia nel comune di Sotto il Monte Giovanni XXIII.

Per la valutazione della pericolosità relativa a fenomeni di esondazione di corsi d'acqua, sono state inserite nel SIT le fasce fluviali A, B e C del PAI (Piano per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Po) di pertinenza del fiume Adda. (figura 4.4).

Ulteriori situazioni di pericolosità, riferite al reticolo idrografico principale e minore, sono evidenziate nelle Carte di Sintesi degli Studi Geologici a supporto dei P.R.G. dei singoli comuni: come accennato nell'inquadramento dell'area di studio (Capitolo 2), infatti, gli eventi di esondazione registrati nel database AVI hanno interessato i corsi d'acqua di importanza regionale e locale (Appendice II).

Riassumendo, le elaborazioni descritte hanno permesso di ottenere un database geografico integrato e multi-scala, funzionale all'individuazione, da parte dei comuni, di Scenari di Rischio idrogeologico e idraulico, sulla base di dati territoriali relativi a:

- aree di pericolosità;
- infrastrutture vulnerabili strategiche;
- strutture, materiali e mezzi disponibili sul territorio per la gestione delle emergenze.

L'integrazione dei *layer* informativi prodotti da tutti gli Enti all'interno di un SIT ha permesso di evidenziare situazioni di pericolosità non considerate, in alcuni casi, nelle carte di Fattibilità Geologica (esempio in figura 4.3).

In una fase successiva dell'attività, i dati elaborati per il SIT sono stati utilizzati per l'attività di test di un applicativo specifico per la gestione di Piani di Emergenza. A questo scopo gli strati informativi sono stati importati e riorganizzati nel software PETER 4 (Protezione Emergenza

Territorio), sviluppato nell'ambito di una collaborazione fra GLOBO s.r.l., il Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio dell'Università di Milano Bicocca e l'Istituto per la Dinamica dei Processi Ambientali del Consiglio Nazionale delle Ricerche. L'attività di test e i risultati sono descritti nel capitolo 6.

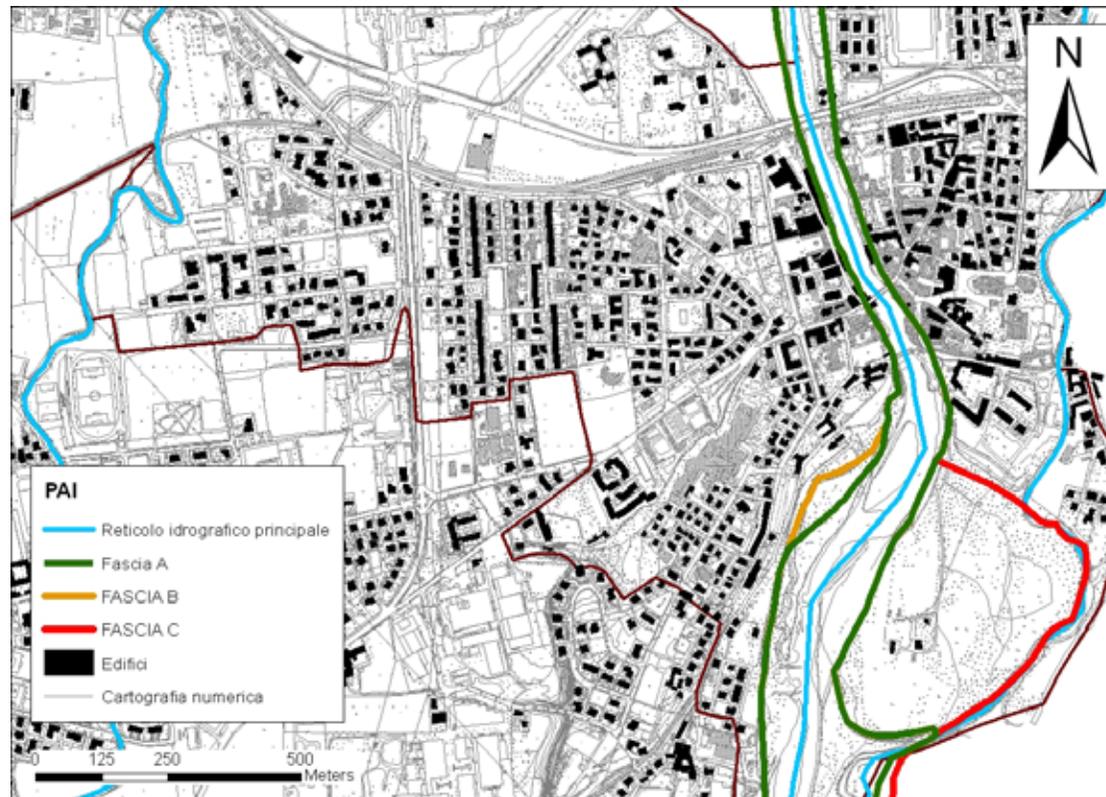


Figura 4.4 Vista cartografica relativa alle fasce fluviali delimitate dal Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino del Po.

4.5 Integrazione dei dati territoriali per la valutazione e la gestione del rischio incendi boschivi nel SIT per la pianificazione di emergenza della Comunità Montana Valtellina di Tirano

L'attività di ricerca, nell'ambito dell'area di studio della Comunità Montana Valtellina di Tirano, ha riguardato l'acquisizione, l'elaborazione e l'organizzazione di dati territoriali per la valutazione del rischio di incendi boschivi. Tali dati derivano da strumenti di pianificazione disponibili a livello regionale e locale, basati su studi di rischio realizzati dalla Regione Lombardia a scopo di indirizzo e coordinamento, e studi specifici effettuati a scala locale per l'individuazione delle aree dei comuni predisposte all'innescio e alla propagazione degli incendi in aree boscate.

La Regione Lombardia ha recentemente aggiornato il "Piano Regionale delle Attività di Previsione, Prevenzione e Lotta attiva contro gli Incendi Boschivi ai sensi della l. n. 353/2000", nell'ambito del quale ha condotto uno studio del rischio di incendi boschivi a scala regionale, arrivando ad una classificazione delle cosiddette "aree di base" (unità territoriali di riferimento per le analisi statistiche effettuate) che corrispondono alle Comunità Montane, alle Province e alle porzioni non montane delle Province (3 classi di rischio), e dei singoli comuni (5 classi di rischio). Di seguito si riporta la classificazione regionale relativa al territorio della Comunità Montana (tabella 4.1). La Comunità montana nel suo complesso risulta collocata in classe 2.

Tabella 4.1 Classificazione Regionale dei comuni della Comunità Montana Valtellina di Tirano, in base al grado di Rischio Incendi Boschivi. Piano regionale delle attività di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi. Revisione anno 2009 (Allegato 1)

Comune	Classe di Rischio (da 1 a 5)
Aprica	2
Bianzone	2
Grosio	3
Grosotto	2
Lovero	1
Mazzo di Valtellina	3
Sernio	2
Teglio	2
Tirano	2
Tovo Sant'Agata	1
Vervio	2
Villa di Tirano	2

Per quanto riguarda i dati territoriali prodotti in ambito locale, sono stati acquisiti dalla Comunità Montana:

- Carta del Rischio Incendio Boschivo (formato vettoriale, in scala 1:10.000);
- *layer* vettoriali (*shapefile*) relativi alle strutture presenti sul territorio per la gestione delle operazioni di sorveglianza e spegnimento:
 - idranti,
 - vasche di approvvigionamento idrico,
 - specchi d'acqua e bacini artificiali,
 - rete distribuzione acqua,

- opere sospese,
- telecamere di sorveglianza;
- rete viaria (classificata in base alla transitabilità)
- piazzole per l'atterraggio degli elicotteri di soccorso.

La **Carta del rischio di incendi boschivi** è stata commissionata dalla Comunità Montana con lo scopo di effettuare un'analisi del **rischio di innesco** di incendi in aree boschive ad una scala di dettaglio (1:10.000). (figura 4.5)

La classificazione del territorio rappresentata nella mappa deriva da un'analisi statistica che combina alcuni fattori ambientali (non specificata dall'esecutore) considerati come predisponenti e la distribuzione di incendi pregressi sul territorio. I fattori ambientali considerati nell'analisi sono:

- condizioni climatiche (precipitazioni, velocità del vento, radiazione solare, umidità relativa e temperatura dell'aria);
- caratteri stazionali (pendenza, esposizione, rocciosità);
- condizioni del combustibile (specie presenti, età, forma di governo e trattamento, struttura e copertura, stadio vegetativo, stato fitosanitario, quantità e grado di decomposizione della materia organica sulla superficie del suolo).

Dall'analisi risulta una classificazione del territorio in termini relativi, da un grado di rischio "basso" ad un grado di rischio "elevato"; i comuni il cui territorio è interessato dalle classi a maggior rischio (*alto* ed *elevato*) risultano essere Aprica, Grosio, Lovero, Sernio, Tirano e Vervio.

Pur chiamandosi “Carta del rischio di incendio”, la mappa è da considerarsi una mappa di *suscettibilità* del territorio al verificarsi di incendi, poiché non fornisce né una classificazione in termini probabilistici per la definizione della pericolosità (Verde and Zêzere, 2010), né fattori che concorrono alla determinazione del rischio.

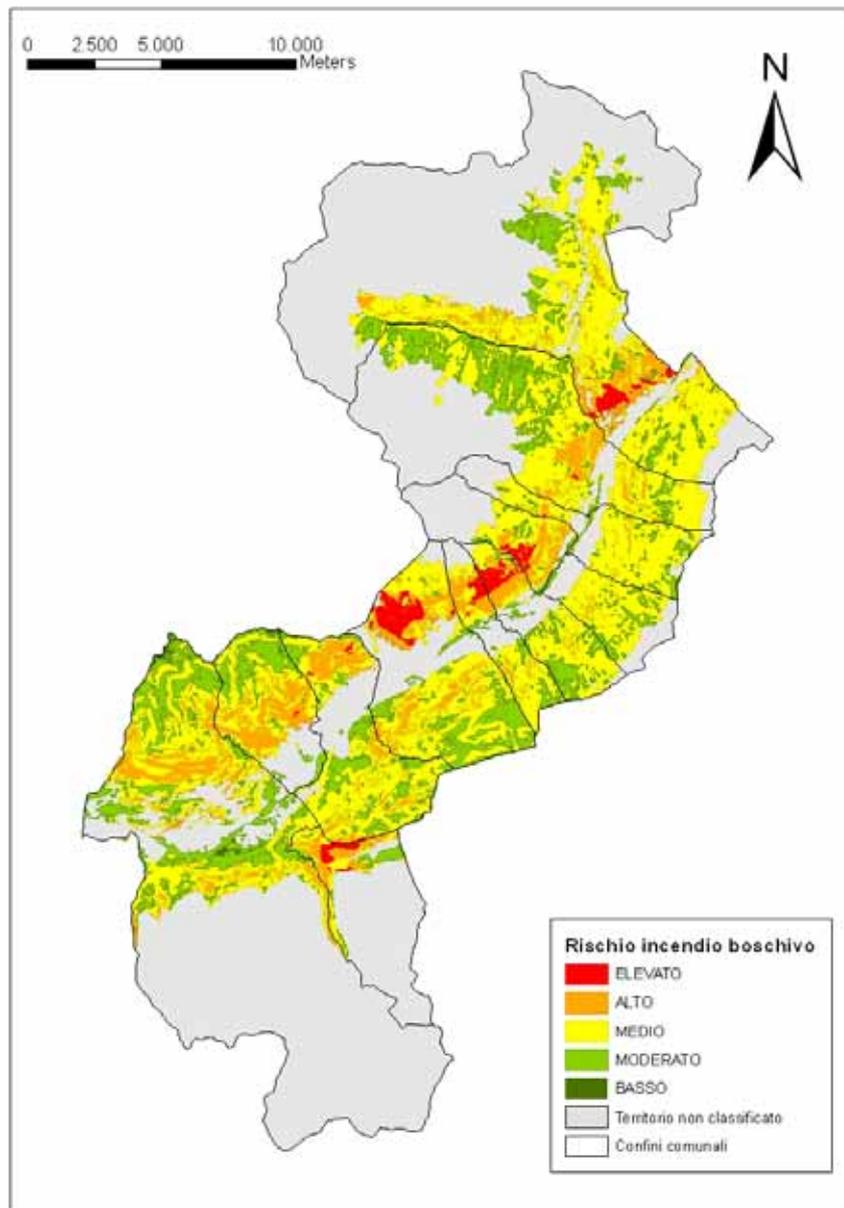


Figura 4.5 Carta del Rischio Incendio Boschivo della Comunità Montana Valtellina di Tirano (2008)

Ai fini della Pianificazione di Emergenza questo tipo di cartografia è utile per individuare le aree in cui gli incendi si possono originare ma non fornisce alcuna informazione sulle aree di propagazione del fuoco, rendendo quindi difficile valutare scenari di rischio (ovvero aree delimitate in cui gli incendi possono coinvolgere infrastrutture antropiche) basati su un'analisi rigorosa di tutti i fattori coinvolti.

Pur non permettendo la delimitazione di veri e propri scenari, la Carta elaborata dalla Comunità Montana fornisce indicazioni utili sulle aree maggiormente suscettibili all'innescò di incendi (aree appartenenti alla classe di 'Rischio 'alto' e 'Rischio elevato') che interessano generalmente tutti i comuni, in particolare sul versante Retico.

Il database così configurato è funzionale ad una successiva analisi del territorio per l'individuazione di eventuali criticità dovute a:

- presenza di elementi sensibili in prossimità delle aree a più alta probabilità di innesco;
- distribuzione spaziale delle risorse e delle infrastrutture per la gestione delle operazioni di sorveglianza e spegnimento degli incendi, in relazione alla distribuzione territoriale della suscettibilità.

In figura 4.7 è rappresentata la vista cartografica relativa al comuni di Vervio, in cui sono presenti aree a suscettibilità alta ed elevata; nella vista in figura 4.6 sono visualizzati i *layer* relativi ad alcune infrastrutture per la gestione delle operazioni di sorveglianza e spegnimento degli incendi, in una vista cartografica realizzata con il software *PETer 4*.

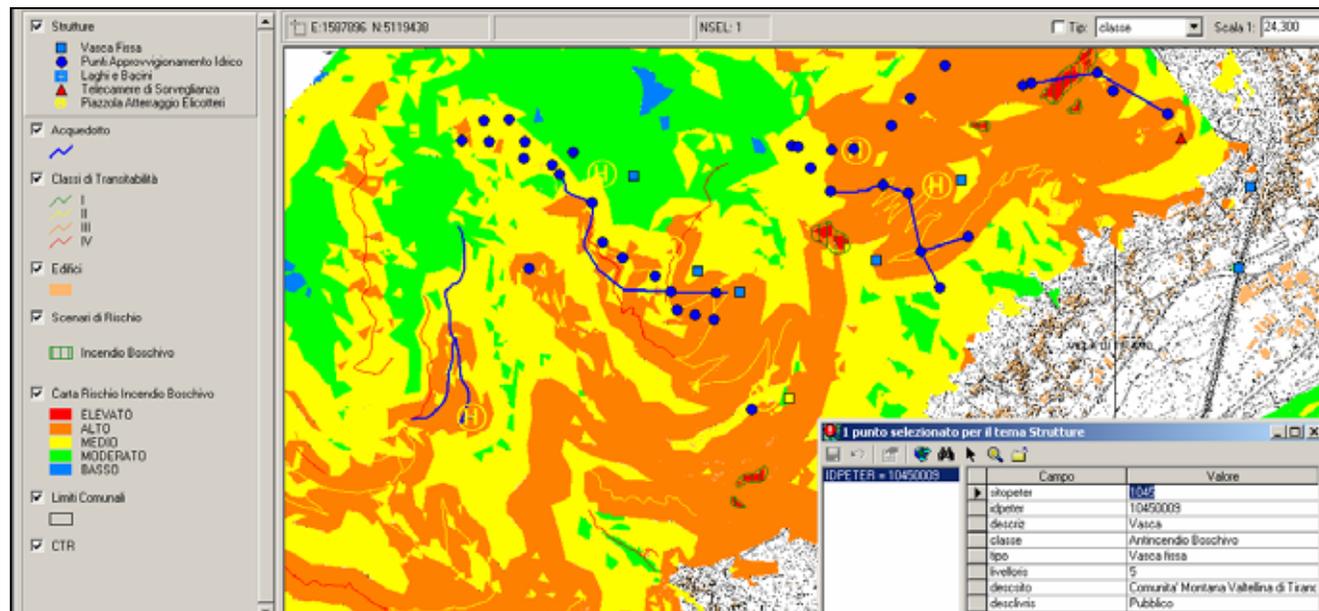


Figura 4.6 Vista relativa al database per la gestione degli incendi boschivi implementato nel software PETer

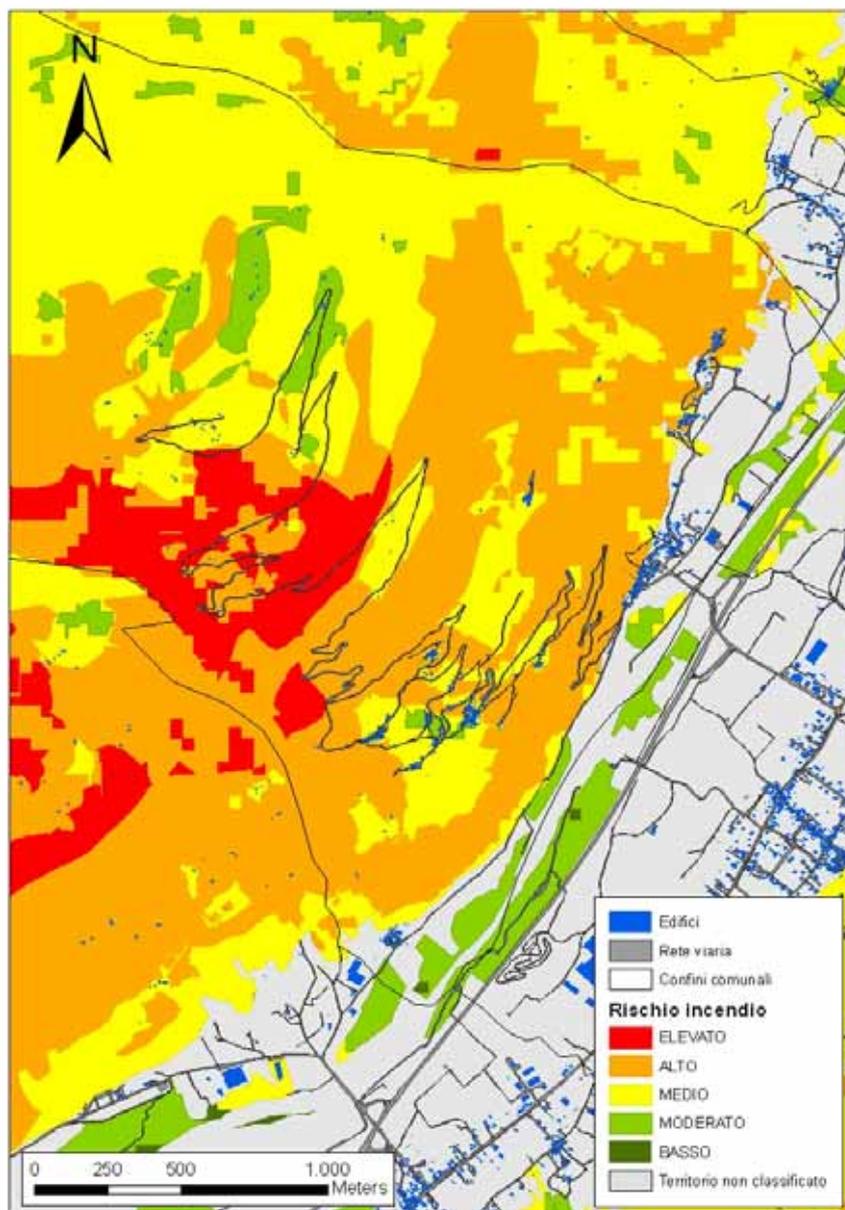


Figura 4.7 Vista cartografica relativa ad un'area del comune di Vervio, interessata da suscettibilità alta ed elevata estratta dal database per la gestione degli incendi boschivi della CM Valtellina dTirano.

CAPITOLO 5

Il rischio chimico – industriale

5.1 Introduzione

Il rischio chimico – industriale si colloca fra i rischi antropici (o tecnologici), ossia connessi con le attività umane, e si riferisce alla possibilità che, in impianti industriali che stoccano o impiegano sostanze pericolose (*hazardous materials*) si possano verificare rilasci accidentali delle stesse all'esterno delle unità di impianto. Tali rilasci incontrollati possono essere dovuti a svariate cause, ma il fattore che determina una situazione di rischio è legato agli effetti che le conseguenze del rilascio (dispersione, incendio, esplosione) possono provocare sulla popolazione, sui beni e sull'ambiente.

In termini generali, è possibile sottolineare alcune differenze rispetto ai rischi derivanti da eventi naturali, in particolare al rischio idrogeologico e idraulico, che è stato trattato in questo lavoro. In primo luogo, la pericolosità connessa agli incidenti industriali è legata a sorgenti ben identificabili sul territorio, che si possono approssimare ad elementi puntuali: tramite opportuni approcci modellistici, è possibile quantificare, almeno in termini teorici, le caratteristiche della sorgente e le conseguenze degli incidenti, ossia l'impatto sul territorio in termini di materia o energia (termica e/o di pressione) rilasciata e di estensione degli effetti previsti sulla popolazione e sui beni. Questa opportunità è però legata alla possibilità di accedere ad una serie di dati specifici sulle caratteristiche dell'impianto, che non possono essere generalizzate o adattate a partire da altri insediamenti assimilabili a quello oggetto di studio, per categoria o tipologia di

processo produttivo, a meno di non introdurre un ampio margine di incertezza nella valutazione.

Un'altra differenza è legata alla possibilità di allertare preventivamente la popolazione potenzialmente coinvolta da un evento: nel caso di alluvioni o fenomeni franosi, infatti, il monitoraggio di precursori quali le precipitazioni consente di attivare livelli di allertamento dell' *emergency response* di crescente gravità, in corrispondenza di soglie pluviometriche determinate in fase di pianificazione di emergenza.

Nel caso di un incidente chimico-industriale, invece, data l'eccezionalità dell'evento, non esiste in genere la possibilità di allertare preventivamente la popolazione. In questo caso l'efficacia della risposta all'emergenza dipende dall'esistenza di un sistema di allarme nell'impianto e dalla tempestività con cui a tale allarme fa seguito l'intervento delle strutture operative.

Nell'affrontare l'emergenza derivante da questo tipo di eventi, le problematiche principali derivano dalle tempistiche d'intervento che devono essere più o meno stringenti a seconda del tipo di incidente: il rilascio di una sostanza tossica, ad esempio, ha dei tempi di sviluppo differenti da quelli di un'esplosione o di un incendio ed è influenzata più fortemente dalle condizioni ambientali (ad esempio le condizioni meteorologiche) peculiari di quel territorio e di quel momento. Questi aspetti implicano che un piano di emergenza, dal punto di vista operativo, deve essere sito – specifico e si potrebbe rivelarsi inefficace se basato su procedure troppo generiche o adattate da studi effettuati su altre realtà industriali. Per giungere ad una valutazione degli scenari di rischio sui quali basare un modello d'intervento, è quindi fondamentale la possibilità di accedere a dati e informazioni approfondite che vadano oltre il semplice inventario di sostanze e quantità manipolate all'interno degli impianti. Nella realtà

questo tipo di dati, per ragioni di protezione del segreto industriale, non sono di facile reperibilità da parte dei soggetti che si occupano della pianificazione di emergenza. Non esistono, infatti, vere e proprie banche dati, se non per gli stabilimenti a rischio di incidente rilevante (ARIR, ai sensi del Decreto Legislativo n.334/99).

Il rischio per la popolazione legato agli incidenti che coinvolgono sostanze pericolose non deriva soltanto dai possibili effetti “diretti” (dovuti al contatto con la sostanza tossica, l’onda d’urto o l’energia termica) ma può essere determinato anche da effetti “indiretti”, dovuti alla contaminazione dei comparti ambientali (acque superficiali e sotterranee, suoli, atmosfera, ecosistemi). I fattori coinvolti in questo tipo di analisi sono però estremamente complessi: allo stato attuale la valutazione dell’impatto ambientale di incidenti chimico-industriali non rientra nell’analisi di rischio degli stabilimenti che trattano sostanze pericolose. L’analisi di alcune banche dati di incidenti disponibili a livello internazionale può fornire, però, un quadro generale sulle problematiche ambientali connesse a tali eventi (APAT, 2003).

5.2 Quadro legislativo comunitario, nazionale e regionale

In seguito all’incidente di Seveso nel 1976, gli Stati dell’Unione Europea decidono di avviare una politica comune in materia di grandi rischi industriali con l’emanazione della prima di tre direttive che prenderanno il nome dalla cittadina sede del disastro. La direttiva 82/501/CEE, detta “Seveso I”, impone agli stati membri di identificare i propri siti a rischio, stabilendo criteri qualitativi e quantitativi in base ai quali selezionare tali siti. Con la direttiva “Seveso II” (96/82/CE) si cerca di modificare l’approccio ai sistemi di sicurezza in ambito industriale e le sostanze nominali passano da 150 ad 80, affiancando però a tale elenco una lista di categorie di sostanze pericolose che di

fatto ha ampliato il campo d'azione della norma. L'ultimo aggiornamento della legislazione comunitaria avviene in seguito agli incidenti di Tolosa (Francia, 1994) e Enschede (Paesi Bassi, 2000), con l'emanazione della direttiva 105/2003/CE, conosciuta come Seveso II bis, che apporta alcune modifiche.

Il recepimento da parte dell'Italia delle direttive comunitarie Seveso I, II e II bis avviene con il Decreto del Presidente della Repubblica 17 maggio 1985, n. 175, il Decreto Legislativo 17 agosto 1999, n. 334 e il Decreto Legislativo 21 settembre 2005, n. 238 rispettivamente.

Il secondo provvedimento (modificato recentemente dal terzo), in particolare, delinea la disciplina attuata in Italia per il controllo dei pericoli connessi con le **attività produttive a rischio di incidente rilevante (ARIR)**. Innanzitutto definisce un "incidente rilevante" come *"un evento quale un'emissione, un incendio o un'esplosione di grande entità, dovuto a sviluppi incontrollati che si verificano durante l'attività di uno stabilimento di cui all'articolo 2, comma 1, e che dia luogo ad un pericolo grave, immediato o differito, per la salute umana o per l'ambiente, all'interno o all'esterno dello stabilimento, e in cui intervengano una o più sostanze pericolose"*.

Oggetto del decreto sono gli stabilimenti *"in cui sono presenti sostanze pericolose in quantità uguali o superiori a quelle indicate nell'allegato I"* (poi sostituito dall'Allegato A del D.Lgs 238/2005). Viene adottata quindi una selezione basata su un criterio di quantità e qualità delle sostanze. L'allegato si compone di due parti: nella Parte I si elencano le sostanze nominali e la relativa soglia quantitativa, mentre nella Parte II l'elenco riguarda una serie di categorie di sostanze. L'assegnazione di un composto all'una o all'altra categoria avviene in base alla Frase di Rischio, elemento di etichettatura delle sostanze chimiche (Direttive 88/379/CEE, 1999/45/CEE,

2001/60/CEE, e Regolamento CE n. 1272/2008) che sintetizza il rischio per la salute che il contatto con la sostanza può determinare.

Le tabelle dell'allegato A al decreto 238/2005 (parte I e II) sono riportate in appendice IV a e IV b.

Dunque, in base alle soglie quantitative di detenzione di determinati materiali, le aziende possono ricadere in articolo 6 (prima soglia o *low tier*) o 8 (seconda soglia o *top tier*). A seconda dell'appartenenza all'una o all'altra categoria, i gestori degli stabilimenti hanno precisi obblighi in merito alle misure da adottare per la prevenzione e la gestione di eventi incidentali. Le aziende in articolo 8, in particolare, hanno l'obbligo di redigere il **Piano di Emergenza Esterna (PEE)**, un documento che contiene gli scenari di rischio e le procedure operative per far fronte ad emergenze che coinvolgono popolazione, ambiente e beni all'esterno dell'impianto produttivo, a cura della Prefettura e del Comune competenti. Le modalità di redazione del PEE sono precisate dal DPCM 25 febbraio del 2005, "Linee Guida per la Pianificazione dell' Emergenza Esterna degli Stabilimenti a Rischio d' Incidente Rilevante", a cura del Dipartimento Nazionale di Protezione Civile. Un provvedimento successivo regola invece le modalità per la comunicazione alla popolazione in merito ai rischi derivanti dall'attività di queste aziende (DPCM 16 febbraio 2007, "Linee guida per l'informazione alla popolazione sul rischio industriale"). La campagna informativa è di competenza del Comune (nella persona del Sindaco), che a tale scopo deve intraprendere diverse attività (riassunte nel paragrafo 10 del DPCM 16/2/2007).

Attualmente è in discussione presso la Commissione Europea la proposta relativa alla Direttiva Seveso III, che modificherà le precedenti alla luce dell'attuazione del regolamento REACH (*Registration, Evaluation, Authorization of Chemicals*, Regolamento CE N. 1907/2006 del Parlamento Europeo e del Consiglio) e del

regolamento CLP (*Classification, Labelling and Packaging of chemical substances and mixtures*, Regolamento CE n.1272/2008).

Fra le innovazioni introdotte dalla nuova Direttiva, anche l'obbligo di informare la popolazione sui rischi derivanti dalle aziende in articolo 6 (*low tier sites*), già in vigore in Italia, soprattutto tramite la pubblicazione delle informazioni su web (attualmente non prevista).

La distribuzione di ARIR sul territorio nazionale, è stata oggetto di un'indagine svolta dall' ex Agenzia per La Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici (ora ISPRA, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), in collaborazione col Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Il documento "Mappatura del Rischio Industriale in Italia", pubblicato nel 2007, riporta i risultati dell'indagine (APAT, Rapporto XX/2007). Inoltre il Ministero cura l'aggiornamento semestrale di un inventario nazionale degli stabilimenti in articolo 6 e 8 (<http://www.minambiente.it>).

L'identificazione delle ARIR sul territorio non è che il primo passo per raggiungere gli obiettivi di prevenzione del rischio e mitigazione delle conseguenze di incidenti chimico – industriali. E' solo attraverso i Piani di Emergenza Esterni, infatti, che le Amministrazioni locali possono progettare una risposta efficace all'emergenza specifica. Risulta altresì evidente che altri impianti produttivi che impiegano gli stessi materiali, ma in quantità inferiori, non sono soggette ad alcun obbligo in questo senso. La mancanza di un controllo sul rischio di incidente al di fuori del campo di applicazione delle Direttive Seveso viene affrontata in alcuni strumenti di Pianificazione e Programmazione della Regione Lombardia.

Nel Programma Regionale Integrato di Mitigazione dei Rischi (PRIM, approvato da Regione Lombardia nel 2007), con il termine "rischio industriale" si fa riferimento alla "*componente del rischio tecnologico correlata alla presenza di infrastrutture industriali in cui vengono*

manipolate sostanze pericolose, indipendentemente dalla loro dimensione". Le Aziende a Rischio di Incidente Rilevante (ARIR) rappresentano un insieme di assoluto rilievo di tali infrastrutture. Anche la "Direttiva Regionale per la Pianificazione di Emergenza degli Enti Locali" (2007) indica gli atti normativi ai quali fare riferimento per tutti gli altri insediamenti, per i quali non è obbligatoria la redazione di uno specifico Piano di Emergenza Esterno. Uno di questi riferimenti è la *Direttiva Regionale Grandi Rischi* (2003), che definisce delle linee guida regionali in materia di pianificazione di emergenza riferita al rischio chimico-industriale non limitato agli insediamenti a rischio di incidente rilevante (D.Lgs 334/99 e L.R. n. 19/2001), ma esteso a tutti i possibili rischi connessi con attività industriali e produttive che possono determinare incidenti che coinvolgano persone, beni e ambiente. Lo scopo della direttiva è, infatti, quello di razionalizzare ed organizzare le procedure di intervento delle strutture operative ed Autorità di protezione civile che agiscono in caso di emergenza, nonché di fornire ai sindaci indicazioni utili ad integrare il Piano di Emergenza Comunale in riferimento al rischio tecnologico. Per raggiungere tale scopo il legislatore regionale indica che la fornitura di alcune informazioni da parte delle aziende non soggette alla "Legge Seveso", possano essere, se correttamente interpretate, utilizzate anche per la pianificazione di emergenza da parte degli Enti locali stessi.

Appare quindi evidente che l'intento del legislatore regionale è quello di approfondire la valutazione della pericolosità connessa alla presenza di infrastrutture industriali (non solo alle ARIR) sul territorio, con particolare attenzione alle aree più densamente urbanizzate.

5.3 Dati territoriali disponibili per la caratterizzazione del rischio chimico-industriale

Per l'individuazione degli stabilimenti a rischio d'incidente a livello regionale sono disponibili, attualmente, due banche dati.

- DB ARIR (Regione Lombardia, 2006) che confluisce nell' *"Inventario nazionale degli stabilimenti suscettibili di causare incidenti rilevanti ai sensi dell'art. 15 comma 4 del D.Lgs 334/99"*, redatto dal Ministero dell'Ambiente ed ex APAT (ora ISPRA).
- AIAP (Archivio Integrato delle Attività Produttive) di ARPA Lombardia.

Nell'ambito del progetto in cui è coinvolta l'area di studio "Consorzio Isola Bergamasca" è stato acquisito da ARPA Lombardia un estratto della banca dati AIAP relativo al territorio di studio. L'archivio, georeferenziato, integra diverse informazioni riguardanti:

- Aziende a Rischio di Incidente Rilevante;
- aziende soggette a particolari norme in materia di emissione/inquinamento (normativa IPPC, inventario INEMAR, certificazione EMAS);
- impianti di gestione e smaltimento rifiuti;
- aziende soggette ad autorizzazione per le emissioni in atmosfera;
- aziende dotate di sistemi di monitoraggio automatico per le emissioni in atmosfera.

L'archivio propone inoltre uno specifico *ranking* (punteggio da 1 a 7) in funzione del livello di pericolosità potenziale, basato in parte sul tipo di attività (codice ATECO, Nomenclatura delle attività economiche definita dall' ISTAT, <http://www.codiciateco.it/>) e in parte su indicatori ricavabili dalle altre banche dati su cui si basa l'archivio. La procedura di *ranking* non viene esplicitata da parte di ARPA, ma può rappresentare una classificazione di partenza per effettuare analisi più approfondite nell'area di studio di interesse. In particolare le aziende che rientrano nei regimi normativi che disciplinano le emissioni in aria, acqua e suolo (Direttiva europea *Integrated Pollution Prevention and Control*) rappresentano un primo gruppo su cui focalizzare l'attenzione.

Per effettuare una valutazione più approfondita della pericolosità derivante dalle attività produttive sulla quale basare la definizione di specifici scenari di rischio, è necessario però disporre di ulteriori informazioni relative ai materiali impiegati e prodotti, alle quantità stoccate presso gli impianti, e ad alcune caratteristiche tecniche di tali stoccaggi o processi produttivi.

Le aziende non soggette alla normativa Seveso non hanno obblighi normativi in questo senso, a meno che non siano soggette a particolari prescrizioni in merito all'impatto dei cicli produttivi sull'ambiente in termini di emissioni. La recente emanazione delle Direttive Europee IPPC (Direttiva 2008/1/CE, "Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento) ha reso obbligatoria, da parte di alcune aziende (individuate dall'allegato A della Direttiva), la redazione di documentazione tecnica per l'ottenimento dell'Autorizzazione Integrata Ambientale e l'accessibilità al pubblico di una parte di tale documentazione. Un'ulteriore possibilità di accedere a questo tipo di

dati è rappresentata dal database REACH attualmente in fase di implementazione (Regolamento EC 1907/2006).

5.4 Il Piano di Emergenza Esterno

Il Piano di Emergenza Esterno rappresenta il documento ufficiale con il quale l'Autorità Preposta organizza la risposta di protezione civile e di tutela ambientale per mitigare i danni di un incidente rilevante. Tale Piano si basa su scenari che individuano le zone del territorio a rischio, ossia le aree dove presumibilmente ricadranno gli effetti negativi dell'evento atteso. Inoltre il PEE, raccordandosi con gli altri strumenti di pianificazione territoriale (nelle sue diverse articolazioni urbanistiche, ambientali e di protezione civile), entra a far parte del processo di governo del territorio.

Le componenti principali di un PEE, dal punto di vista della descrizione del territorio, sono:

- inquadramento territoriale;
- informazioni sullo stabilimento;
- elementi territoriali vulnerabili.

Gli elementi sopraelencati costituiscono la base per l'identificazione di Scenari di Rischio, necessari all'attività di Pianificazione. La definizione preventiva di uno o più scenari consente, in "tempo di normalità", di progettare la componente procedurale della risposta all'emergenza, ossia l'insieme di procedure di intervento che dovranno essere abbastanza elastiche da adattarsi alla reale entità dell'evento, ma sufficientemente specifiche da non lasciare al caso le operazioni di soccorso, che devono rispettare alcuni criteri studiati

preventivamente. Un'analisi più approfondita di questi criteri verrà esposta nel paragrafo inerente al caso studio (par. 5.6).

Per la definizione degli scenari e delle procedure di intervento, l'Autorità preposta deve basarsi sulle informazioni fornite dal gestore dello stabilimento, in particolare sul Rapporto di Sicurezza e sulla Scheda Informativa per la Popolazione (allegato V del D. Lgs. 334/99).

5.4.1 Scenari incidentali

Il fulcro del PEE è costituito dagli “**scenari incidentali**”, che rappresentano l'interazione degli eventi incidentali (individuati dal gestore nel Rapporto di Sicurezza) con il territorio. L'obiettivo di uno scenario è quello di delimitare le cosiddette “**zone a rischio**”: gli effetti del rilascio accidentale di una sostanza pericolosa, infatti, si manifestano sul territorio con una gravità di norma decrescente in relazione alla distanza dall'origine del rilascio, salvo l'eventuale innesco di “effetti domino”. Le zone definite dalle linee guida sono (DPCM 25/2/2005):

- **Zona di sicuro impatto:** immediatamente adiacente allo stabilimento, è caratterizzata da effetti che possono tradursi in un'elevata letalità per la popolazione. L'intervento di protezione da pianificare consiste solitamente nel rifugio al chiuso.
- **Zona di danno:** è esterna alla prima ed è caratterizzata da possibili danni, anche gravi ed irreversibili, per le persone che non assumono le corrette misure di autoprotezione e da possibili danni anche letali per i soggetti più vulnerabili (minori e anziani). L'intervento di protezione principale dovrebbe

consistere, almeno nel caso di rilascio di sostanze tossiche, nel rifugio al chiuso. Un provvedimento quale l'evacuazione, infatti, risulterebbe difficilmente attuabile a causa della maggiore estensione territoriale.

- **Zona di attenzione:** caratterizzata dal possibile verificarsi di danni, generalmente non gravi anche per soggetti più vulnerabili, oppure da reazioni fisiologiche che possono determinare situazioni di turbamento tali da richiedere provvedimenti anche di ordine pubblico. La sua estensione deve essere individuata sulla base delle valutazioni delle autorità locali. L'estensione di tale zona non dovrebbe risultare comunque inferiore a quella determinata dalla soglia di inizio di possibile letalità nelle condizioni ambientali e meteorologiche particolarmente avverse (classe di stabilità F). Tipicamente in questa zona rimane consigliabile il rifugio al chiuso e sono necessarie azioni di controllo del traffico.

5.4.2 Livelli di protezione

Per la delimitazione delle aree di rischio descritte, le linee guida indicano i valori soglia da adottare a seconda del tipo di evento (diffusione di sostanze tossiche, incendio o esplosione), riportati in tabella 5.1.

Come si può notare non sono indicati valori soglia per l'individuazione della terza zona ("di attenzione"). Le linee guida demandano questa valutazione all'Autorità locale che effettua la pianificazione, la quale deve considerare la complessità territoriale del sito. Nel caso di un rilascio tossico, la terza zona può anche essere convenzionalmente assunta pari al doppio della distanza della seconda zona dal centro di

pericolo, laddove non possano essere utilizzate soglie di riferimento reperibili in letteratura.

Tabella 5.1 Valori di riferimento per la valutazione degli effetti. DPCM 25 febbraio 2005

Fenomeno fisico	Zone ed effetti caratteristici	
	Di sicuro impatto - Elevata letalità	Di danno - Lesioni irreversibili
Esplosioni <i>sovrappressione di picco</i>	0.3 bar 0.6 bar (spazi aperti)	0.07 bar
BLEVE/ sfera di fuoco <i>radiazione termica variabile</i>	raggio fireball	200 kJ/m ²
Incendi <i>radiazione termica stazionaria</i>	12.5 kW/m ²	5 kW/m ²
Nubi vapori infiammabili	LFL(1)	0.5 LFL
Nubi vapori tossici	LC50 (30 min, hmn) (2)	IDLH (3)

- (1) LFL: limite inferiore di infiammabilità
(2) LC50: concentrazione di sostanza tossica, letale per inalazione nel 50% dei soggetti esposti per 30 minuti.
(3) IDLH: concentrazione di sostanza tossica fino alla quale l'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.

5.5 Metodologia per la definizione degli scenari di rischio

La descrizione di scenari di rischio chimico-industriale si basa sulla valutazione della pericolosità connessa alla presenza di stabilimenti industriali e della presenza sul territorio di elementi vulnerabili.

Per **pericolosità** s'intende la possibilità che si possa verificare, all'interno di uno stabilimento, un rilascio accidentale di sostanze pericolose tale da generare fenomeni di dispersione, incendio o esplosione. Le conseguenze di questi fenomeni possono avere un'estensione tale da determinare gravi danni alla popolazione, all'ambiente e alle infrastrutture. La pericolosità è quindi funzione della sostanza rilasciata e dell'intensità dell'evento, intesa come estensione territoriale di determinati effetti avversi (tossicità, sovrappressione o radiazione termica).

Gli **elementi vulnerabili** sono rappresentati da persone, comparti ambientali e beni i quali, in virtù della loro ubicazione rispetto alla sorgente di pericolo, subirebbero effetti negativi nel caso si verificassero determinati eventi incidentali.

Il **rischio chimico-industriale** si può definire, date le precedenti definizioni, come l'insieme dei danni attesi (in termini di popolazione colpita, comparti ambientali e infrastrutture coinvolti) in seguito all'accadimento di un incidente chimico-industriale.

Una completa analisi di sicurezza di un impianto si compone di un'**analisi di rischio** (determinazione degli eventi possibili e della probabilità di accadimento di ciascun evento) e di una **valutazione delle conseguenze degli eventi incidentali** più probabili.

In relazione allo scopo del presente lavoro, si è focalizzata l'attenzione sulla valutazione delle conseguenze di alcuni eventi incidentali individuati come '*worst cases*', al fine di ottenere scenari di rischio con approccio conservativo, al fine di considerare la

situazione più grave possibile, cercando però di non incorrere in una eccessiva sovrastima degli effetti.

L'approccio metodologico adottato per la valutazione del rischio chimico-industriale è analogo a quello seguito per gli altri rischi: è necessario combinare la pericolosità e la presenza di elementi vulnerabili per identificare le aree a rischio che costituiscono lo scenario. Nei seguenti paragrafi verranno discussi in dettaglio i passaggi svolti per giungere alla definizione degli scenari di rischio chimico-industriale nell'ambito del caso studiato.

5.5.1 Pericolosità: i potenziali eventi incidentali

In questo studio la pericolosità non viene definita come una probabilità di accadimento, che andrebbe stimata con un'analisi di rischio dell'insediamento industriale, ma viene intesa come individuazione delle tipologie di incidente che potrebbero verificarsi in un determinato insediamento industriale e delle relative conseguenze.

Per determinare quali eventi incontrollati possono interessare uno stabilimento che impiega sostanze pericolose è necessario disporre di alcune informazioni minime:

- tipologia di sostanze stoccate/impiegate (caratteristiche chimico-fisiche);
- quantità massime stoccate/impiegate;
- modalità di stoccaggio (stato fisico, temperatura e pressione) e tipologia di processo produttivo.

Se disponibili, alcune informazioni accessorie permettono di effettuare una più precisa definizione dell'evento, e quindi una più

accurata valutazione delle conseguenze; esse riguardano principalmente:

- tipologia di serbatoio (caratteristiche geometriche, dimensioni, condizioni di esercizio);
- caratteristiche dell'area di collocazione (indoor/outdoor, pavimentazione, dimensioni edificio)
- presenza di dispositivi di mitigazione del rischio (bacini di contenimento, valvole di sicurezza o dischi di rottura, sensori per il rilevamento di perdite, aerazione forzata degli ambienti, ecc.)

Una volta acquisite tali informazioni, è necessario stabilire quali tipologie di eventi possono determinare un rilascio accidentale della sostanza all'esterno di un'unità di impianto. L'albero degli eventi riportato in figura 5.1 schematizza il processo concettuale che permette di definire il tipo di rilascio (in fase liquida, in fase gassosa o rilascio bifase) che condiziona il successivo sviluppo delle conseguenze (evento incidentale ed effetti).

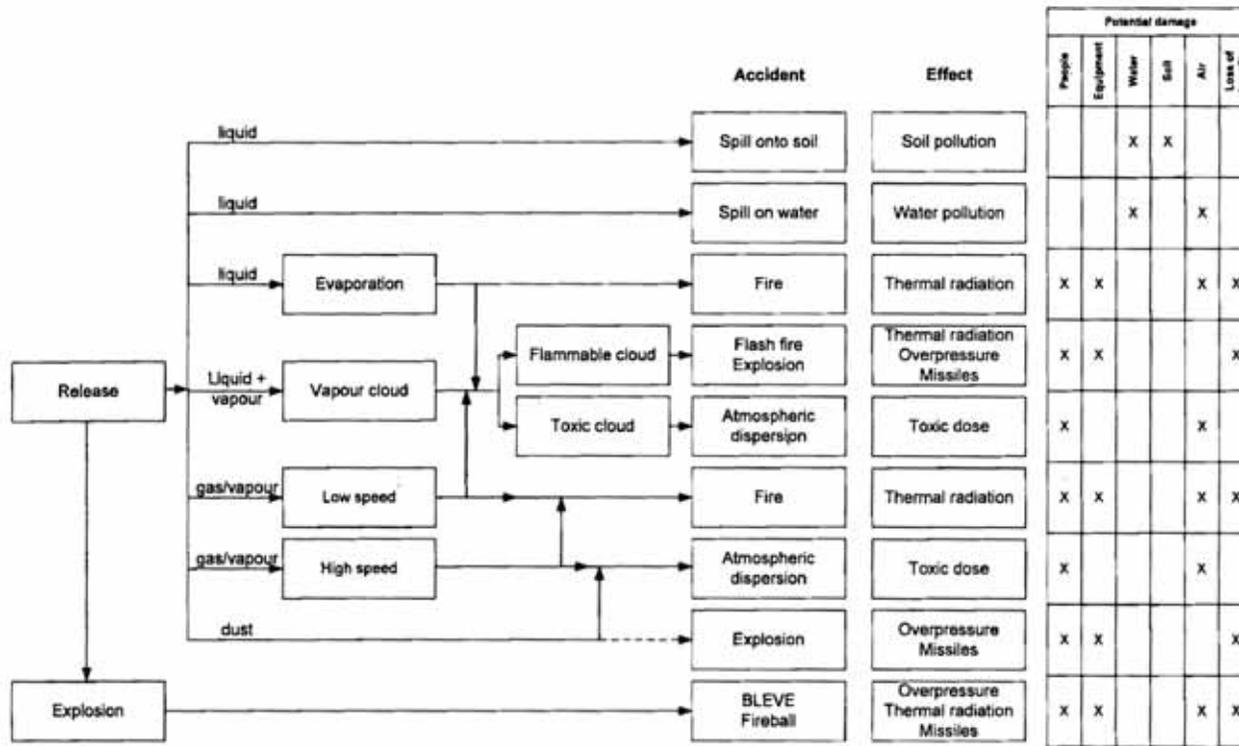


Figura 5.1 Rappresentazione schematica semplificata degli incidenti che possono verificarsi in seguito alla perdita di contenimento, i loro effetti e i potenziali danni associati (da J. Casal, 2007)

Le conseguenze che possono derivare da un rilascio accidentale di sostanze pericolose possono determinare una serie molto articolata di eventi, riconducibile a tre principali macrocategorie :

- dispersioni;
- incendi;
- esplosioni.

In base alla particolare dinamica di ciascun evento, si possono configurare categorie più specifiche. In tabella 5.2 si riporta la classificazione degli eventi incidentali definiti dalle norme “Seveso”.

L’individuazione dell’evento specifico che potrebbe verificarsi in un sito a rischio è quindi fondamentale per progettare un Piano di Emergenza mirato alla gestione e al superamento di quel particolare evento e non di una generica emergenza chimico-industriale.

Tabella 5.2 Definizioni delle tipologie incidentali riportate nella Direttiva Regionale Grandi Rischi (D.G.R. n. 15496 del 5/12/2003).

Tipologia	Definizione
Nube Tossica	Dispersione in atmosfera di sostanze tossiche (gas, vapori, aerosol, nebbie, polveri) quale conseguenza più significativa di perdite o rotture dei dei relativi contenitori/ serbatoi, ma talora, anche come conseguenza della combustione di altre sostanze (gas di combustione e decomposizione in caso d'incendio).
Fireball	Evento che presuppone un'elevata concentrazione in atmosfera di sostanze infiammabili, il cui innesco determina la formazione di una sfera di fuoco accompagnata da significativi effetti di irraggiamento nell'area circostante. La fiamma è di tipo diffusivo, poiché non è premiscelata con l'aria: la concentrazione della sostanza si trova al di sotto del UFL solo sulla superficie della sfera, a contatto con l'aria.
Flash Fire	Fenomeno fisico derivato dall'innesco ritardato di una nube di vapori infiammabili. A tale fenomeno si accompagnano solitamente solo radiazioni termiche istantanee fino a LFL o 1/2 LFL. A differenza del Fireball, si incendia l'intero volume del gas.
Jet Fire	Fenomeno fisico derivante dall'innesco immediato di un getto di liquido o di gas rilasciato da un contenitore in pressione. Da tale fenomeno derivano radiazioni termiche entro un'area limitata attorno alla fiamma, ma con la possibilità di un rapido danneggiamento di strutture/apparecchiature in caso di loro investimento, con possibili effetti domino.
Pool Fire	Evento che presuppone l'innesco dei vapori derivanti dall'evaporazione di una sostanza liquida sversata in un'area circoscritta o meno. L'evento produce di norma, la formazione di un incendio per l'intera estensione della pozza dal quale può derivare un fenome d'irraggiamento e sprigionarsi del fumo.
UVCE (Unconfined Vapour Cloud Explosion)	Evento incidentale determinato dal rilascio e dispersione in area aperta di una sostanza infiammabile in fase gassosa o vapore, dal quale possono derivare, in caso di innesco, effetti termici variabili e di sovrappressione spesso rilevanti, sia per l'uomo che per le strutture ma meno per l'ambiente.
BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion)	Fenomeno simile all'esplosione prodotta da un'espansione rapida dei vapori infiammabili prodotti da una sostanza gassosa conservata, sotto pressione, allo stato liquido. Da tale evento possono derivare sia effetti di sovrappressione che di irraggiamento termico a carico delle strutture che per le persone.

5.5.2 Cenni sulla modellazione delle conseguenze di incidenti industriali

Per giungere alla completa descrizione degli eventi incidentali che possono interessare uno stabilimento industriale, è necessario modellare le singole fasi dell'incidente. L'approccio comunemente seguito si articola in due fasi principali:

1. valutazione dei termini di sorgente;
2. valutazione delle conseguenze del rilascio (dispersione in atmosfera, incendio e/o esplosione della sostanza).

Nei seguenti paragrafi verranno descritte sinteticamente le fasi della modellazione, con particolare riferimento alle **dispersioni** in atmosfera, tipologia di incidente modellata nel caso studiato in questo lavoro.

5.5.3 Valutazione del termine di sorgente

In genere un incidente in ambito industriale inizia con il rilascio incontrollato di una data quantità di sostanze tossiche o infiammabili all'esterno di un'unità di impianto (serbatoio, tubazione, ecc..).

Ai fini della modellazione è necessario, innanzitutto, distinguere tra:

- **rilasci istantanei:** un rilascio può essere approssimato ad istantaneo quando la durata dello scarico è molto inferiore ai tempi in cui si svolgono i fenomeni successivi. Un esempio di rilascio istantaneo si ha nel caso di collasso catastrofico di un serbatoio;

- **rilasci continui:** il rilascio continuo è caratteristico di un efflusso da una tubazione, da una valvola di sicurezza o da una perdita da un serbatoio (attraverso un foro, una crepa, ecc.);

Un'ulteriore distinzione viene effettuata fra rilasci **continui stazionari** e **transitori**. Il primo caso si ha quando la sezione di efflusso è talmente piccola da non modificare significativamente le condizioni operative del recipiente (si tratta, in ogni caso, di un'approssimazione poiché tutti i rilasci sono intrinsecamente non stazionari).

Nel caso della dispersione, il tempo caratteristico del fenomeno può essere stimato come il rapporto tra la distanza esistente tra sorgente e ricettore e la velocità media del vento. Il verificarsi di un rilascio istantaneo o continuo determina la formazione di una nube o di un pennacchio: nel primo caso un ricettore è esposto ad una concentrazione che inizialmente cresce nel tempo, per raggiungere un valore massimo e poi tornare a zero dopo il passaggio della nube; nel secondo caso il ricettore è esposto ad una concentrazione costante nel tempo (finché rimangono costanti le condizioni dello scarico e le condizioni meteorologiche).

I *modelli di sorgente* utilizzati in questa fase, forniscono la stima di:

- portata scaricata;
- durata dello scarico;
- quantità totale rilasciata;
- fase della sostanza rilasciata.

Di fondamentale importanza è stabilire la **fase scaricata**: il rilascio di un liquido, di un gas o di una miscela bifase; le tre diverse opzioni conducono a molteplici modalità di sviluppo dell'evento che vengono descritti tramite approcci modellistici differenti.

5.5.4 Valutazione delle conseguenze del rilascio

In questa fase della modellazione si passa a valutare quali siano gli effetti di alcuni fattori ambientali (condizioni meteorologiche e superficie topografica) sulla dispersione di un inquinante. In seguito al rilascio all'esterno di un serbatoio o di un'unità di impianto, l'inquinante va incontro ad una serie di fenomeni riassunti sotto il termine di **dispersione**. Tale termine non corrisponde dunque ad un preciso meccanismo di trasporto, ma descrive diversi fenomeni che coinvolgono la sostanza in atmosfera: trasporto da parte del vento, diluizione, reazioni chimiche con i componenti dell'atmosfera, fenomeni di adsorbimento e assorbimento di eventuali gocce e particelle.

I fattori che condizionano maggiormente la fase di dispersione sono di natura **meteorologica** (principalmente le condizioni di **stabilità atmosferica**), **topografica** (scabrezza o rugosità del terreno e presenza di ostacoli), ma anche legate ad alcune **proprietà chimico fisiche** della specie chimica: gas "leggeri", con densità inferiore a quella dell'aria, si comportano in maniera sostanzialmente diversa dai gas "pesanti" e richiedono l'uso di modelli differenti. Inoltre, alcune caratteristiche della sorgente (esempio: scarico in direzione orizzontale o verticale) possono influenzare, in una fase iniziale, la dispersione.

Ai fini della modellazione dei fenomeni coinvolti, si possono distinguere tre regioni principali (figura 5.2) a valle di uno scarico in

atmosfera, nelle quali, allontanandosi gradualmente dalla sorgente, prevalgono le seguenti forze e i relativi fattori:

1. forze inerziali (velocità e direzione dello scarico);
2. forze di galleggiamento (densità del gas);
3. turbolenza dell'atmosfera (velocità del vento, irraggiamento solare e copertura nuvolosa).

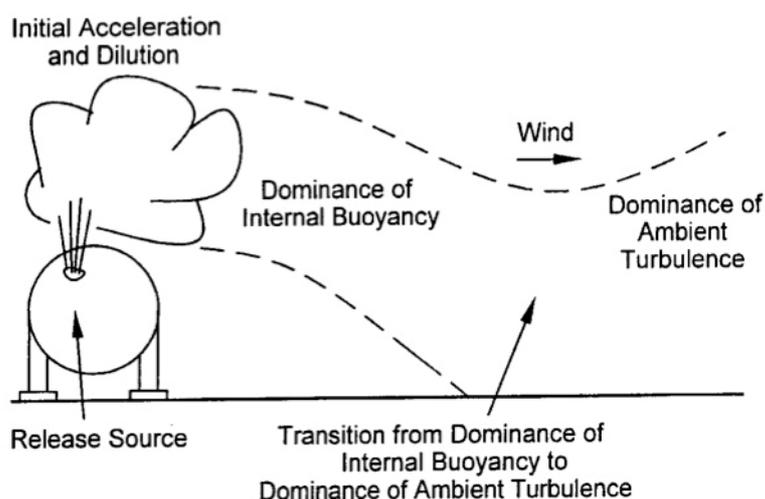


Figura 5.2 – Schematizzazione dei fenomeni fisici coinvolti nelle diverse fasi della dispersione di una specie chimica

I **fattori meteorologici** giocano un ruolo fondamentale soprattutto nell'ultima fase, definita "passiva", della dispersione.

In questa fase è la stabilità atmosferica che determina il maggiore o minore impatto della nube in termini di concentrazione che raggiunge il recettore, poiché, in base alla maggiore o minore turbolenza, viene favorita o limitata la miscelazione dell'inquinante con l'aria. Condizioni instabili, ovvero di maggiore turbolenza, determinano una più

efficace diluizione del gas tossico, viceversa condizioni di stabilità limitano la miscelazione con l'aria e favoriscono il raggiungimento di concentrazioni maggiori anche a grande distanza dalla sorgente.

Anche direzione e velocità del vento controllano significativamente la dispersione: la direzione determina l'area di ricaduta dell'inquinante, mentre la velocità influisce sulla diluizione della nube (miscelazione con l'aria): al crescere della velocità cresce la portata del flusso d'aria in ingresso e quindi la diluizione.

La **superficie topografica** e la presenza di ostacoli in prossimità della sorgente possono influenzare significativamente la dispersione: se la quota dell'emissione è tale da approssimare la presenza di grossi ostacoli (es.: edifici) ad una rugosità superficiale, i modelli di dispersione più semplici ne risentono marginalmente; viceversa il risultato ottenuto può non risultare attendibile, soprattutto in prossimità dell'ostacolo.

Infine, è necessario considerare la possibilità di **reazione chimiche** fra il composto rilasciato e le varie componenti dell'atmosfera; l'influenza di tali reazioni sulla dispersione dipenderà dalla cinetica delle stesse in rapporto al tempo medio di permanenza della specie in atmosfera. Solitamente, salvo condizioni atmosferiche eccezionali o in presenza di specie particolarmente reattive, le reazioni avvengono su una scala temporale di giorni e influiscono solo su trasporti di media e grande scala.

In tabella 5.2 si riporta una classificazione degli eventi incidentali precedentemente definiti, basata sulla tempistica di sviluppo e sull'influenza delle condizioni meteorologiche.

Tabella 5.2 Classificazione degli eventi incidentali in base alla tempistica di svolgimento e all'influenza delle condizioni meteorologiche. Direttiva Regionale Grandi Rischi (tabella 2a).

(*) L'istantaneità è riferita all'evento incidentale indicato; esso però è il risultato di un evento iniziatore (rilascio) che può svilupparsi in tempi anche relativamente lunghi.

Macrotipologie eventi	Definizione	Tipologia incidentale	Influenza condizioni meteo
A - Istantanea (*)	Evento che produce conseguenze che si sviluppano completamente (almeno negli effetti macroscopici) in tempi brevissimi.	Fireball BLEVE UVCE VCE Flash Fire	MODESTA
B - Prolungata	Evento che produce conseguenze che si sviluppano attraverso tempi transitori medi o lunghi, da vari minuti ad alcune ore.	Incendio (Pozza, stoccaggio, ATB) Diffusione tossica (gas e vapori, fumi caldi di combustione/decomposizione)	ELEVATA
C - Differita	Evento che produce conseguenze che possono verificarsi, nei loro aspetti più significativi, con ritardo anche considerevole (qualche giorno) rispetto al loro insorgere.	Rilascio e diffusione di sostanze ecotossiche (in falda, in corpi idrici di superficie) Deposizione di prodotti dispersi (polveri, gas o vapori, prodotti di combustione o decomposizione)	TRASCURABILE

5.5.5 Modelli di simulazione

I modelli attualmente più utilizzati per la simulazione della dispersione in atmosfera sono riconducibili a tre categorie :

- Gaussiani;
- Integrali (a tubo di flusso);
- Tridimensionali (CFD – *Computational Fluid Dynamics*).

I **modelli Gaussiani** sono di più facile utilizzo. Non descrivono l'evoluzione del fenomeno in prossimità della sorgente, limitandosi a modellare la fase finale della dispersione del composto durante la quale gli effetti inerziali, di galleggiamento o comunque legati alle peculiarità della sorgente diventano trascurabili. Esistono diversi tipi di modelli in base alle diverse assunzioni esemplificative fatte. Tali assunzioni, derivanti da confronto tra previsioni dei modelli e misure sperimentali, gli conferiscono una notevole affidabilità nel simulare situazioni analoghe a quelle per cui sono stati sviluppati. Solitamente stimano correttamente l'ordine di grandezza della concentrazione dell'inquinante sovrastimandone però il valore. Inoltre non si prestano alla modellazione della dispersione di gas "pesanti", poiché non considerano l'effetto della gravità che in questo caso gioca un ruolo fondamentale.

I **modelli Integrali** cercano di descrivere l'intero fenomeno del pennacchio (rilascio continuo) o della nube (rilascio istantaneo), dalla sorgente al ricettore. Sono in grado di rappresentare anche gli effetti inerziali, di galleggiamento o legati alla densità della corrente scaricata, ma non di modellare la presenza di grossi ostacoli o di topografie complesse, così come di condizioni meteorologiche o di

scarico estreme. Per la descrizione della fase di dispersione utilizzano modelli gaussiani: questo gli attribuisce le medesime limitazioni.

Un'altra limitazione di questo tipo di modelli risiede nel fatto che è necessario introdurre dei parametri adattivi per ricondurre le equazioni a forme matematicamente più semplici. Questi parametri sono stimati sulla base di evidenze sperimentali: la scarsa disponibilità di dati sperimentali su scala reale non ne garantisce l'affidabilità, in particolar modo in condizioni diverse da quelle sperimentali. A diversi parametri utilizzati corrispondono diversi modelli.

Infine, i **modelli tridimensionali o CFD** sono in grado di rappresentare in modo realistico l'effetto della turbolenza atmosferica sulla dispersione, condizioni meteo estreme e qualsiasi tipo di ostacolo o di topografia. Per contro richiedono costi, tempi di calcolo e di impostazione elevati, oltre all'intervento di personale esperto.

I software di simulazione utilizzati nell'ambito di questo lavoro, descritti in seguito, si basano su modelli integrali. In un caso il modello implementato (*Unified Dispersion Model*) non integra un modulo per la modellazione della dispersione di gas pesanti; nell'altro (ALOHA) è possibile percorrere entrambe le opzioni e confrontare i risultati.

5.5.6 Software di modellazione

Sono attualmente disponibili diversi applicativi software che, integrando opportunamente diversi modelli, sono in grado di simulare

sia le specifiche condizioni di rilascio che lo sviluppo delle conseguenze all'esterno dello stabilimento.

Alcuni dei software più comunemente utilizzati in vari paesi dell'Unione Europea, per la modellazione della dispersione in atmosfera sono, ad esempio (O'Mahony et al., 2008):

- PHAST (DNV Technica, Norvegia);
- ALOHA (US EPA and NOAA);
- SEVEX (Seveso Expert, Belgio);
- RIMPUFF (Belgio);
- DERMA (Danimarca);
- ARGOS (DEMA and Prolog Development Centre, Danimarca).

Per questa fase dello studio sono stati utilizzati due diversi software, con l'intento di confrontarne in seguito i risultati ottenuti per selezionare gli scenari più affidabili relativamente al caso studio esaminato.

I software sono: PHAST (*Process Hazard Assessing Software Tool*) sviluppato dalla DNV Technica di Oslo (Norvegia) e ALOHA (*Areal Location of Hazardous Atmospheres*) sviluppato e distribuito dalla *Environmental Protection Agency* (EPA) e dal *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) statunitensi.

Il software **PHAST** è una suite commerciale sviluppata per il settore chimico e petrolchimico ed il suo utilizzo è convalidato da diversi studi sia per la dispersione di gas tossici che per altri tipi di fenomeni quali BLEVE, *pool fire*, *jet fire* e UVCE anche a partire da miscele multicomponente. Fornisce risultati bidimensionali e non è in grado di modellare la presenza di ostacoli alla dispersione della nube

Ha il vantaggio però di fornire risultati molto affidabili in tempo breve, visualizzabili all'interno di un modulo GIS (<http://www.dnv.com/services/software/products/safeti/safetiqlra/phast.asp>).

Il software **ALOHA** è stato invece sviluppato dall' *Environmental Protection Agency* e dalla *National Oceanic and Atmospheric Administration* negli Stati Uniti, per il settore dell'*Emergency Planning and Response* relativamente agli incidenti chimico-industriali e si può ottenere ed utilizzare gratuitamente. Questo strumento fa parte di un più ampio sistema informatizzato per la gestione delle emergenze legate all'impiego di *hazardous materials*, denominato CAMEO (*Computer Aided Management of Emergency Operations*) implementato dalla US EPA e dal NOAA (<http://www.epa.gov/osweroe1/content/comeo/>).

Il modello per la dispersione atmosferica implementato in ALOHA è stato rigorosamente sviluppato e convalidato e permette di modellare la dispersione di inquinanti a partire da diversi tipi di rilascio (da serbatoio, da tubazioni, da pozza, ecc.). In particolare la simulazione della dispersione di gas pesanti è basata su una versione *stripped-down* del modello DEGADIS (Spicer e Havens, 1989, http://www.ofcm.gov/atd_dir/pdf/aloha.pdf).

Un vantaggio nell'uso di questo applicativo risiede nel fatto che all'utente è richiesto l'inserimento di un set più ridotto di dati rispetto a quelli richiesti da PHAST: questo limita la possibilità di errore e il tempo di impostazione della simulazione.

Anche in questo caso il risultato è bidimensionale e l'effetto di topografie complesse non è considerato (ostacoli o morfologia irregolare) per ridurre i tempi di calcolo. Il software ha alcune ulteriori limitazioni:

- essendo stato sviluppato per i *first responders*, rappresenta un compromesso fra accuratezza e precisione computazionale. L'attendibilità del risultato dipende dall'accuratezza dei dati inseriti e dalla corretta interpretazione; in particolare, i risultati vanno utilizzati con cautela in presenza di particolari condizioni (es: basse velocità del vento, topografia irregolare);
- il modello di dispersione implementato ha lo scopo di stimare le aree interessate dalla dispersione derivante da un rilascio di breve durata (al massimo 60 minuti) dove le pericolosità principali (tossicità, infiammabilità, radiazione termica e sovrappressione) potrebbero superare soglie specificate dall'utente. Consente quindi una modellazione a scala locale.

Entrambi gli applicativi richiedono l'inserimento di alcuni dati meteorologici. Si possono ovviamente inserire dei dati che individuino condizioni meteo "standard", ma volendo ottenere degli scenari di rischio il più possibile affidabili, è metodologicamente più corretto acquisire ed elaborare dati meteorologici provenienti da stazioni di misura poste in prossimità della sorgente di rilascio, per simulare le condizioni ambientali potenzialmente presenti al momento del rilascio nel territorio di interesse.

Nei successivi paragrafi verrà descritta l'acquisizione e l'elaborazione dei dati in ingresso, relativi all'impianto, agli eventi incidentali prospettabili e alle condizioni ambientali al contorno (condizioni meteorologiche e topografia).

5.6 Caso studio

L'approfondimento sul rischio chimico industriale è stato svolto sulla base del *dataset* relativo all'area di studio denominata "Isola Bergamasca", descritta in precedenza all'interno del capitolo 3.

Come già accennato, si tratta di un'area intensamente industrializzata ed urbanizzata, in cui sono presenti numerosi stabilimenti industriali, alcuni dei quali soggetti alle norme Seveso.

Per la valutazione della pericolosità, tramite l'individuazione dei siti in cui vengono manipolate sostanze pericolose, anche al di fuori delle direttive Seveso, sono stati acquisiti dalla Provincia di Bergamo gli Allegati Tecnici ai Decreti di Autorizzazione Integrata Ambientale delle attività produttive soggette a regime normativo IPPC (Direttiva 2008/1/CE,) presenti nell'area di studio.

All'interno di questo gruppo di aziende è stato individuato un caso studio. Si tratta di un'azienda produttrice di generi alimentari, che detiene 10.500 Kg di **ammoniaca anidra** utilizzata in impianti di refrigerazione. Lo stabilimento è situato nel territorio del Comune di Medolago (Provincia di Bergamo).

L'ammoniaca anidra (NH₃) rientra fra le sostanze contemplate dall'Allegato A del Dlgs 238/2005, parte II (appendice IVb) come sostanza **tossica** per inalazione ed **infiammabile**. In tabella 5.4 si riportano alcuni dati relativi all'inquadramento della sostanza nella normativa. Un quadro completo delle informazioni relative alla sostanza è riportato nella *International Chemical Safety Card* (ICSC n. 0414, http://www.arpa.emr.it/sostanze_pericolose.asp) e il *Chemical Datasheet* estratto dal *Cameo Chemicals – Database of Hazardous Materials* (<http://cameochemicals.noaa.gov>).

Tabella 5.4 Inquadramento della sostanza nella normativa Seveso (Dati ICSC)

Nome	Ammoniaca anidra
Formula	NH ₃
N. CAS	7664-41-7
Allegato A (parte II)	Tossico per inalazione Infiammabile
Fraasi di Rischio	R10, R23, R34, R50
Limiti detenzione art.6	50 t
Limiti detenzione art. 8	200 t

Dalle fonti citate, si possono apprendere i principali **rischi** derivanti dal contatto con l'ammoniaca anidra. La gravità degli effetti tossici varia a seconda del tipo, della concentrazione e del periodo di esposizione: il contatto diretto con la cute o gli occhi provoca ustioni e congelamento (nel caso avvenga con il liquido), l'inalazione provoca difficoltà respiratorie (anche differite rispetto al momento dell'esposizione) e può essere fatale anche in breve tempo (ad alte concentrazioni).

Per quanto riguarda il pericolo di infiammabilità, esso è più severo nel caso di miscelazione dell'ammoniaca con altre specie chimiche, dalla quale possono svilupparsi reazioni fortemente esotermiche ed esplosive. Queste possono verificarsi anche in caso di contatto con l'acqua, data anche l'elevata solubilità del composto. Normalmente stabile a contatto con l'atmosfera, l'ammoniaca può dar luogo a violente reazioni con una vasta gamma di specie chimiche.

Per quanto riguarda il suo comportamento in fase gassosa, che è di maggior interesse per il caso studio qui esaminato, è necessario descrivere alcune peculiarità dell'ammoniaca nel caso in cui venga rilasciata come **miscela bifase**. L'ammoniaca viene solitamente stoccata come gas liquefatto per compressione (ad una pressione

superiore a quella ambiente): all'interno del serbatoio si trova quindi sia in fase liquida che gassosa (equilibrio liquido/vapore). In caso di rilascio accidentale al di fuori del serbatoio (da un foro o da una valvola), il salto di pressione causa la repentina ebollizione di una parte del liquido fuoriuscito, dando luogo al fenomeno di **flash**. La nube gassosa formatasi in seguito a tali condizioni di rilascio è ricca di goccioline di ammoniaca liquida e quindi risulta molto più densa di quanto non sarebbe se fosse presente la sola fase gas. Questo fa sì che la nube (o il pennacchio) si comporti come un gas "pesante" e richieda l'utilizzo di un approccio modellistico specifico per questo tipo di rilasci (TNO, *Yellow Book*, 2005).

In un rapporto redatto dall'ex APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi tecnici) sono stati censiti gli incidenti che hanno dato luogo al rilascio e alla dispersione di ammoniaca (APAT, 2003).

5.6.1 Ipotesi incidentali

Per non incorrere in ipotesi incidentali arbitrarie, si è fatto riferimento ad alcuni studi riguardanti i rischi connessi con i rilasci di ammoniaca anidra.

Un rapporto del *U.S. Environmental Protection Agency (Technical Background Document for Offsite Consequence Analysis for Anhydrous Aqueous Ammonia, Chlorine and Sulfur Dioxide, 1999)* descrive come *worst case scenario* il rilascio istantaneo dell'intero contenuto di un serbatoio (*vessel*) o da una tubazione (*pipeline*). Il rilascio istantaneo dell'intero contenuto è possibile solo in caso di collasso catastrofico del recipiente, che può verificarsi, tipicamente, in caso di terremoto o esplosione del serbatoio (dovuto al surriscaldamento per incendio esterno). Si tratta quindi di uno

scenario estremamente improbabile nel sito oggetto di studio, dato il basso rischio sismico .

In uno studio svolto presso la Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali dell'Università degli Studi di Torino, dal titolo "Analisi di Rischio per un impianto di refrigerazione ad ammoniacca" (M.A. Biagianti, 2006, <http://aperto.unito.it/handle/2318/93>), in collaborazione con ASL 1 (Commissione Permanente Gas Tossici) di Torino e ARPA Piemonte, vengono individuati i **top event** ritenuti generalmente più probabili per gli impianti che utilizzano ammoniacca (tabella 5.5). Nello studio sono riportati anche alcuni parametri relativi all'impianto di refrigerazione studiato, che sono stati considerati anche nelle simulazioni del caso di Medolago, in mancanza di informazioni sul caso reale (es.: diametro tubazione). Per i parametri non conosciuti sono state fatte assunzioni conservative, ovvero che permettano di valutare il *worst case*.

Tabella 5.5 Eventi incidentali più probabili per impianti che impiegano ammoniacca.

TOP 1. RILASCIO DA TUBAZIONI FISSE
Rottura o perdita da tubazioni in fase liquida
Rottura o perdita da tubazioni in fase gas
TOP 2. RILASCIO DA SERBATOI DI STOCCAGGIO
Rottura serbatoio
Apertura valvola spuria di sicurezza
TOP 3. OPERAZIONI DI TRAVASO DELL'AMMONIACA
Rottura manichetta per travaso da autobotti ai serbatoi
Perdita da accoppiamenti flangiati o valvole
Sovrariempimento serbatoi/separatori
Rottura o perdita da tubazioni fisse per il travaso dell'ammoniaca
Perdita da accoppiamento flangiato tubo di carico/serbatoio

Nello studio citato si fa riferimento al TOP 3 come la tipologia di eventi più frequenti e, più in generale, a quelli legati al trasporto. Gli incidenti da trasporto sono anche i più difficili da simulare, poiché molti parametri non sono conosciuti e non è possibile determinare l'ubicazione esatta del rilascio.

Pertanto, per la simulazione del caso in esame, sono state prese in considerazione le ipotesi incidentali relative ai TOP 1 e 2:

1. Perdita da tubazione fissa;
2. Rilascio da serbatoio di stoccaggio.

In entrambi i casi la fase scaricata è stata determinata in base alle condizioni di esercizio del serbatoio (si veda il paragrafo sulla modellazione). Inoltre i due scenari prevedono una quantità massima differente per simulare le condizioni realmente esistenti nell'impianto: le due centrali frigorifere presentano infatti due serbatoi indipendenti; le tubazioni, invece, sono comuni ad entrambe le centrali.

In tabella 5.6 si riportano i principali parametri utilizzati per le simulazioni.

Tabella 5.6 Parametri relativi all'impianto

Parametro	Scenario 1	Scenario 2
	Perdita da tubazione	Perdita da serbatoio
Temperatura serbatoio	25°C	25°C
Quantità massima serbatoio	10500 Kg	5000 Kg
Altezza serbatoio	2 m	1,5 m
Capacità serbatoio	20 m ³	10 m ³
Diametro tubazione	40 mm	-
Altezza della perdita	1 m	10 cm
Diametro foro	40 mm	10 mm

E' necessario precisare che i parametri inseriti variano a seconda del software utilizzato per la simulazione dell'incidente. Una discussione più dettagliata a riguardo è riportata nei relativi paragrafi.

5.6.2 Dati meteorologici

Per la simulazione degli eventi incidentali individuati come *top event* all'interno del caso studio di Medolago (BG) sono stati acquisiti i dati meteorologici della stazione di misura dell' ARPA situata a Filago (BG), la più vicina all'origine del rilascio.

Nella Tabella 5.7 si riportano i dati acquisiti dal Servizio Meteorologico Regionale di ARPA Lombardia, relativi alla stazione di Filago (ID stazione 595, coordinate Gauss - Boaga 1543370 E, 5053540 N).

Tabella 5.7 Parametri meteorologici acquisiti per il caso studio di Medolago (BG)

Parametro	Id sensore	Frequenza	Periodo	Unità di Misura
Temperatura (m, min, max)	5863	Giornaliera	2010	°C
Temperatura media	5863	Oraria	2010	°C
Velocità media del vento	6095	Giornaliera	2010	m/s
Velocità media del vento	6095	Oraria	2010	m/s
Umidità relativa	6157	Giornaliera	2010	%
Radiazione globale	6430	Giornaliera	2010	W/m ²
Radiazione globale	6430	Oraria	2010	W/m ²
Direzione Vento	5980	Oraria	2010	°

I dati acquisiti sono stati elaborati in fogli di calcolo per derivare i parametri da inserire nei software di simulazione. In particolare sono stati determinati i **venti prevalenti** (direzione e velocità dominante) e la **copertura nuvolosa** notturna per la determinazione delle **classi di stabilità atmosferica** (Pasquill, 1961).

Per la caratterizzazione dei venti prevalenti, sono stati utilizzati i dati orari di direzione e velocità del vento (misurati entrambi a 10 m di altezza dal suolo), aggregati su base mensile. Per il calcolo delle classi di stabilità atmosferica di Pasquill sono stati utilizzati i dati orari relativi a velocità del vento e irraggiamento solare e i dati giornalieri di temperatura (minimo e massimo giornaliero) per il calcolo della frazione di copertura notturna del cielo. Tutti i dati orari sono stati elaborati separatamente per le ore diurne e notturne.

La copertura nuvolosa è stata calcolata con la seguente relazione (Bristow e Campbell, 1984):

$$F_c = e^{-0,003 (T_{max} - T_{min})^{2,4}}$$

dove F_c è la copertura nuvolosa, T_{max} e T_{min} le temperature massima e minima giornaliera, rispettivamente.

Di seguito si riporta la tabella utilizzata per individuare le classi di stabilità in relazione alla velocità del vento, al grado d'insolazione e di copertura notturna del cielo (tabella 5.8) e la descrizione delle classi individuate da Pasquill (tabella 5.9).

In appendice V e VI sono riportati i grafici mensili relativi ai venti prevalenti e alla frequenza delle classi di stabilità atmosferica.

Tabella 5.8 Classi di stabilità atmosferica in relazione alla velocità del vento, al grado d'insolazione e di copertura del cielo.
(Pasquill, 1961).

Velocità del Vento a 10 m dal suolo [ms^{-1}]	Irraggiamento solare [Wm^{-2}]			Frazione di copertura notturna del cielo	
	>700 (forte)	350-700 (moderato)	<350 (leggero)	> 1/2 (nuvoloso)	< 3/8 (sereno)
<2	A	A-B	B	/	/
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

Tabella 5.9 Classi di stabilità atmosferica di Pasquill (Pasquill, 1961)

Categoria	Condizioni dell'atmosfera
A	Estremamente instabile
B	Moderatamente instabile
C	Poco instabile
D	Neutra
E	Poco stabile
F	Moderatamente stabile

5.6.3 Scenari meteorologici per le simulazioni

Una volta definiti tutti i fattori meteorologici necessari alle simulazioni, si è scelto di aggregarli in modo da avere un insieme discreto di scenari. E' infatti poco realistico e poco pratico rappresentare tutte le possibili combinazioni di fattori; risulta più utile identificare alcune situazioni che si differenziano su base stagionale e sul periodo diurno e notturno. In questo modo è possibile limitare il numero delle simulazioni e rappresentare le più frequenti combinazioni di fattori.

Per il caso studio di Medolago sono stati identificati quattro scenari meteorologici, dei quali uno relativo al periodo notturno (a) e tre relativi alle ore diurne (b, c, d, tabella 5.10).

Tabella 5.10 scenari derivati dall'analisi dei dati meteorologici

N.	Giorno/ Notte	Classe stabilità atmosf (Pasquill)	Direz vento	Velocità media (m/s)	T Aria (°C)	Rad solare (W/m ²)	Umidità relativa (%)
a	N	F	NE	1	25	0,5	50
b	G	B	W	2,5	15	370	70
c	G	B	S	2	25	440	70
d	G	C	NE	3	5	75	90

5.6.4 Superficie topografica

In entrambi i software, insieme ai fattori meteorologici precedentemente descritti, viene richiesto l'inserimento di un valore di rugosità (*roughness*) del terreno nell'area intorno al rilascio.

Inserendo un unico valore, quindi, non è possibile tenere conto, in una singola simulazione, di situazioni topografiche complesse; se le aree di dispersione dei diversi scenari prospettati, in base alla direzione del vento prevalente, presentano conformazioni topografiche o usi del suolo differenti è bene quindi svolgere diverse simulazioni, variando ogni volta il valore di *roughness*.

Nel caso studio qui discusso, l'area circostante l'origine del rilascio è costituita prevalentemente da zone rurali, con la presenza dei primi ostacoli di dimensioni significative posti a circa 500 m (figura 5.3). Nelle simulazioni effettuate in ALOHA è stato quindi inserito un valore rappresentativo di una topografia di "campo aperto" (*open country*). Un'eccezione è rappresentata dall'area a Nord – Nordest dello stabilimento, dove sono presenti alcuni edifici industriali; in questo caso la simulazione (solo in ALOHA) è stata ripetuta inserendo un

valore corrispondente alla situazione “urbanizzato/boschivo” (*urban/forest*). Il risultato ottenuto si è dimostrato poco differente da quello relativo alla topografia di “campo aperto”.

Le simulazioni effettuate in PHAST richiedono l’inserimento di un valore pari a 1/10 dell’altezza dell’ostacolo: per il caso in esame è stato inserito il valore di 3 cm per tutte le simulazioni, che corrisponde all’opzione “*open country*” in ALOHA.

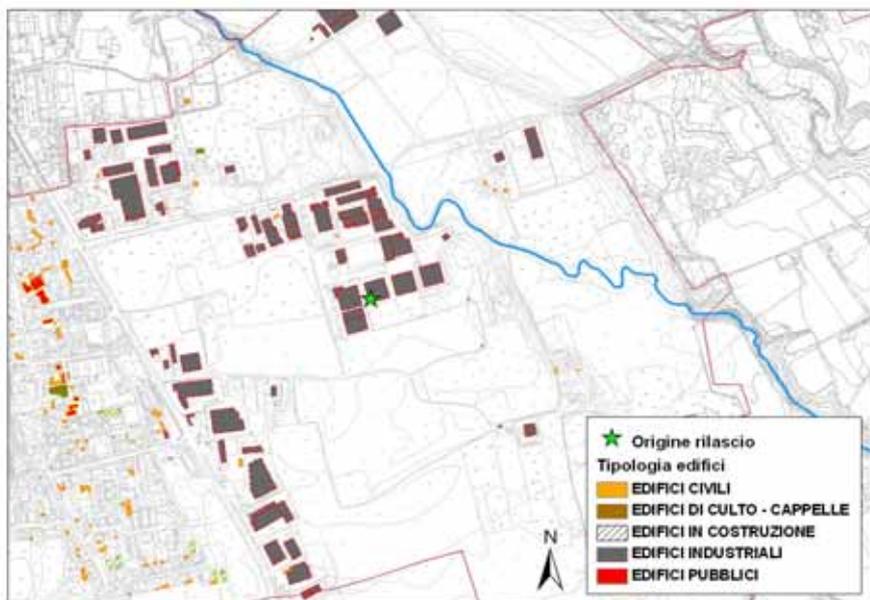


Figura 5.3 Area circostante l’origine del rilascio nel Comune di Medolago (BG)

5.6.5 Levels of Concern (LOCs)

Per effettuare le simulazioni è necessario definire un ultimo fondamentale parametro, ovvero i valori soglia di concentrazione dell'inquinante che corrispondono a diversi effetti sulla popolazione esposta al contatto col tossico. Un "livello di preoccupazione" o "limite di esposizione" (*level of concern* o *exposure limit*) è la soglia di concentrazione di un inquinante in atmosfera al di sopra del quale ci si aspetta che esistano determinati effetti sulla salute umana. Tale limite è espresso come concentrazione a cui è esposto per un dato periodo di tempo un gruppo definito della popolazione e per una determinata via di esposizione (inalazione o contatto diretto).

Nell'ambito dell'applicazione delle Direttive Seveso, gli approcci seguiti per determinare le aree interessate dalle conseguenze di un rilascio variano da paese a paese. Il progetto europeo ACUTEX (<http://www.acutex.eu/>), ha individuato fra gli allora 15 paesi membri, 9 diversi valori di esposizione per effetti acuti utilizzati in vari lavori correlati alla direttiva Seveso II (Wood et al., 2006): non è stato ancora definito uno standard europeo per quanto riguarda la scelta dei LOCs.

Per scegliere un appropriato LOC o valore soglia, al fine di delimitare aree di rischio differenziate in base agli effetti attesi di un incidente chimico-industriale, è necessario considerare alcuni parametri, quali le caratteristiche della popolazione esposta, la natura dei potenziali effetti avversi e il probabile (stimato) periodo di esposizione.

Nell'ambito di un Piano di Emergenza *off-site* l'obiettivo è innanzitutto quello di proteggere la popolazione generale, includendo gli individui più sensibili (per fascia di età o affetti da patologie croniche). Gli

effetti tossicologici sulla salute da considerare vanno da quelli immediatamente letali agli effetti cronici che si possono manifestare a lungo termine. Inoltre, il periodo di esposizione è funzione della durata del rilascio e della successiva dispersione, dipende quindi da tutti i fattori che controllano le due “fasi” dell’evento (quantità di sostanza rilasciata, caratteristiche chimico-fisiche dell’inquinante, condizioni meteorologiche e topografia del sito). Per determinare il tempo di esposizione è necessario, quindi, fare alcune ragionevoli assunzioni riguardo i tempi che intercorrono fra l’inizio del rilascio e l’eventuale intervento di operatori o sistemi automatici di sicurezza, a meno che non si sia in possesso dei dati specifici relativi all’impianto studiato.

Dato l’obiettivo di un Piano di Emergenza Esterno, è quindi più corretto utilizzare un *LOC* definito per un gruppo umano più ampio possibile, piuttosto che valori soglia studiati per gruppi particolari di persone, come quelli per gli ambienti di lavoro. I limiti occupazionali (es.: *IDLH*), infatti, potrebbero sottostimare il rischio per gli individui più giovani o più anziani (O’Mahony et al., 2008).

Data tale premessa, per la definizione degli scenari riferiti al caso studio di Medolago, si è scelto di definire le aree di rischio in base agli *Acute Exposure Guideline Levels* (AEGL), sviluppati dal *National Advisory Committee for the Development of Acute Exposure Guideline Levels for Hazardous Substances* (AEGL Committee) costituito da entità del settore pubblico e privato a livello internazionale che fanno capo alla *United States Environmental Protection Agency* (US EPA). Gli *AEGLs* utilizzati come soglie per la pianificazione dei siti Seveso in alcuni paesi europei (Belgio) e per le emergenze chimico industriali in generale in USA, Canada e Sud America (ERG 2004, <http://www.phmsa.dot.gov/hazmat/library/erg>).

5.6.6 AEGLs (Acute Exposure Guideline Levels)

Il concetto di “*Acute Exposure Guideline Level*” è stato sviluppato a partire dagli anni '80 in seguito al grave incidente di Bhopal (India, 1984) su iniziativa della US EPA, sulla base di una approfondita revisione di dati di tossicità umana ed animale (<http://www.epa.gov/oppt/aegl/>).

L' AEGL è progettato per garantire la protezione del più ampio gruppo di persone, compresi gli individui più sensibili (ovvero bambini, anziani, soggetti affetti da patologie croniche), da un'esposizione singola e di breve durata. Sono definiti tre livelli di concentrazione per cinque periodi di esposizione (10 minuti, 30 minuti, 1 ora, 4 ore, 8 ore), di seguito definiti.

- **AEGL- 1:** è la concentrazione aerea, espressa in parti per milione, o milligrammi per metro cubo di una sostanza, al di sopra della quale si prevede che la popolazione generale, inclusi gli individui sensibili, possa provare un notevole malessere, irritazione o alcuni inspiegabili effetti asintomatici. Gli effetti sono comunque non disabilitanti e sono transitori e reversibili dopo la cessazione dell'esposizione.
- **AEGL- 2:** è la concentrazione aerea (espressa in ppm o mg/m^3) di una sostanza al disopra della quale si prevede che la popolazione generale, inclusi gli individui più sensibili, possa subire effetti irreversibili o dannosi nel lungo periodo per la propria salute, o che incontri ridotte capacità di fuga.

- **AEGL- 3:** è la concentrazione aerea (espressa in ppm o mg/m³) di una sostanza al di sopra della quale si prevede che la popolazione generale, inclusi gli individui più sensibili, possa subire effetti letali o essere in pericolo di vita.

I valori di AEGL sono disponibili per 191 composti chimici (<http://www.epa.gov/oppt/aegl/pubs/chemlist.htm>). In tabella 5.11 si riportano i valori di AEGL relativi all'ammoniaca anidra. In assenza di AEGL, in letteratura si indicano i valori soglia denominati ERPG (*Emergency Response Planning Guideline*) sviluppati dall' *American Industrial Hygiene Association*, ritenuti meno affidabili perché basati solo su dati tossicologici animali e definiti solamente per il periodo di esposizione di un'ora (O' Mahony, 2008).

Tabella 5.11 *Acute Exposure Guidance Levels* relativi all'ammoniaca anidra

AMMONIA (ppm) n. CAS 7664 - 41 - 7					
	10 min	30 min	60 min	4 h	8 h
AEGL 1	30	30	30	30	30
AEGL2	220	220	160	110	110
AEGL3	2700	1600	1100	550	390

5.6.7 Modellazione con PHAST 6.42

In questo paragrafo verrà descritta l'impostazione delle simulazioni effettuate con il pacchetto software PHAST (*Process Hazard Assessing Software Tool*) della norvegese DNV Technica.

L'input dei parametri avviene tramite maschere di inserimento, ognuna riguardante uno specifico aspetto.

- MATERIAL: è possibile scegliere dalla *chemical library* del software il composto che si vuole usare per la simulazione, caricando direttamente tutti i parametri chimico-fisici necessari alla simulazione;
- SCENARIO: è possibile indicare il tipo di evento da simulare;
- PIPE: se si è scelto uno scenario relativo alla rottura di tubazioni si possono specificare alcuni parametri relativi alla tubazione;
- VESSEL/TANK: se si è scelto uno scenario relativo alla perdita da serbatoio si possono specificare alcune caratteristiche tecniche del serbatoio;
- LOCATION: è possibile inserire le coordinate del rilascio nelle tre dimensioni e specificare se il rilascio avviene *indoor* o *outdoor*.
- WEATHER: è possibile specificare i parametri meteorologici.

Nelle seguenti tabelle (5.12 e 5.13) si riportano i valori dei parametri inseriti come input.

Tabella 5.12 Parametri di input in PHAST per lo scenario 1

Scenario 1: rottura tubazione fissa	
Event	Line rupture
Type of vessel	Saturated liquid
Tank temperature	25°C
Inventory	10500 kg
Tank head	2 m
Pipe diameter	40 mm
Leak elevation	1 m
Indoor/outdoor	Outdoor

Tabella 5.13 Parametri di input in PHAST per lo scenario 2

Scenario 2: perdita da serbatoio	
Event	Leak
Type of vessel	Saturated liquid
Tank temperature	25°C
Inventory	5000 Kg
Tank head	1,5 m
Hole diameter	10 mm
Leak elevation	0,1 m
Indoor/outdoor	Indoor

Una volta inseriti i parametri relativi allo stoccaggio e al materiale, è necessario specificare i parametri meteorologici e la *roughness*. Nella tabella 5.14 si riportano i valori inseriti.

Tabella 5.14 Parametri meteorologici e valore di *roughness* utilizzati nelle simulazioni effettuate con PHAST

N.	G/N	Classe stabilità atmosferica (Pasquill)	Direz vento	Velocità media (m/s)	T Aria (°C)	T suolo (calc) °C	Roughness (cm)
a	N	F	NE	1	25	24,8	3
b	G	B	W	2,5	15	17,24	3
c	G	B	S	2	25	26,51	3
d	G	C	NE	3	5	5,85	3

In PHAST è possibile inserire la temperatura calcolata al suolo per permettere il calcolo dell'evaporazione da pozza. In entrambi gli scenari incidentali, infatti, è prevista la formazione di una pozza di liquido e l'apporto derivante da questa componente viene sommato a

quello derivante dalla parte di materiale rilasciato direttamente in atmosfera.

Le temperature inserite sono state calcolate a partire da classe di stabilità, velocità media del vento, *roughness* e lunghezza di Monin Obukov.

In totale sono quindi state effettuate otto simulazioni: quattro per ogni *top event* o scenario incidentale (1 e 2), una per ogni scenario meteorologico (a, b, c, d).

Di seguito si riportano i risultati ottenuti, ovvero i valori di lunghezza massima di ciascuna area di danno (espresse in Km) caratteristica della nube tossica risultante da ciascuna simulazione (tabella 5.15).

Tabella 5.15 Distanza massima raggiunta dai valori soglia di concentrazione corrispondenti ai valori AEGL-1, AEGL-2 e AEGL-3 (10 min) nelle simulazioni effettuate con PHAST.

SCENARIO	Quantità totale rilasciata (Kg)	AEGL (10 min) - Km		
		AEGL-3	AEGL-2	AEGL-1
		2700 ppm	220 ppm	30 ppm
1a	10499,87	0,7	2,337	9,052
2a	4999,95	0,227	2,264	10,495
1b	10499,87	0,392	0,753	1,835
2b	4999,95	0,086	0,286	0,824
1c	10499,87	0,44	0,825	2,02
2c	4999,95	0,086	0,31	0,924
1d	10499,87	0,3	0,639	1,64
2d	4999,95	0,071	0,26	0,747

Oltre a restituire i valori delle distanze, il software fornisce in output la rappresentazione grafica in due dimensioni dell'impronta della nube (*footprint*) e del profilo verticale (*sideview*). Nelle figure (da 4.6 a 4.11) si illustra l'esempio riferito allo scenario 2B (perdita da serbatoio, classe di stabilità B e velocità del vento pari a 2.5 m/s).

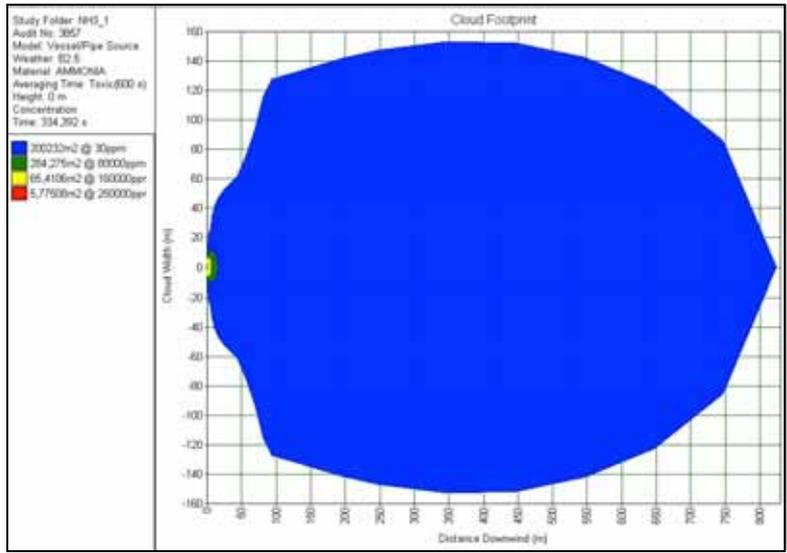


Figura 5.4 *Footprint* relativa allo scenario 2b, AEGL 1 (10 min)

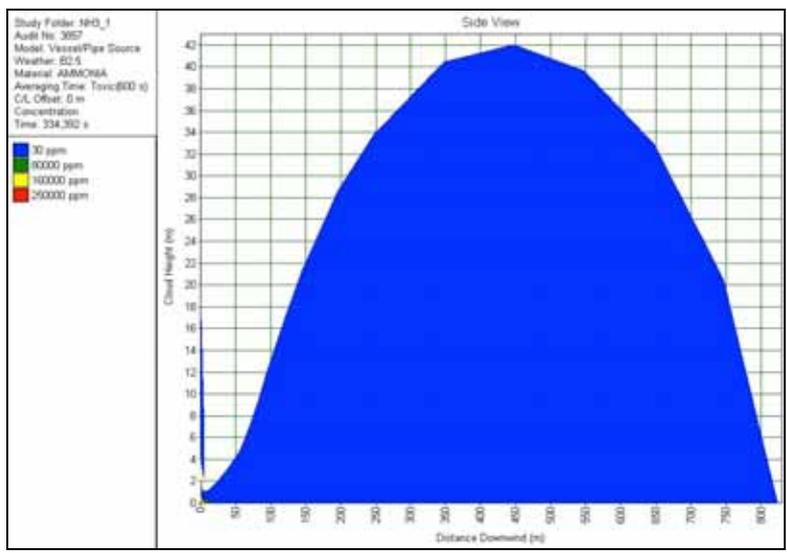


Figura 5.5 Sideview relativa allo scenario 2b, AEGL 1 (10 min)

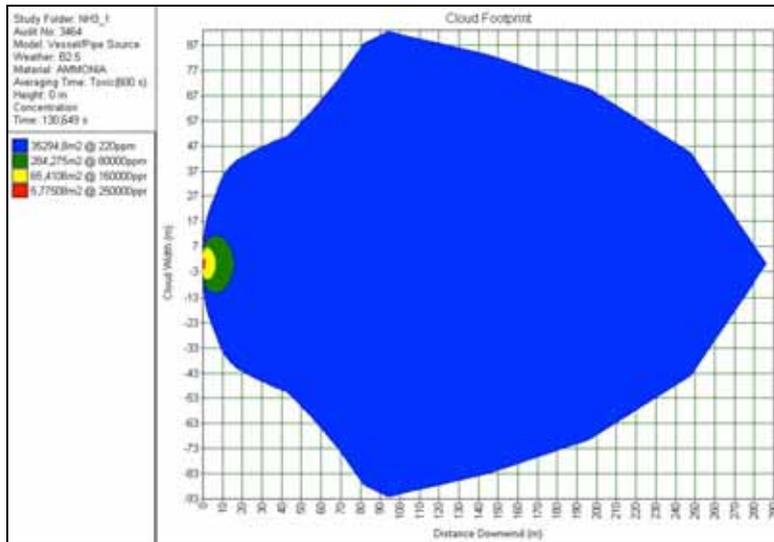


Figura 5.6 Footprint relativa allo scenario 2b, AEGL 2 (10 min)

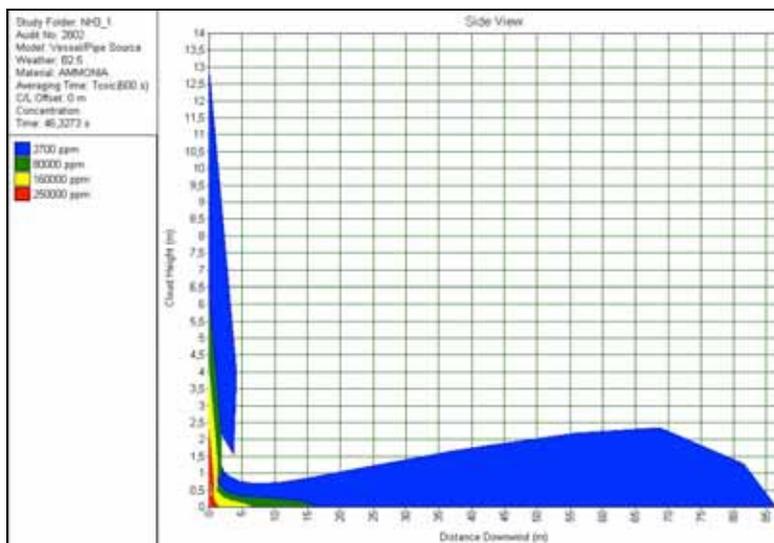


Figura 5.7 Sideview relativa allo scenario 2b, AEGL 2 (10 min)

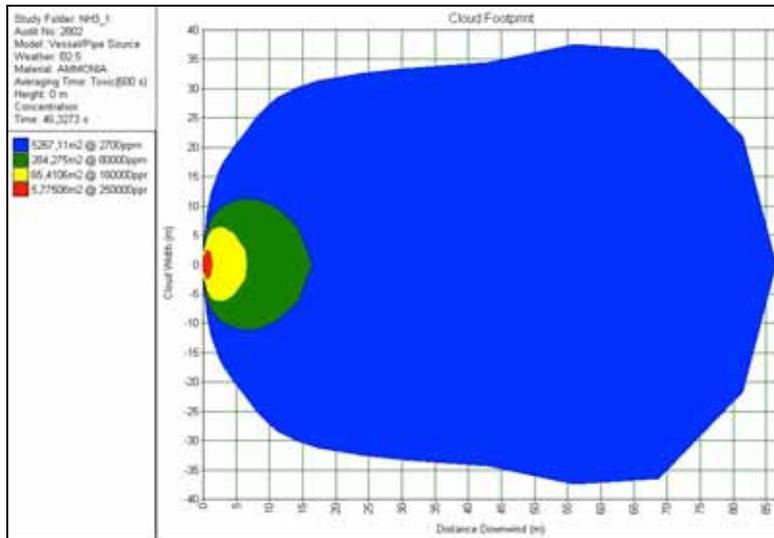


Figura 5.8 Footprint relativa allo scenario 2b, AEGL 3 (10 min)

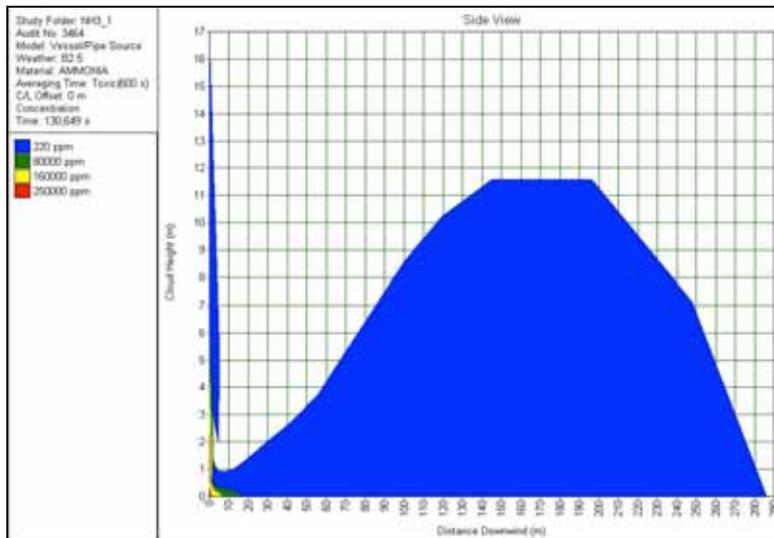


Figura 5.9 Sideview relativa allo scenario 2b, AEGL 3 (10 min)

5.6.8 Modellazione con ALOHA 5.4.1.2

In questo paragrafo verrà descritta l'impostazione delle simulazioni effettuate con l'applicativo software ALOHA (*Area Location of Hazardous Atmospheres*) sviluppato dalla EPA e dal NOAA statunitensi.

I dati richiesti come input sono:

- SITE DATA: è possibile inserire coordinate, data e ora del rilascio; inoltre si possono specificare le caratteristiche di eventuali edifici in cui stimare la concentrazione *indoor (threat at point)*.
- CHEMICAL SETUP: è possibile selezionare una sostanza dal database del software (CAMEO database);
- ATMOSPHERIC SETUP: si possono specificare i parametri meteorologici e la roughness;
- SOURCE SETUP: si possono specificare alcuni parametri fisici della sorgente (scegliendo fra le tipologie Direct, Tank, Puddle, Gas Pipeline);
- CALCULATION OPTION SETUP: si può specificare il modello da utilizzare per la dispersione (Heavy gas o Gaussian).

Nelle seguenti tabelle (5.16 e 5.17) si riportano i valori dei parametri inseriti come input.

Tabella 5.16 Parametri di input in ALOHA per lo scenario 1

EVENTO 1: rottura tubazione fissa	
Source	Tank
Tank type	Horizontal cylinder
Tank diameter	2 m
Tank Volume	20 m ³
State of chemical	Liquid
Tank temperature	25°C
Mass in tank	10500 kg
Scenario	Leaking tank (not burning)
Leak type	short pipe/valve (circular; d= 40 mm)
Leak elevation	0 m

Tabella 5.17 – Parametri di input in ALOHA per lo scenario 2

EVENTO 2 : perdita da serbatoio	
Source	Tank
Tank type	Horizontal cylinder
Tank diameter	1,5 m
Tank volume	10 m ³
State of chemical	Liquid
Tank temperature	25°C
Mass in tank	5000 kg
Scenario	Leaking tank (not burning)
Leak type	Hole (circular; d= 10 mm)
Leak elevation	0 m

In ALOHA è necessario inserire in ogni simulazione i parametri meteorologici e il valore di *roughness*. I parametri richiesti e i valori inseriti nelle simulazioni sono riportati in tabella 5.18. Si noti che la classe di stabilità atmosferica è in realtà determinata automaticamente a partire dai valori di velocità del vento, copertura nuvolosa, temperatura dell'aria, data e ora.

In totale sono quindi state effettuate otto simulazioni, ovvero per ogni *top event* o scenario incidentale (1 e 2) quattro simulazioni, una per ogni scenario meteorologico (a, b, c, d). In considerazione del comportamento dell'ammoniaca nel caso di un rilascio bifase, le otto simulazioni sono state effettuate usando il modello *heavy gas*.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti, in termini di lunghezza massima di ciascuna area di danno o *threat zone* (esprese in Km) caratteristica della nube tossica risultante da ciascuna simulazione (tabella 5.19).

Tabella 5.18 Parametri meteorologici e valore di *roughness* utilizzati nelle simulazioni effettuate con ALOHA

N.	Giorno/ Notte	Classe stabilità atmosferica (Pasquill)	Direzione vento	Velocità media (m/s)	T Aria (°C)	Copertura nuvolosa	Umidità relativa (%)	Roughness (cm)
a	N	F	NE	1	25	3/10	50	3
b	G	B	W	2.5	15	5/10	70	3
c	G	B	S	2	25	3/10	70	3
d	G	C	NE	3	5	5/10	90	3

Tabella 5.19 Distanza massima raggiunta dai valori soglia di concentrazione corrispondenti ai valori AEGL-1, AEGL-2 e AEGL-3 (10 min) nelle simulazioni effettuate con ALOHA.

SCENARIO	Quantità totale rilasciata (Kg)	AEGL (10 min) - Km		
		AEGL-3	AEGL-2	AEGL-1
		2700 ppm	220 ppm	30 ppm
1a	5810	1,3	3,9	8,7
2a	4860	0,49	1,8	5,3
1b	5810	0,393	1,6	4,4
2b	4860	0,165	0,649	1,8
1c	5810	0,438	1,8	5
2c	4860	0,18	0,751	2,1
1d	5810	0,391	1,7	4,9
2d	4860	0,167	0,716	2

In ALOHA è possibile visualizzare contemporaneamente le tre *threat zones* in un grafico bidimensionale. In base ai *LOCs* impostati, il software visualizzerà ciascuna area con un colore differente. Oltre alla delimitazione delle aree di rischio, il software visualizza delle *confidence lines*, che rappresentano l'incertezza dovuta al possibile cambiamento di direzione del vento nel tempo (figura 5.10).

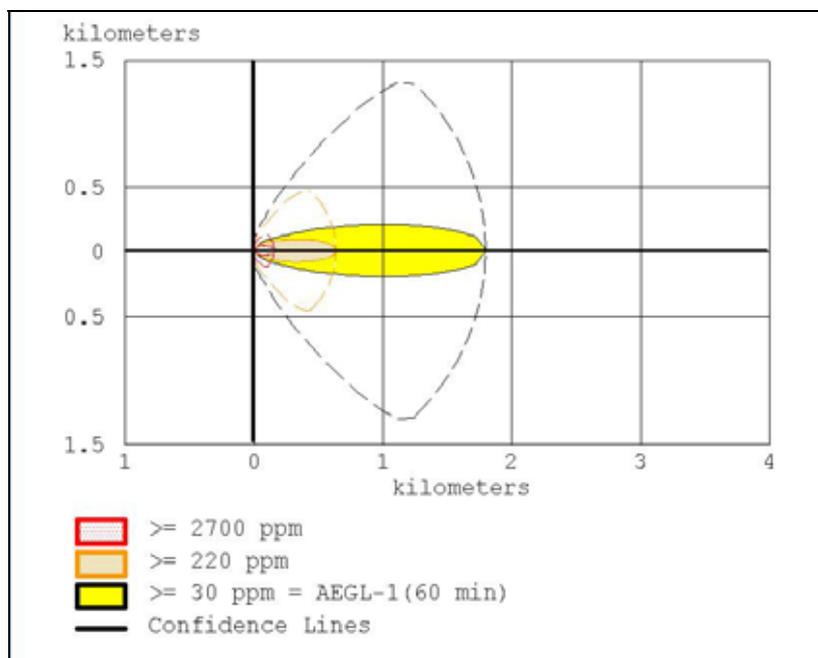


Figura 5.10 *Threat zone plot* relativo allo scenario 2b visualizzato in ALOHA

I *threat zone plot* realizzati in ALOHA possono essere esportati facilmente in ambiente GIS: questa operazione ha il solo fine di visualizzare la nube su una base cartografica, orientata secondo la direzione del vento considerata per la simulazione e può essere eseguita in due modalità: tramite l'installazione dell'applicativo MARPLOT (sviluppato sempre nell'ambito del progetto CAMEO), oppure installando un'estensione gratuita in ArcMap (ESRI ArcGis) appositamente predisposta per l'importazione dei plot elaborati in ALOHA. L'applicativo MARPLOT e l'estensione ArcMap Import Tool sono disponibili in rete gratuitamente (il secondo applicativo è implementabile solo avendo già installato ESRI ArcGis o ArcView).

footprints risultanti dalla simulazione agli strati cartografici del database territoriale relativo al Comune di Medolago.

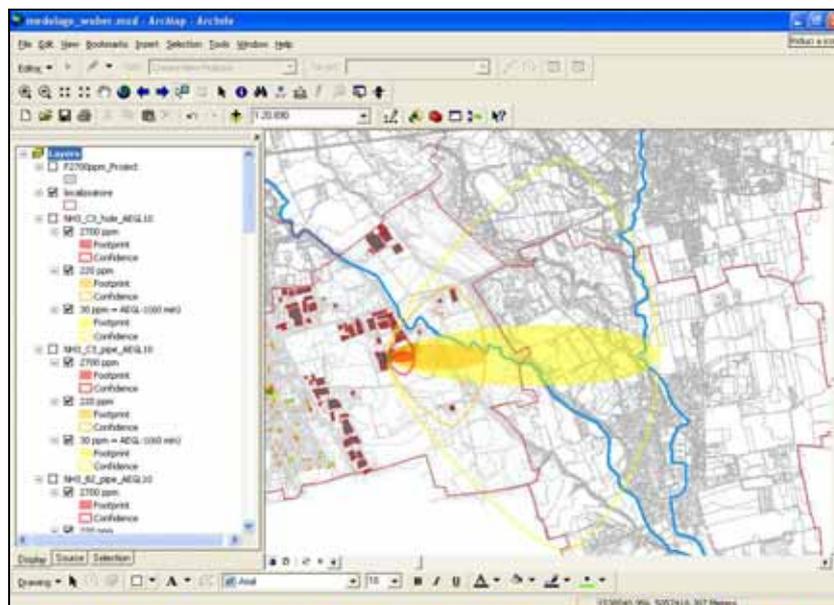


Figura 5.11 Vista cartografica dello scenario 2b in ArcMap (ArcGis)

A questo punto è possibile fare alcune considerazioni sui primi risultati ottenuti.

Pur simulando eventi incidentali sostanzialmente identici, i due applicativi ci forniscono risultati diversi per quanto riguarda il quantitativo scaricato. La simulazione condotta in PHAST prevede il rilascio dell'intero carico: in assenza di informazioni su eventuali dispositivi di sicurezza, infatti, si assume che non si intervenga per bloccare la perdita. Il piccolo residuo di materiale che rimane nel serbatoio è dovuto all'altezza a cui vengono collocate le perdite (1 m nel caso della tubazione, 10 cm nel caso del foro). In ALOHA si ha lo scarico quasi completo nel caso del foro, mentre nel caso della perdita da tubazione si ottiene un rilascio di circa la metà della quantità. I due software, quindi, valutano in modo differente il termine

di sorgente, soprattutto nel caso relativo alla perdita da tubazione: nel caso di PHAST lo scenario *line rupture* simula il tranciamento di una tubazione posta ad una certa distanza dal serbatoio, in ALOHA, invece, lo scenario *short pipe/valve* simula la perdita da una tubazione corta o da una valvola di sicurezza poste in prossimità del serbatoio, per cui l'altezza a cui viene posta la perdita influisce significativamente sulla portata scaricata.

Un'ulteriore differenza è determinata dal modello di dispersione implementato in ciascun applicativo. In PHAST è implementato il modello UDM (*Unified Dispersion Model*), che integra un modello gaussiano per la fase di dispersione del composto in atmosfera.

In ALOHA è possibile scegliere fra *Gaussian model* e *Heavy Gas Model*, in considerazione delle caratteristiche chimico-fisiche (densità) del composto scaricato o, come nel caso dell'ammoniaca, delle particolari caratteristiche della nube dipendenti dalla tipologia di efflusso (bifase) determinate dallo stoccaggio come gas liquefatto per pressurizzazione.

Per effettuare un confronto fra i risultati e selezionare le *threat zones* più affidabili in relazione a questo caso, è necessario innanzitutto porsi nelle condizioni iniziali più simili possibili. Per questo motivo le simulazioni sono state ripetute in modo da avere anche in ALOHA il rilascio dell'intero quantitativo di materiale presente nel serbatoio, rispettando, inoltre, il principio del *worst case*.

In secondo luogo è opportuno svolgere le nuove simulazioni variando anche il tipo di modello (Gaussiano), per verificare quanto i risultati si discostano da quelli ottenuti con PHAST.

In tabella 5.20 si riportano i risultati del secondo gruppo di simulazioni effettuate in ALOHA.

Tabella 5.20 Risultati ottenuti da ALOHA (rilascio dell'intero quantitativo e con modello Gaussiano) a confronto con i risultati ottenuti da PHAST

SCENARIO	SCENARIO METEOROLOGICO		RISULTATI PHAST			RISULTATI ALOHA		
	Classe di stabilità	Velocità vento	AEGL (10 min) - Km			AEGL (10 min) - Km		
			AEGL-3 2700 ppm	AEGL-2 220 ppm	AEGL-1 30 ppm	AEGL-3 2700 ppm	AEGL-2 220 ppm	AEGL-1 30 ppm
1a	F	1	0,7	2,337	9,052	2,3	7,6	>10
2a	F	1	0,227	2,264	10,495	0,951	4,6	>10
1b	B	2,5	0,392	0,753	1,835	0,188	0,664	1,8
2b	B	2,5	0,086	0,286	0,824	0,08	0,27	0,769
1c	B	2	0,44	0,825	2,02	0,213	757	2,1
2c	B	2	0,086	0,31	0,924	0,091	0,32	0,876
1d	C	3	0,3	0,639	1,64	0,255	0,936	2,8
2d	C	3	0,071	0,26	0,747	0,108	0,384	1,1

Dalla tabella si può osservare che:

- in condizioni atmosferiche di instabilità (scenari 1b, 2b, classe di stabilità atmosferica B, velocità del vento pari a 2,5 m/s e scenari 1c, 2c, classe B e velocità del vento pari a 2 m/s) c'è un buon accordo fra le massime distanze predette dai due modelli (valori in grassetto), ad eccezione delle distanze predette per la soglia di concentrazione più alta (AEGL-3, 2700 ppm) per l'evento 1 (perdita da tubazione), dove le distanze misurano circa il doppio in PHAST (1b e 1c). Questa differenza può essere dovuta alla diversa configurazione dell'impianto (*short pipe* e *long pipe*) simulata dai due modelli che influenza maggiormente il risultato nell'area più prossima alla sorgente: questa differenza risulta anche dalla portata di scarico (*release rate*) che risulta simile nel caso 2 e significativamente diverso nel caso 1 (tabella 5.21);
- in condizioni atmosferiche di minore instabilità (scenari 1d, 2d, classe di stabilità atmosferica C, velocità del vento pari a 3 m/s) le differenze fra le distanze massime previste si accentuano, rivelandosi leggermente maggiori quelle predette da ALOHA;
- procedendo verso condizioni atmosferiche stabili (scenari 1a e 2a) si hanno significative differenze, più marcate nelle massime distanze relative ai livelli di concentrazione AEGL-3 e AEGL-2.

Tabella 5.21 Release rate e release time relativi agli eventi incidentali 1 e 2 calcolati da PHAST e ALOHA

Evento	PHAST		ALOHA	
	Release rate (Kg/min)	Time (min)	Release rate (Kg/min)	Time (min)
1	315.67	33.27	520	21
2	93.4452	53.50	94.5	55

Si osserva quindi che il modello implementato in PHAST (Unified Dispersion Model), in presenza di particolari condizioni atmosferiche, (classe B) fornisce risultati simili a quelli derivanti dall'applicazione del modello Gaussiano in ALOHA, che, come accennato in precedenza, non è in grado di modellare correttamente le fasi iniziali della dispersione di una nube gassosa con caratteristiche di gas "pesante", come quella originata dall'efflusso bifase di ammoniaca anidra da un serbatoio pressurizzato. In condizioni atmosferiche di maggiore stabilità questo accordo è molto meno evidente (e inesistente in classe F); le distanze predette da PHAST si rivelano comunque meno cautelative (o più ottimistiche) di quelle predette da ALOHA in tali condizioni. Questa discordanza di risultati è emersa anche in uno studio comparativo tra diversi modelli svolto dal *Chemical Emergency Preparedness and Prevention Office* della *U.S. Environmental Protection Agency* sul caso specifico del rilascio accidentale di ammoniaca anidra e di altri contaminanti (EPA, 1999). Nel caso studio qui esaminato si è scelto, pertanto, di considerare, ai fini della delimitazione degli scenari di rischio, le distanze (e di conseguenza le *threat zones*) risultanti dalla modellazione effettuata con ALOHA con rilascio dell'intero carico di ammoniaca (h=0 m), che rappresenta il *worst case* prospettabile per quanto riguarda il parametro, e l'utilizzo del modello *Heavy Gas* (tabella 5.22).

Tabella 5.22 Risultati ottenuti da ALOHA (rilascio dell'intero quantitativo e con modello *Heavy Gas*)

SCENARIO	Quantità totale rilasciata (Kg)	AEGL (10 min) - Km		
		AEGL-3	AEGL-2	AEGL-1
		2700 ppm	220 ppm	30 ppm
1a	10500	1,3	3,6	7,8
2a	5000	0,487	1,7	5
1b	10500	0,393	1,6	4,4
2b	5000	0,166	0,65	1,8
1c	10500	0,438	1,8	4,9
2c	5000	0,181	0,755	2,1
1d	10500	0,39	1,7	4,8
2d	5000	0,167	0,715	2

Le tre differenti zone determinate a seguito delle simulazioni considerando i tre *LOCs* in sequenza assumono un significato ben preciso dal punto di vista della pianificazione di emergenza all'esterno dell'impianto. A questo scopo è necessario identificare il significato dei tre livelli di concentrazione corrispondenti agli *Acute Exposure Guideline Levels (AEGLs)* dal punto di vista dell'impatto sulla salute della popolazione esposta e quindi delle procedure operative necessarie da parte dei *first responders*. A titolo di esempio, si riportano in tabella 5.23 e 5.24 alcune definizioni reperite in letteratura (O' Mahony et al., 2007)

Tabella 5.23 Effetti previsti e significato dal punto di vista della salute pubblica delle zone identificate dai livelli di esposizione AEGLs (O'Mahony et al., 2007, modificata)

Significato delle zone delimitate dai limiti di esposizione (AEGLs)		
Livello	Effetti previsti	Significato dal punto di vista della salute pubblica
AEGL-1	Notevole malessere, irritazione o inspiegabili effetti asintomatici. Gli effetti sono comunque non disabilitanti e sono transitori e reversibili dopo la cessazione dell'esposizione	Area di interesse pubblico (<i>cold zone</i>)
AEGL-2	Effetti irreversibili o dannosi nel lungo periodo per la salute, ridotte capacità di fuga	Area in cui la popolazione potrebbe essere oggetto di sorveglianza a lungo termine o coinvolta in uno studio di coorte (<i>warm zone</i>)
AEGL-3	effetti letali, pericolo di vita	Popolazione che può necessitare di assistenza e cure mediche urgenti (<i>hot zone</i>)

Tabella 5.24 Significato in termini di azioni prioritarie delle zone identificate dai livelli di esposizione per i first responders (O'Mahony et al., 2007, modificata)

Significato delle zone delimitate dai limiti di esposizione (AEGLs)		
Livello	Zona	Azioni prioritarie
AEGL-1	<i>Cold zone</i>	Informazione al pubblico
AEGL-2	<i>Warm Zone</i>	Soccorso popolazione colpita
AEGL-3	<i>Hot Zone</i>	Soccorso popolazione colpita

Nella definizione degli scenari di rischio sarà opportuno definire nel modo più preciso possibile quali siano le procedure corrette da mettere in atto sia da parte dei *first responders* che da parte della

popolazione coinvolta. In molti casi, infatti, in base alla tipologia dell'evento e alla distanza dal luogo dell'incidente (e quindi alla zona di rischio in cui ci si trova), può risultare fondamentale attuare misure di autoprotezione piuttosto che operazioni di evacuazione. La pianificazione preventiva di questo tipo di procedure, insieme alla progettazione di un sistema di allarme sono alla base dell'efficacia di un Piano di Emergenza Esterno.

Nelle figure seguenti (da 5.5 a 5.16) sono illustrate le viste cartografiche degli scenari di pericolosità (zone in cui si raggiungono e superano i valori soglia di concentrazione) sovrapposti agli strati informativi relativi agli edifici.

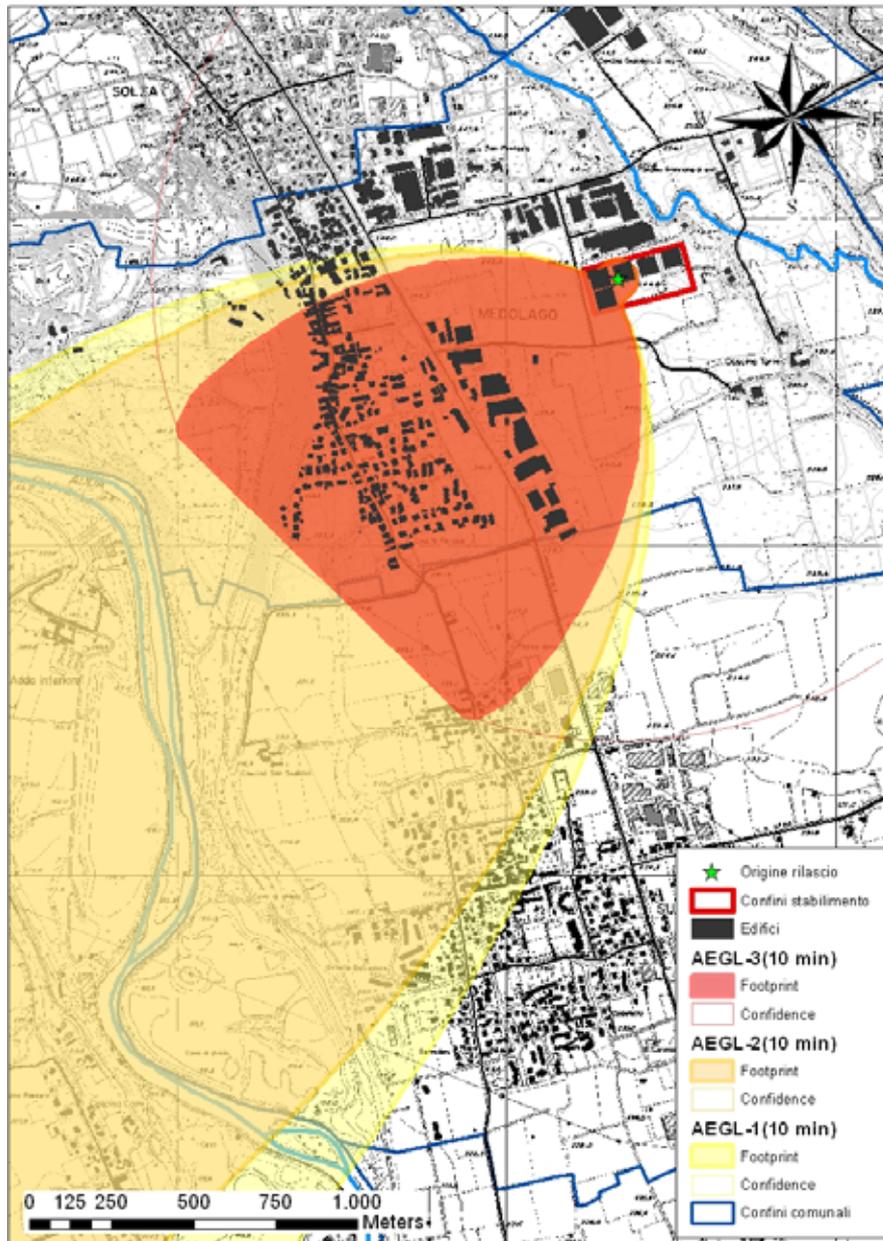


Figura 5.5 Scenario 1a

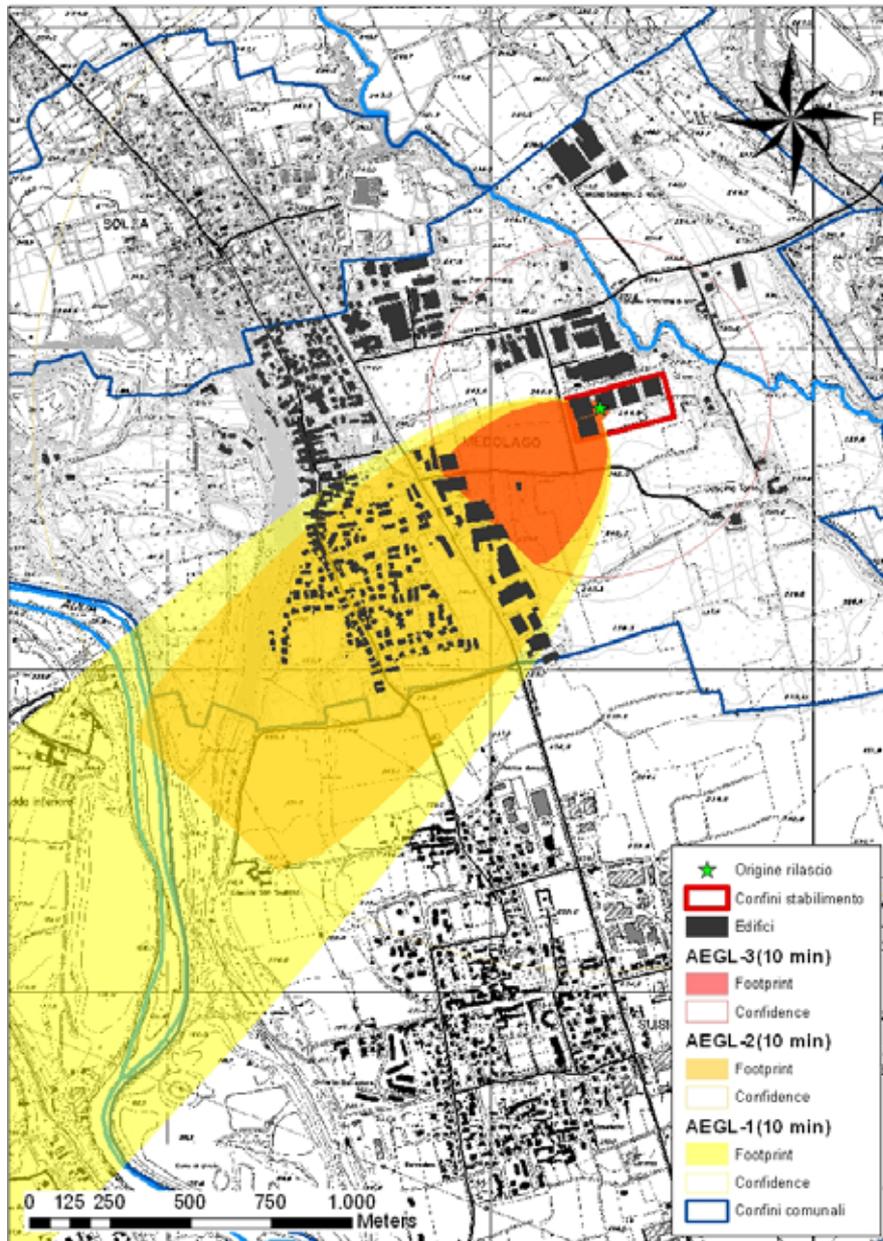


Figura 5.6 Scenario 2a

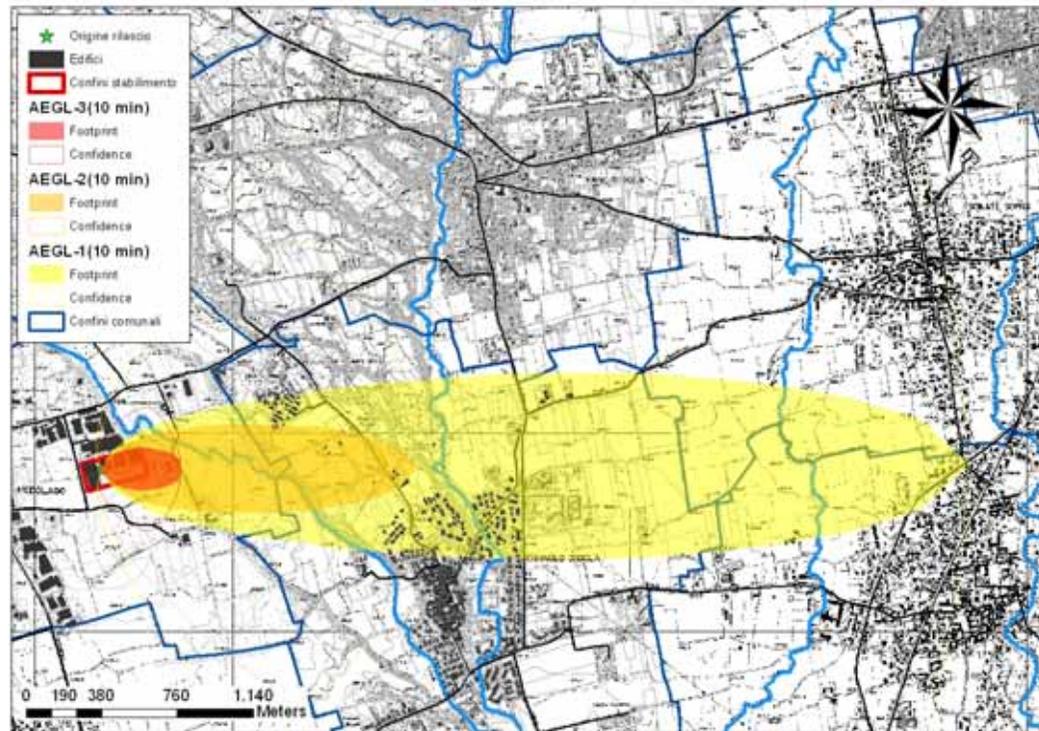


Figura 5.7 Scenario 1b

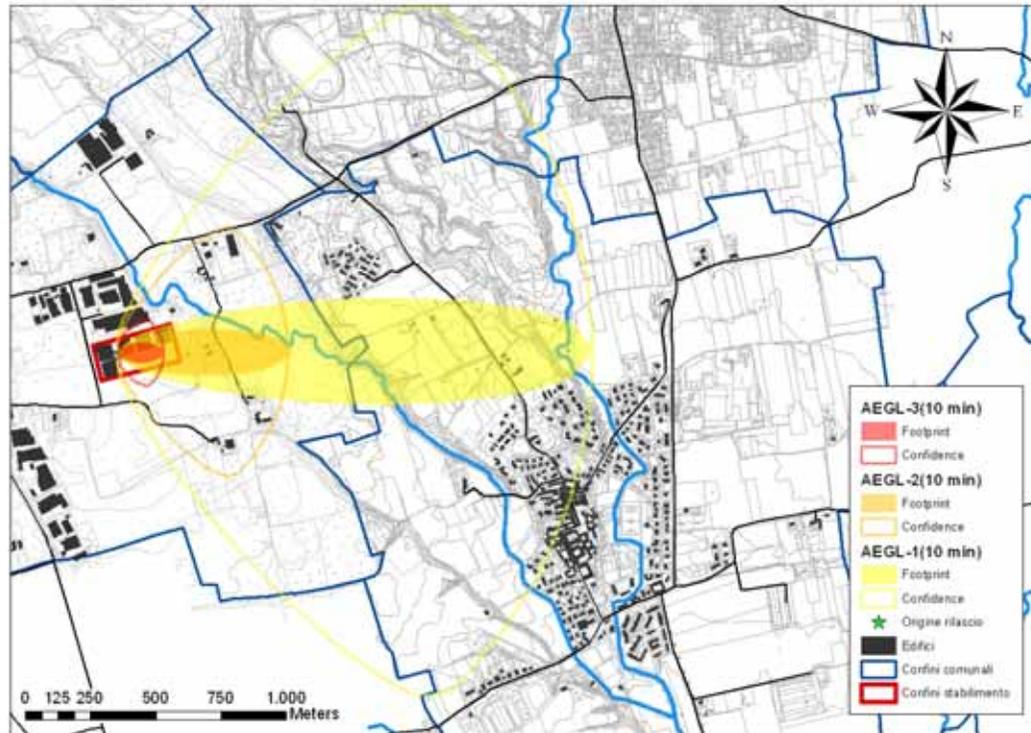


Figura 5.8 Scenario 2b

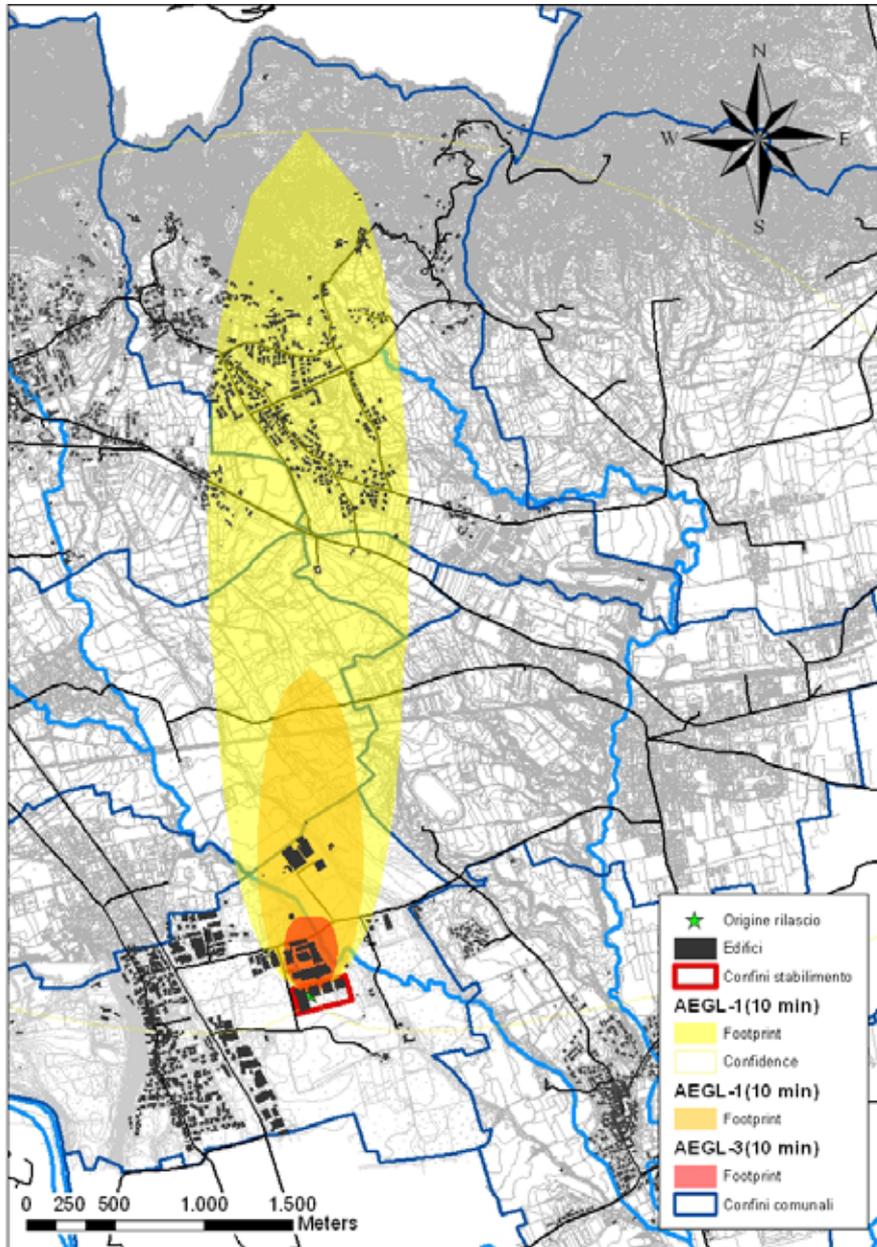


Figura 5.9 Scenario 1c

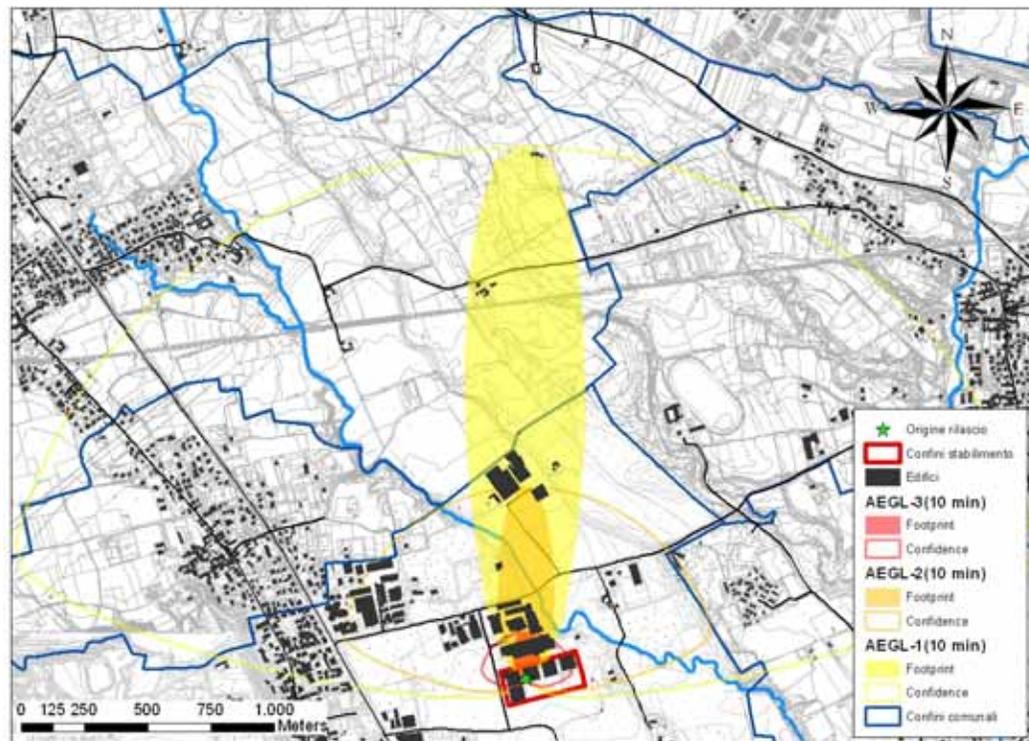


Figura 5.10 Scenario 2c

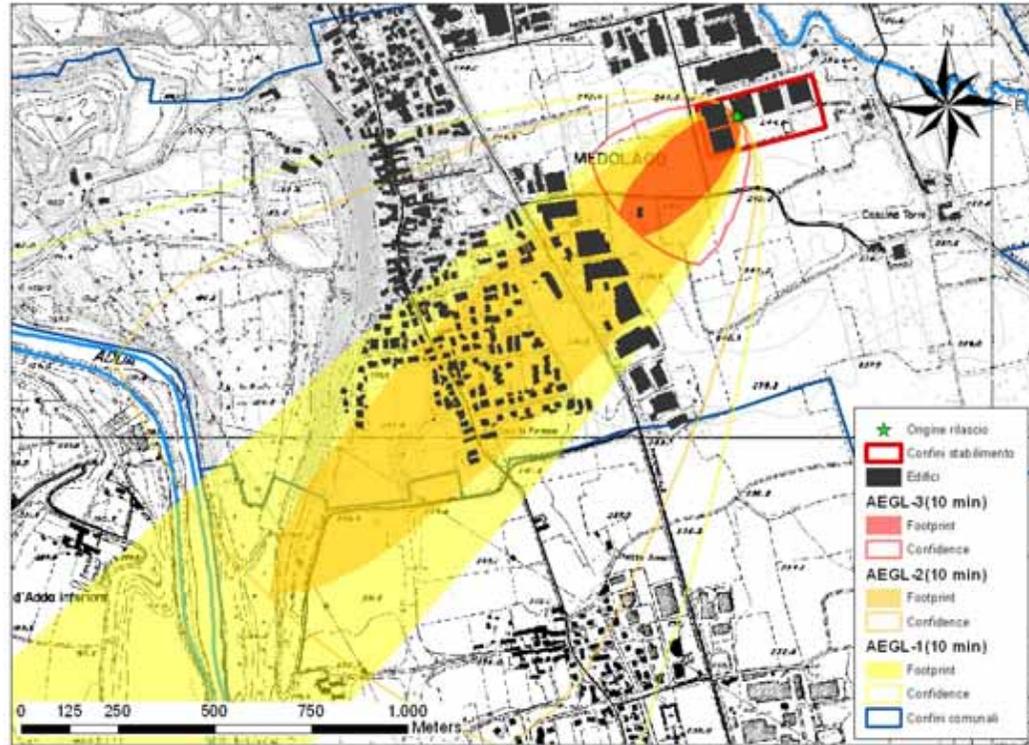


Figura 5.11 Scenario 1d

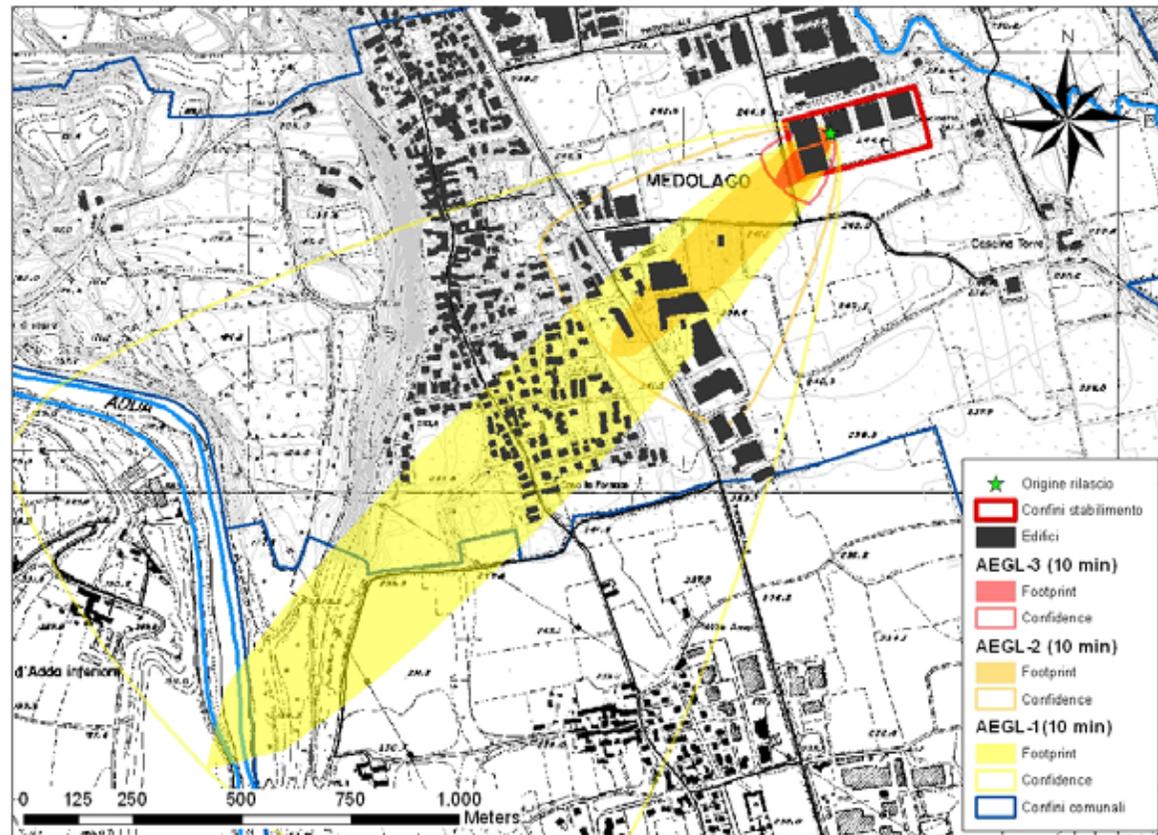


Figura 5.12 – Scenario 2d

Com'è possibile osservare dalle viste cartografiche, dalle simulazioni effettuate risultano otto diversi scenari di pericolosità, sui quali si basano altrettanti scenari di rischio.

Una prima distinzione è determinata dal tipo di evento incidentale: gli scenari derivanti dall'evento 1 (perdita da tubazione fissa) danno luogo a nubi tossiche più estese (tabella 5.22), dovute al rilascio di un quantitativo maggiore di sostanza con una portata di scarico più elevata (tabella 5.21).

Esaminando i risultati dal punto di vista dell'influenza delle condizioni meteorologiche, invece, è possibile osservare l'effetto della velocità del vento e della stabilità atmosferica sull'estensione delle zone: velocità del vento basse (<2 m/s) associate alla massima stabilità (classe F, "moderatamente stabile") rappresentano le condizioni che determinano lo scenario di maggiore gravità (1a). Gli scenari di minore impatto (2b e 2d), per contro, sono determinati dalle condizioni di maggiore instabilità (classi B, "moderatamente instabile" e C, "poco instabile") associata ad una velocità del vento moderata (2-3 m/s). Questo avviene perché in condizioni di instabilità atmosferica i moti turbolenti dell'aria, associati a velocità dei venti moderate, favoriscono la miscelazione dell'inquinante con l'aria consentendone una significativa diluizione della concentrazione: le aree in cui si raggiungono le soglie di interesse (LOCs) sono, infatti, meno estese. Al contrario, un'atmosfera stabile (poco turbolenta) e un vento debole (debole corrente in ingresso) non permettono alla nube di miscelarsi efficacemente con l'aria: questo fa sì che anche a distanza significativa dalla sorgente, la concentrazione del tossico rimanga simile a quella nell'intorno del rilascio, a causa di una diluizione più lenta.

A questo punto un ulteriore fattore che contribuisce a determinare le zone di rischio è la direzione del vento, che definisce l'area del

territorio comunale in cui si avrà la dispersione dei vapori tossici. A seconda della configurazione del territorio interessato dalla dispersione (area residenziale, area industriale, area agricola), sarà possibile ottenere una caratterizzazione del rischio in termini qualitativi, che costituisce una base informativa per la conduzione di analisi più approfondite, anche di tipo quantitativo, a condizione che si acquisiscano ulteriori dati (ad esempio dati georeferenziati sulla popolazione residente). Come si può evincere dalle cartografie, vi è un certo grado di incertezza legato alla direzione del vento; generalmente a velocità del vento basse è associata una maggiore variabilità nella direzione: è per questo motivo che in corrispondenza di ogni *threat zone* in ALOHA viene visualizzata una *confidence line* ad indicare l'area entro la quale potrebbe spostarsi la direzione del vento. In particolare ALOHA prevede che per circa il 95 % del tempo il vento rimarrà abbastanza stabile da non "uscire" dall'area delimitata dalle *confidence lines*. Per la velocità del vento minima accettata dall'applicativo (1 m/s) le *confidence lines* formano una circonferenza ad indicare che il vento potrebbe soffiare da ogni direzione. In considerazione dell'incertezza legata al cambiamento di direzione e velocità dei venti, inoltre, ALOHA limita la durata del rilascio a 60 minuti e la distanza massima raggiunta a 10 Km.

Gli scenari di pericolosità ottenuti dall'applicazione della metodologia finora descritta si rivelano più cautelativi di quelli risultanti dall'applicazione dei LOCs previsti dalla normativa (tabella 5.25). Una modalità di calcolo semplificata è proposta nel metodo contenuto nel DPCM 25 febbraio 2005: l'applicazione del metodo speditivo è prevista, anche per siti non-Seveso, nel caso di mancanza di informazioni da parte del gestore. E' possibile però stimare le aree di danno solo per le condizioni meteorologiche D5 e F2 (tabella 5.26).

Tabella 5.25 – Distanze massime di dispersione ottenute in ALOHA con i LOCs proposti dalle Linee guida per la Pianificazione di Emergenza Esterna degli Stabilimenti Industriali a Rischio di Incidente Rilevante (DPCM 25 febbraio 2005).

SCENARIO	Quantità totale rilasciata (Kg)	LOCs normativa - Km	
		LC50 (30 min)	IDLH
		7040 mg/m ³	300 ppm
1a	10500	0,685	3,2
2a	5000	0,262	1,500
1b	10500	0,191	1,400
2b	5000	0,078	0,554
1c	10500	0,110	0,647
2c	5000	0,086	0,643
1d	10500	0,224	1,500
2d	5000	0,094	0,607

Tabella 5.26 – Distanze massime di dispersione ottenute applicando il metodo speditivo proposto dalle Linee guida per la Pianificazione di Emergenza Esterna degli Stabilimenti Industriali a Rischio di Incidente Rilevante (DPCM 25 febbraio 2005, Allegato 1).

Quantità massima	Classe stabilità	Zona I Sicuro Impatto Km	Zona II Danno Km
10, 5 t	D5	1,05	3,15
	F2	4,20	12,60
5 t	D5	0,60	1,80
	F2	2,40	7,20

5.6.9 Scenari di rischio chimico-industriale

Una volta ottenuti gli scenari di pericolosità, che delimitano l'estensione delle aree in cui la concentrazione del tossico disperso in atmosfera raggiunge e supera determinati valori soglia è possibile valutare scenari di rischio, sovrapponendo le aree ottenute agli strati

informativi delle infrastrutture (descritti nel paragrafo 4.4): questa elaborazione cartografica permette di individuare gli elementi territoriali e ambientali vulnerabili nell'ambito di ciascuno scenario.

Gli scenari così ottenuti sono funzionali alla valutazione del "rischio diretto", ossia degli effetti (potenziali perdite) dovuti al contatto con la sostanza (per inalazione e contatto con la cute). Per valutare "rischi indiretti" per la popolazione, derivanti dalla contaminazione di comparti ambientali quali le acque superficiali sotterranee e i suoli, gli scenari qui descritti possono solo dare un'indicazione sulle aree di ricaduta dell'inquinante.

Nelle Linee guida per la redazione dei PEE (DPCM 25 febbraio 2005), sono indicati gli elementi potenzialmente vulnerabili da individuare sul territorio:

- Centri sensibili e infrastrutture critiche
 - Ospedali
 - Scuole
 - Asili
 - Case di riposo
 - Uffici
 - Centri commerciali
 - Cinema, teatri, musei
 - Luoghi di culto
 - Strutture sportive
 - Aree/Strutture di protezione civile
 - Altri luoghi con consistente affluenza di pubblico
 - Attività produttive;
 -

- Zone agricole, allevamenti, aree e colture protette;
- Censimento delle risorse idriche superficiali e profonde.

Ciascun elemento territoriale vulnerabile dovrebbe essere caratterizzato in relazione ai seguenti aspetti:

- Destinazione d'uso;
- Numero utenti permanentemente residenti, numero frequentatori;
- Orario d'uso;
- Luogo aperto o chiuso;
- Elementi aggiuntivi di vulnerabilità.

Nelle viste successive (5.17e 5.18) sono rappresentati gli scenari di rischio 1a e 2a, che interessano un numero più alto di elementi sensibili.

Le aree di pericolosità sono sovrapposte agli strati informativi relativi agli elementi del territorio che costituiscono i centri sensibili e le infrastrutture critiche la cui identificazione è richiesta dalle linee guida per la redazione dei PEE. Gli strati informativi fanno parte del database territoriale la cui implementazione è descritta nel paragrafo 4.4.

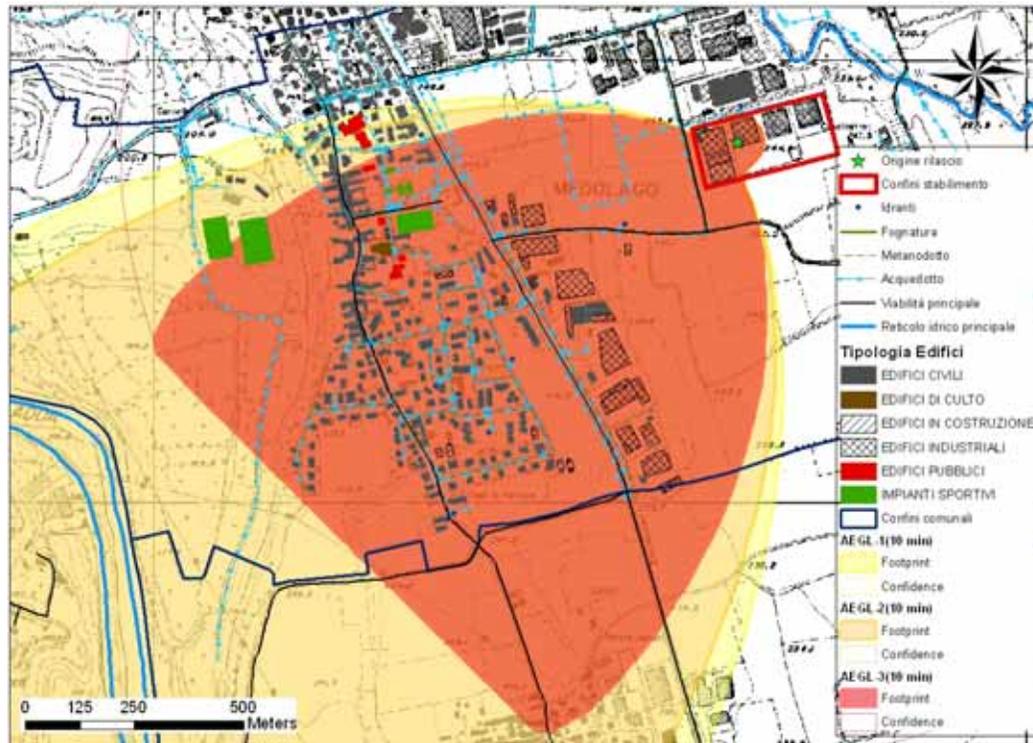
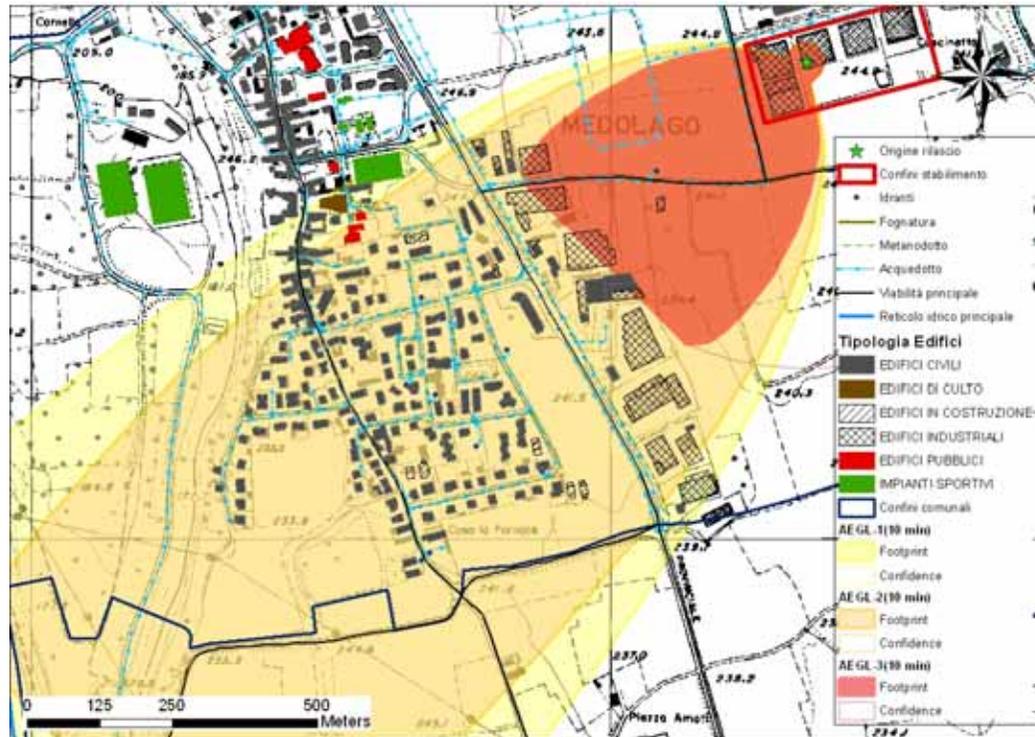


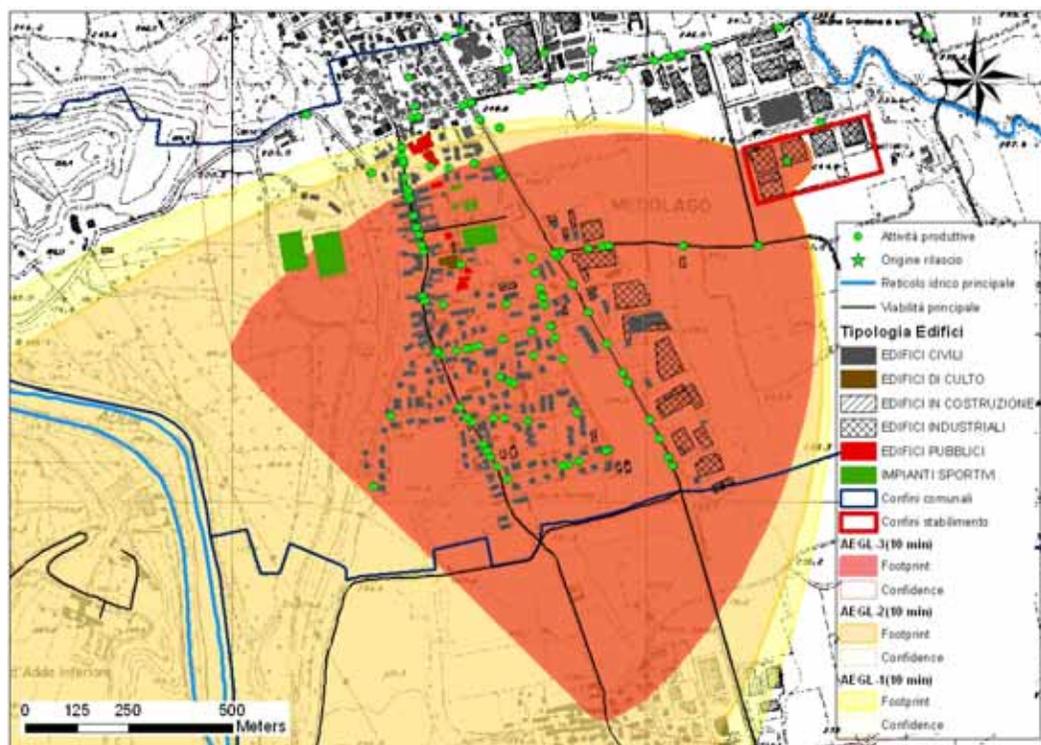
Figura 5.17 Scenario di Rischio 1a



5.18 Scenario di Rischio 2a

Ai fini della caratterizzazione degli scenari di rischio, la metodologia fin qui descritta permette di individuare i seguenti elementi vulnerabili:

- abitazioni private;
- edifici e luoghi pubblici:
 - sedi istituzionali (Municipio);
 - scuole;
 - biblioteca;
 - luoghi di culto (chiese);
 - strutture sportive;
- attività produttive e numero di addetti (database AIAP, figura 5.19):
 - aziende (capannoni industriali);
 - laboratori artigianali;
 - esercizi commerciali e uffici.



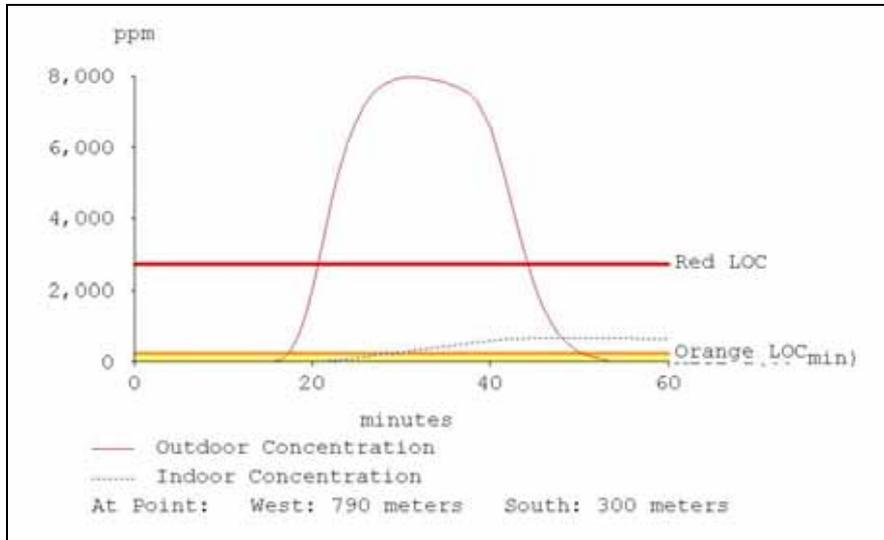
5.19 Scenario di Rischio 1a con ubicazione delle attività produttive (Database AIAP di ARPA Lombardia, 2008)

Per valutare il rischio in corrispondenza di infrastrutture critiche, il software ALOHA, inoltre, permette la simulazione dell'andamento di concentrazione del tossico in punti della nube di particolare interesse (*threat at point*). Ad esempio, è stata simulata, in relazione allo scenario di pericolosità 1a, la dispersione di ammoniaca in corrispondenza di due scuole, ricadenti nelle prime due zone di pericolosità, *hot zone* e *warm zone* (figure 5.20, 5.21 e 5.22).

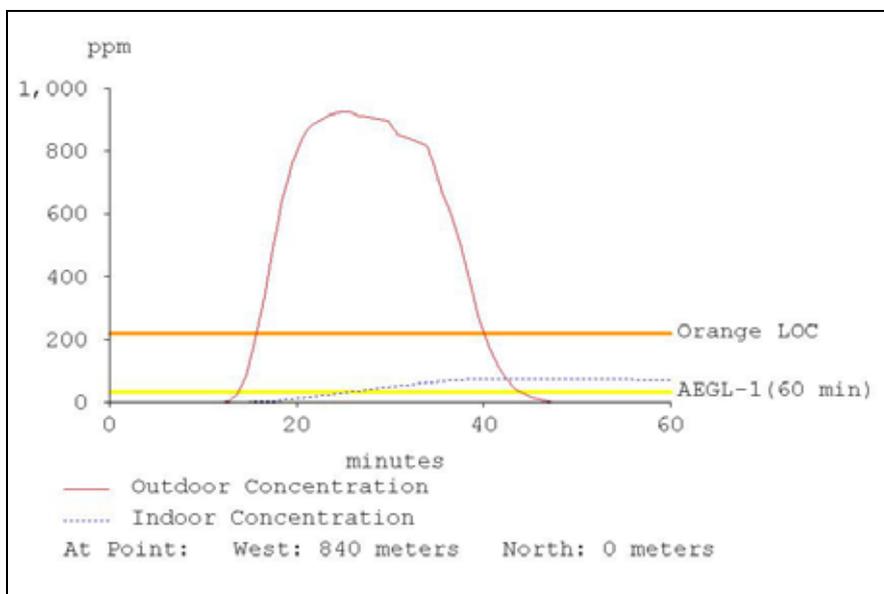
La simulazione fornisce un grafico in cui si può osservare l'andamento della concentrazione in relazione al tempo, sia all'interno dell'edificio (*indoor concentration*) che all'esterno (*outdoor concentration*): in particolare è possibile apprezzare in che momento e per quanto tempo, la concentrazione supera i LOC predefiniti (figura 5.21 e 5.22). Per questo tipo di simulazione il software assume che le finestre dell'edificio siano chiuse.



5.20 – Scenario di Rischio 1a con ubicazione delle scuole



5.21 – Andamento della concentrazione di ammoniaca *indoor* e *outdoor* nella scuola ubicata all'interno della *hot zone* relativa allo scenario 1°



5.22 – Andamento della concentrazione di ammoniaca *indoor* e *outdoor* nella scuola ubicata all'interno della *warm zone* relativa allo scenario 1a.

Con i dati attualmente a disposizione non è stato possibile caratterizzare gli elementi vulnerabili in relazione agli aspetti specifici previsti dalle Linee Guida (DPCM 25 febbraio 2005), quali orari d'uso, numero permanente di residenti, numero frequentatori, elementi aggiuntivi di vulnerabilità; l'acquisizione di queste informazioni richiederebbe attività di censimento appositamente predisposte da parte dei comuni.

CAPITOLO 6

La gestione delle emergenze

6.1 Dal sistema informativo al sistema di supporto alle decisioni

Nel capitolo 3 si è trattato sinteticamente di alcuni aspetti fondamentali che riguardano la Pianificazione di Emergenza, evidenziando l'importanza degli **scenari di rischio**, che costituiscono il fulcro dei Piani, e rappresentano il risultato "finale" di un processo di analisi del territorio che parte dall'identificazione della pericolosità, della vulnerabilità e del rischio. A prescindere dal livello di complessità delle analisi sulle quali si basano, la predisposizione di scenari ha un duplice obiettivo:

- valutare l'adeguatezza e la disponibilità delle **risorse** necessarie a fronteggiare le emergenze;
- progettare le **procedure operative** necessarie alla gestione e al superamento delle emergenze.

Le procedure operative (definite nell'insieme, dalla normativa di settore, come "modello di intervento"), rappresentano il completamento dello scenario, consentendo il passaggio da un elemento statico (una rappresentazione cartografica di una particolare situazione territoriale) ad un processo dinamico (un insieme di eventi la cui sequenza temporale è influenzata dalle azioni intraprese), come concettualmente schematizzato nel capitolo 3 (figura 3.3).

Più in generale, la definizione di procedure operative in fase di pianificazione consente il passaggio da un sistema informativo a un **sistema di supporto alle decisioni**: uno strumento che consenta di

gestire il processo decisionale i cui passi siano basati sull'analisi delle informazioni precedentemente acquisite ed organizzate.

La gestione delle emergenze si configura come un'operazione complessa, che coinvolge diversi attori: la specificità dell'evento (una frana, l'esonazione di un corso d'acqua o il rilascio in ambiente di una sostanza tossica) può richiedere l'intervento di figure e professionalità diverse e l'impiego di risorse specifiche (mezzi e attrezzature); l'organizzazione delle strutture locali di Protezione Civile delineata dalla normativa italiana, inoltre, prevede l'assegnazione di ruoli, competenze e responsabilità ben precise, la cui azione deve svolgersi in un'ottica di collaborazione e coordinamento. Tutti questi fattori si sommano all'incertezza che caratterizza l'emergenza: lo studio preventivo di scenari mira a ridurre questa incertezza, ma deve necessariamente includere un certo grado di flessibilità per adattarsi a situazioni non previste. In considerazione di questi aspetti, la progettazione delle procedure operative che costituiscono il modello di intervento completa lo scenario di rischio. In questo senso, esse hanno le seguenti principali funzioni:

- l'individuazione della **sequenza logica dei passi** da seguire per lo svolgimento delle operazioni di intervento, in cui sia ben chiaro l'ordine di **priorità** delle stesse;
- la specificazione dei **ruoli**: quali figure sono deputate allo svolgimento di ciascun passo;
- le **informazioni** necessarie allo svolgimento di ciascuna operazione;
- la necessità dell'impiego di determinate **risorse** materiali in ciascun passo.

In relazione agli aspetti evidenziati, lo studio della componente procedurale di un piano di emergenza in “tempo di pace” può avere diversi vantaggi:

- la possibilità di testare la consistenza logica della procedura, ad esempio tramite esercitazioni in tempo di normalità, per evidenziare eventuali incongruenze nel passaggio dalla teoria alla pratica;
- la verifica della effettiva disponibilità di risorse: in contesti amministrativi di limitata estensione, infatti, le risorse umane e materiali possono essere scarse. L'individuazione preventiva di tali criticità può consentire di individuare tali carenze ed evidenziare la necessità di pratiche di collaborazione e coordinamento fra comuni limitrofi;
- la verifica della disponibilità delle informazioni territoriali sulle quali si devono basare le decisioni: la verifica preventiva di questo aspetto può evidenziare la necessità di reperire ulteriori dati ed effettuare ulteriori analisi degli stessi.

Nei paragrafi seguenti verrà illustrato l'uso di strumenti di *workflow management* applicato alla pianificazione di emergenza negli Enti locali.

Sono state innanzitutto analizzate le normative specifiche riguardanti l'organizzazione delle strutture locali di protezione civile emanate in ambito nazionale (Legge n. 225/92), e regionale (L.R. n. 16/2004, D.G.R. 8/4732 2007, Direttiva Regionale Grandi Rischi, D.G.R. 8/8753 2008) per individuare i soggetti coinvolti e le rispettive competenze. Sono state, quindi, delineate le procedure in forma di diagrammi di flusso (*workflow*): all'interno di ciascuna procedura sono stati

individuati i passi fondamentali e definiti in termini di singole azioni e ruoli coinvolti (in risposta alla principale domanda: “chi fa che cosa?”). Lo strumento usato in questa parte dell’attività è il software PETER (Protezione Emergenza Territorio), sviluppato all’interno di una Collaborazione fra il DISAT dell’Università Milano Bicocca, l’IDPA-CNR e la Globo s.r.l.. Come accennato nel Capitolo 4, il software è stato testato per l’implementazione del SIT progettato in questo lavoro. L’ applicativo integra un modulo Gis per la gestione di dati territoriali e un modulo per la gestione dei processi decisionali in forma di *workflow*, che è stato utilizzato per l’implementazione delle procedure.

Le procedure sviluppate riguardano la gestione di **incidenti industriali**, organizzate in due fasi (figure 6.1 e 6.2) e di **incendi boschivi**, organizzate in tre sottoprocedure (figure 6.3, 6.4, 6.5).

Nella gestione di incidenti chimico-industriali, i comuni hanno un ruolo fondamentale nella comunicazione riguardante la natura dell’incidente e la sua evoluzione alla popolazione, agli Enti di livello superiore e alle strutture operative comunali. Se la natura dell’evento lo richiede, il comune e la struttura di protezione civile locale forniscono un supporto per le operazioni di evacuazione della popolazione e di controllo del traffico. Nel caso di dispersione di sostanze tossiche è necessario inoltre conoscere le aree del territorio in cui gli operatori (volontari, polizia locale, ecc) possano intervenire in sicurezza, per non subire effetti sulla salute che impediscano lo svolgimento delle operazioni.

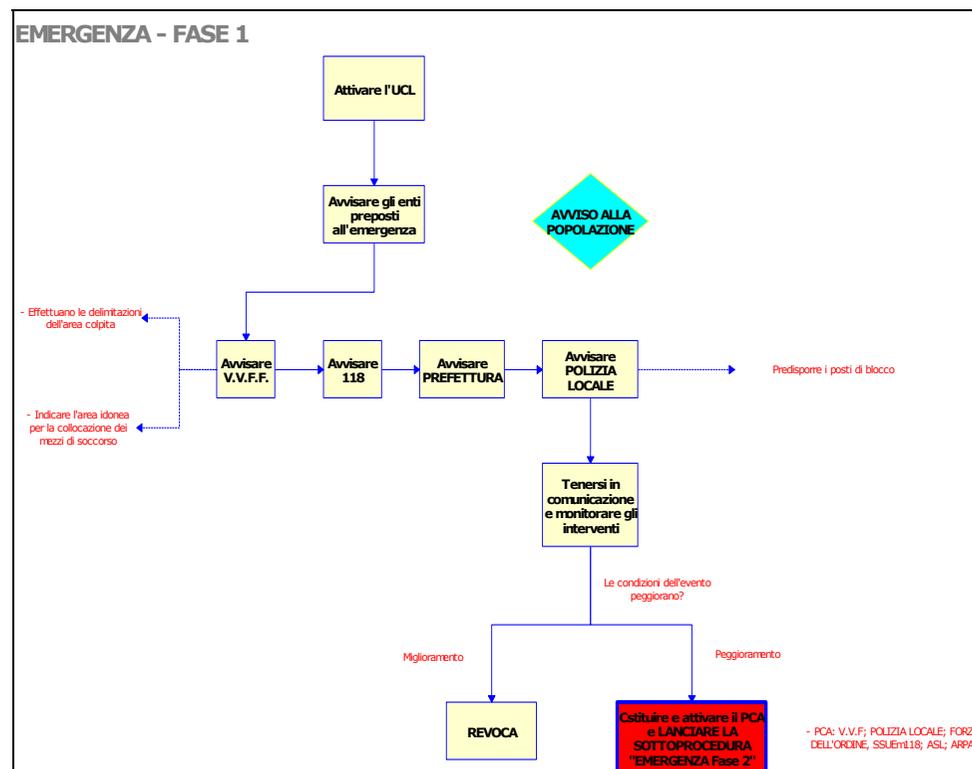


Figura 6.1 Workflow relativo alla Procedura "Emergenza fase 1" per il rischio chimico - industriale

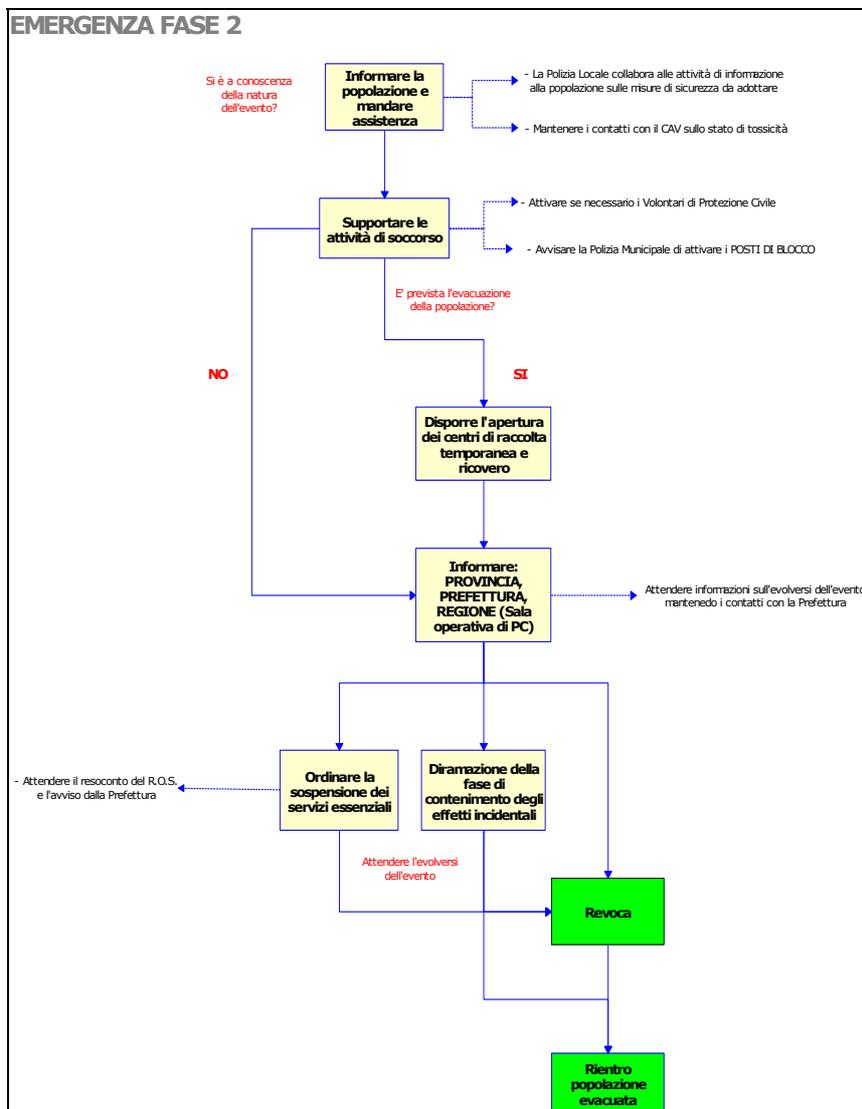


Figura 6.2 *Workflow* relativo alla Procedura “Emergenza fase 2” per il rischio chimico – industriale

I passi procedurali sono collegati alla banca dati, affinché l'esecuzione dei passi si possa basare sulle informazioni territoriali; l'evacuazione della popolazione, ad esempio, sarà opportuna in relazione allo scenario che si verifica: se la *hot zone* (tabella 5.24) è troppo estesa (ad esempio nel caso dello scenario 1a del caso studio,

figura 5.17) sarà più opportuno il rifugio al chiuso, e questa informazione andrà comunicata alla popolazione.

Le procedure elaborate riguardano eventi incidentali generici. Lo studio, in fase di pianificazione, di scenari di rischio sito-specifici offrono però la possibilità di progettare *workflow* riferiti ai singoli *top event*, la cui complessa casistica richiede senz'altro l'adattamento delle procedure qui presentate alle peculiarità di ciascuna tipologia (incendio, esplosione, dispersione tossica).

Le operazioni necessarie alla gestione di **incendi boschivi** sono state suddivise in tre distinte procedure, relative a tre diverse fasi degli interventi:

- Verifica delle segnalazioni di incendio (figura 6.3): nei periodi di “criticità assente” o “ordinaria” (secondo la terminologia adottata dalla D.G.R 8/8753 2008) la Comunità Montana verifica eventuali segnalazioni di incendi sul territorio, pervenute da cittadini o volontari AIB. In caso di verifica con esito positivo, dà avvio alla sottoprocedura “Operazioni di spegnimento”
- Attività di sorveglianza e pattugliamento (figura 6.4): la Comunità Montana, nel periodo a rischio di incendio boschivo (in Lombardia è identificato da dicembre ad aprile nel Piano Regionale AIB) riceve l'eventuale Avviso di Criticità Regionale per il Rischio di Incendi dalla U.O. PROTEZIONE CIVILE – Sala Operativa di Protezione Civile Regionale e avvia le attività di sorveglianza e pattugliamento sul territorio, segnala eventuali focolai di incendio ed effettua verifiche su eventuali segnalazioni pervenute. In caso di verifica con esito

positivo, dà avvio alla sottoprocedura “Operazioni di spegnimento” (figura 6.4)

- Operazioni di spegnimento (figura 6.5): la Comunità Montana svolge il suo ruolo di supporto al Corpo Forestale dello Stato nelle operazioni di spegnimento di incendi in atto, oppure assume il ruolo di DOS nel caso di assenza del CFS .

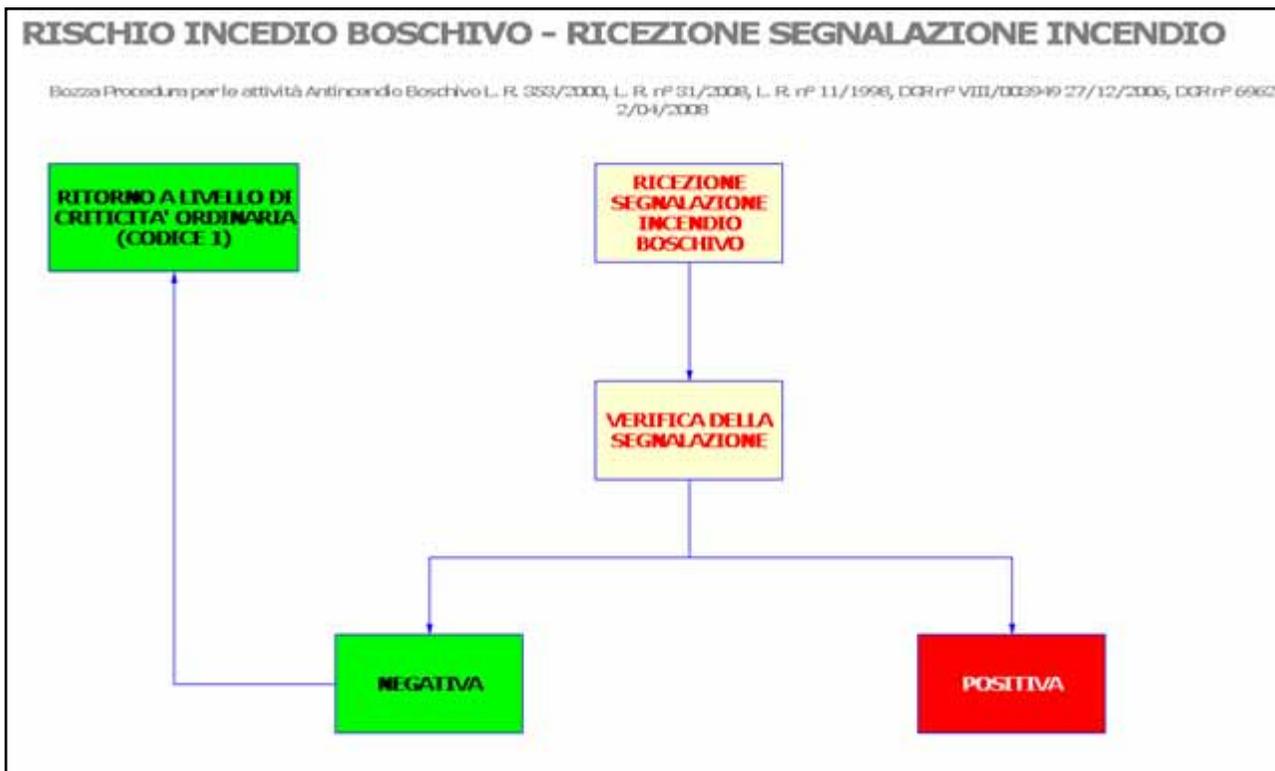


Figura 6.3 Workflow relativo alla procedura “Ricezione segnalazione incendio”



Figura 6.4 *Workflow* relativo alla procedura “Attività di sorveglianza e pattugliamento”

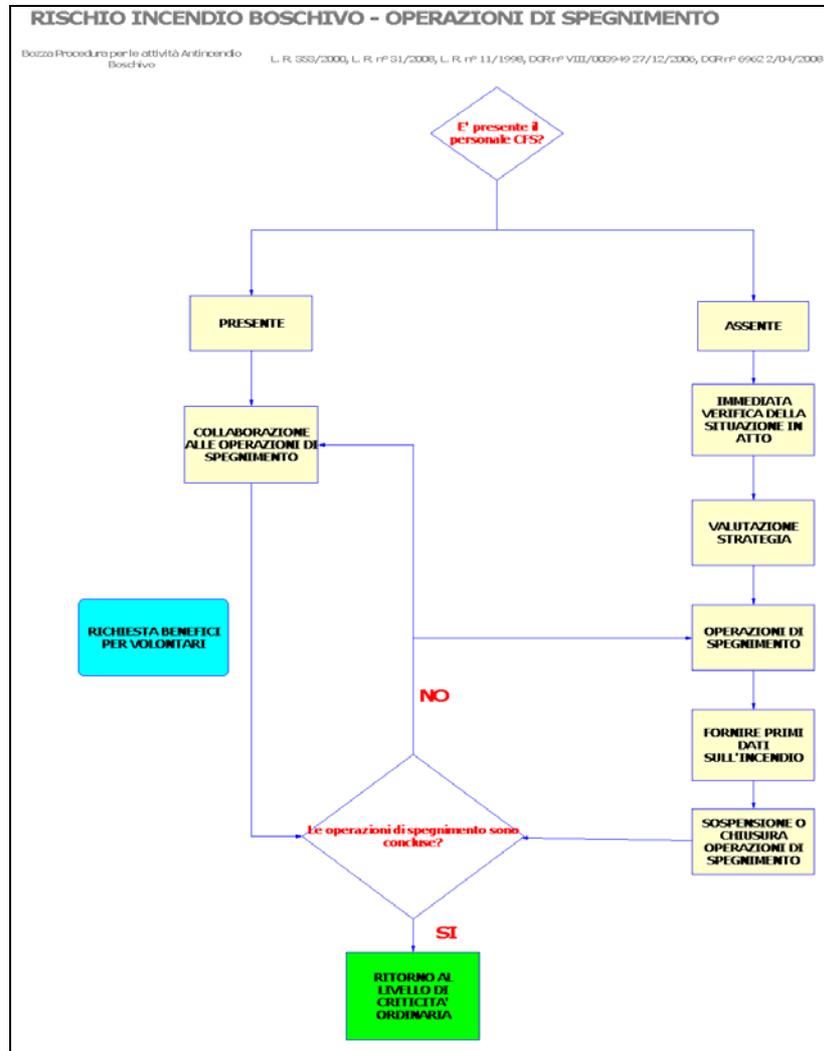


Figura 6.5 Workflow relativo alla procedura “ Operazioni di spegnimento”

Nel caso degli incendi in aree boschive, l'Ente locale competente è la Comunità Montana, mentre il comune o i comuni interessati assumono, nell'impianto normativo vigente, le competenze previste dal Piano di Emergenza Comunale.

Il test dell'utilizzo dell'applicativo PETer ha permesso di evidenziare vantaggi e limiti di questo approccio:

- la gestione integrata di banche dati territoriali e strumenti di *workflow management* permette di passare, da un punto di vista concettuale, da scenari di rischio statici a scenari dei quali è possibile delineare (in via puramente teorica) l'evoluzione logica (scenari dinamici);
- il collegamento fra i passi procedurali e le informazioni territoriali (funzione prevista dall'applicativo) permette il passaggio da un Sistema Informativo Territoriale a un sistema di supporto alle decisioni;
- l'utilizzo di *workflow* procedurali può costituire indubbiamente un valido supporto in fase di pianificazione di emergenza; non è altresì scontata la validità della metodologia in fase di gestione (*emergency response*) dell'emergenza, poiché non è stata testata né in casi reali né in attività di *training*.

CAPITOLO 7

Considerazioni conclusive e sviluppi futuri

Le attuali strategie di riduzione del rischio, intraprese a livello internazionale, puntano principalmente su attività che permettano di incrementare la *preparedness* delle comunità alle emergenze territoriali, sia che derivino da eventi naturali eccezionali o da attività umane.

In questo senso, l'Unione Europea e gli organi legislativi italiani, dal livello nazionale a quello locale, hanno delineato un impianto normativo che pone l'attenzione su strategie volte alla prevenzione dei disastri. Uno degli strumenti principali per il raggiungimento di questo obiettivo è il Piano di Emergenza, che in Italia, nell'ottica del principio di sussidiarietà, è affidato agli Enti locali (comuni, comunità montane, consorzi intercomunali).

In tale contesto, il presente progetto di dottorato, si è proposto di:

1. applicare alcuni strumenti offerti dall' *ICT* al processo di **pianificazione di emergenza**, nel particolare contesto dei comuni e delle loro aggregazioni e in relazione sia agli aspetti di gestione e analisi dei dati territoriali disponibili che a quelli connessi alla gestione dei processi decisionali, testando anche un applicativo specifico (PETer) in grado di integrare entrambi gli aspetti;
2. definire, nell'ambito della valutazione dei rischi, una metodologia per la valutazione della **pericolosità**

connessa alla presenza di **infrastrutture industriali** che trattano sostanze pericolose, applicabile anche al di fuori sei siti soggetti alle Direttive Seveso, ai fini della costruzione di scenari di rischio chimico industriale.

In relazione al primo obiettivo, l'attività di ricerca ha permesso di evidenziare che:

- l'attività di pianificazione di emergenza negli enti locali deve basarsi su un'approfondita analisi del territorio che conduca all'individuazione di tutti i rischi esistenti;
- le metodologie di analisi di pericolosità, vulnerabilità e rischio possono essere condotte a vari livelli di complessità; l'identificazione di scenari di rischio è il risultato finale della fase di analisi territoriale ma non della pianificazione di emergenza, che si configura come un processo ciclico; in questo senso lo scenario è a sua volta una base conoscitiva per la progettazione della componente procedurale dei piani di emergenza;
- data la multidisciplinarietà delle analisi coinvolte, i dati territoriali necessari alla pianificazione di emergenza sono prodotti da diversi Enti pubblici, quali soggetti privati, istituti di ricerca e organizzazioni; presentano quindi una varietà di formati e sono spesso redatti su basi metodologiche non omogenee; questo limite sta per essere in parte superato, in Regione Lombardia, con le innovazioni introdotte dalla Legge per il Governo del Territorio (L.R 12/2005): la gestione dei dati territoriali all'interno di un Sistema Informativo, in un unico sistema di coordinate e in un formato "standard" permette di superare questa disomogeneità;

- dal punto di vista tecnologico, l'uso di strumenti GIS permette agli Enti locali di operare in conformità alle linee definite in ambito europeo e nazionale (Direttiva INSPIRE, Intesa GIS, Codice dell'Amministrazione Digitale);
- l'utilizzo di procedure informatizzate collegate agli scenari di rischio può rappresentare un valido supporto in fase di pianificazione, in particolare per attività di *training*, mentre la loro effettiva applicabilità in tempo reale per la gestione di eventi è ancora oggetto di ricerca.

In relazione al secondo obiettivo, l'attività di ricerca ha permesso di evidenziare che:

- al di fuori del campo di applicabilità della "Legge Seveso", la possibilità di definire la pericolosità legata agli insediamenti industriali è legata all'accessibilità, da parte dei soggetti responsabili della pianificazione, a specifici dati tecnici sugli stabilimenti. Questi dati non sono di facile reperibilità (ma distribuiti fra diversi Enti), sia perché derivano dall'adempimento a legislazioni settoriali non strettamente collegate al settore dell'*emergency planning*, sia, in ultima analisi, perché non vi è ancora un sufficiente livello di sensibilizzazione sul tema della compatibilità territoriale degli insediamenti industriali, e prevale la tendenza, da parte delle industrie, a limitare l'accesso a tali dati;
- anche le banche dati territoriali prodotte in ambito regionale non integrano i dati necessari alla definizione della pericolosità, nonostante la normativa regionale suggerisca l'utilità della valutazione della pericolosità e del rischio

connessi con tutte le infrastrutture che trattano sostanze pericolose, nonché il rischio derivante dal trasporto di tali merci;

- alcune norme per il controllo dell'inquinamento consentono di accedere alle informazioni necessarie alla modellazione degli incidenti industriali. Molti parametri per la simulazione degli eventi incidentali rimangono comunque da stimare sulla base di studi effettuati su casi analoghi;
- lo studio di un caso reale, basato in parte su dati verificabili e in parte risultato di stime ha permesso di ottenere scenari in cui è possibile valutare il rischio da un punto di vista qualitativo (individuazione sul territorio degli elementi sensibili esposti al rischio); l'analisi degli scenari di rischio, integrabili in un sistema informativo territoriale, possono costituire un base informativa sulla quale progettare procedure scenario-specifiche.

In relazione agli aspetti analizzati, si possono ipotizzare alcuni sviluppi dell'attività di ricerca:

- sviluppo di procedure di aggiornamento del Sistema Informativo Territoriale tramite l'acquisizione dagli Enti locali e l'analisi delle nuove basi cartografiche rese disponibili dall'applicazione della Legge per il Governo del Territorio, in particolare dei Database Topografici (in scala 1:2.000,) per quanto riguarda la componente infrastrutturale del territorio, e la cartografia di Pericolosità, Elementi a Rischio e Rischio per

i fenomeni di dissesto idrogeologico e idraulico, in riferimento all'analisi dei rischi naturali;

- ricerca di nuove fonti di dati per la valutazione della pericolosità determinata dalla presenza di infrastrutture industriali che trattano sostanze pericolose, in considerazione di nuove banche dati in fase di implementazione a livello europeo (es.: Database REACH);
- sviluppo di procedure scenario-specifiche per la gestione di incidenti industriali che coinvolgono la popolazione al di fuori degli stabilimenti.

Ringraziamenti

Desidero ringraziare il mio tutor, Mattia De Amicis e il gruppo di ricerca al DISAT con cui ho lavorato, insieme agli amici con cui ho avuto il piacere di condividere le giornate in questi anni.

Ringrazio sentitamente Valentina Busini per la sua disponibilità e il Dipartimento CMIC “Giulio Natta” del Politecnico di Milano per avermi dato la possibilità di svolgervi una parte importante del lavoro.

Ringrazio inoltre Simone Sterlacchini, il CNR-IDPA di Milano, e la Fondazione Lombardia per l’Ambiente per aver sostenuto il mio lavoro.

L’ultimo ringraziamento, il più speciale, va a mio marito Emiliano e alla nostra famiglia.

BIBLIOGRAFIA

Alexander, D. (2000), *Scenario methodology for teaching principles of emergency management*. Disaster Prevention and Management, Volume 9, No. 2 (2000), pp. 89-97.

Alexander, D. (2002), *Principles of Emergency Planning and Management*. Oxford University Press.

Alexander D. (2005), *Towards the development of a standard in emergency planning*. Disaster Prevention and Management, Vol.14 No. 2 (2005), pp 158-175.

Biagianti, M. A. (2006), *Analisi di Rischio per un impianto di refrigerazione ad ammoniaca*. Tesi di Laurea. Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali, Università degli Studi di Torino.

van den Bosch, C. J. H. , Weterings, R.A.P.M. (2005), *Yellow Book – Methods for Calculation of Physical Effects due to Releases of Hazardous Materials (liquids and gases)*. Pp. 2.34-2.36. Chemical Process Safety Series. Directorate-General for Social Affairs and Employment, Committee for the Prevention of Disasters. The Netherlands Organization of Applied Scientific Research, The Netherlands.

Bristow, K. L., Campbell, G. S. (1984), *On the relationship between incoming solar radiation and daily maximum and minimum temperature*. Agricultural and Forest Meteorology, Volume 31, Issue 2, 1984, pp. 159-166.

Casal, J. (2007), *Evaluation of the effects and consequences of major accidents in industrial plants*, Industrial Safety Series, Volume 8, Elsevier Science.

Comfort, L. K. (1993), *Integrating information technology into international crisis management and policy*. Journal of Contingencies and Crisis Management. Volume 1, No. 2 (September), pp. 15-26.

Det Norske Veritas (2005), *Unified Dispersion Model - Technical Reference Manual*. DNV Software, London, UK.

Mannan, S., O'Connor, M. K. (2005), *Lees' Loss prevention in the process industries*, Butterworth Heinemann, Oxford.

Menoni, S. (2006), *Introducing a transdisciplinary approach in studies regarding risk assessment and management in educational programs for environmental engineers and planners*. International Journal of Sustainability in Higher Education. Volume 7, No. 3 (2006), pp. 309-321.

O'Mahony M.T., Doolan D., O'Sullivan A., Hession M.(2008), Emergency planning and the Control of Major Accident Hazards (COMAH/Seveso II) Directive: An approach to determine the public safety zone for toxic cloud releases. Journal of Hazardous Materials, No.154 (2008) , pp. 355-365.

Pasquill, F. (1961), *The Estimation of the dispersion of windborne material*. Meteorological Magazine. Vol. 90, pp. 33-49.

Spicer, T and Havens, J. (1989). *User's Guide for DEGADIS 2.1 Dense Gas Dispersion Model*, EPA Report, EPA 450/4-89-019. U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH.

Rota, R e Nano, G. (2007), *Introduzione alla affidabilità e sicurezza dell' industria di processo*. Pitagora Editore, Bologna.

Sterlacchini S., Frigerio S., Canziani M., Poli S., De Amicis M., Sironi S., 2007 . *Proposta di una metodologia per la gestione di emergenze idrogeologiche nella Comunità Montana Valtellina di Tirano*. Rendiconti Della Società Geologica Italiana, Vol. 4 (2007), Nuova Serie, 123-128, 5 ff., Roma.

Verde J.C., Zezere J.L. (2010). *Assessment and validation of wildfire susceptibility and hazard in Portugal*. Natural Hazards and Earth System Sciences, 10 (2010) pp. 485-497.

Wood, M., Pichard, A., Gundert-Remy, U., de Rooij, C., Tissot, S.M. (2006), The AETL methodology as a potential solution to current challenges associated with the development and use of acute exposure levels in Seveso II applications. Journal of Hazardous Materials. A 133 (2006), pp. 8-15.

ARMONIA, *Assessing and Mapping Multiple Risks for Spatial Planning. Approaches, Methodologies and Tools in Europe*. Sixth Framework Program, European Commission, 2007
ec.europa.eu/research/.../pdf/.../armonia.pdf

iNTeg-Risk, *Early Recognition, Monitoring and Integrated Management of Emerging, New Technology related Risks*. Info sheets 2011 disponibili su: <http://www.integrisk.eu-vri.eu/filehandler.ashx?file=8640>

MATRIX, *New Multi-Hazard and Multi-Risk Assessment Methods for Europe (2010-2013)*. Seventh Framework Program, European Commission. <http://www.matrix.gpi.kit.edu>

UNISDR (2009), *UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction*. Disponibile su: <http://www.unisdr.org/we/inform/terminology>

U.S. Environmental Protection Agency - Chemical Emergency Preparedness and Prevention Office (1999). *Technical Background Document for Offsite Consequence Analysis for Anhydrous Aqueous Ammonia, Chlorine, and Sulfur Dioxide* (pp. 1-16). Disponibile su: www.epa.gov/osweroe1/docs/chem/backup.pdf

U.S. EPA, Office of Emergency Management and NOAA, Office of Response and Restoration Emergency Response Division (2007). *ALOHA User's Manual*. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C. and National Oceanic and Atmospheric Administration, Seattle, Washington. Disponibile su: www.epa.gov/osweroe1/docs/comeo/ALOHAManual.pdf

AVI, *Aree Vulnerate Italiane (2000)*, Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, Consiglio Nazionale delle Ricerche. <http://avi.gndci.cnr.it/>

GEOIFFI 2006, *Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia relativo alla Regione Lombardia*. Disponibile su: <http://www.cartografia.regione.lombardia.it/geoportale>.

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ex Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi tecnici), 2003. *Valutazione dell'impatto sull'ambiente degli incidenti rilevanti*. Rapporto APAT 36/2003.

Disponibile su:

http://www.isprambiente.gov.it/site/files/Rischio_ind/impattoAPAT.zip

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ex Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi tecnici), 2007. *Mappatura del rischio industriale in Italia*. Rapporto APAT 20/2007.

Disponibile su:

www.apat.gov.it/site/files/Pubblicazioni/.../mappatura_ris_ind.pdf

Riferimenti legislativi

Legge n. 225 del 24 febbraio 1992: *Istituzione del servizio nazionale della protezione civile*.

Legge n.353 del 21 novembre 2000: *Legge quadro in materia di incendi boschivi*.

Decreto Legislativo n. 334 del 17/08/1999: *Attuazione della direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose*. G. Uff. Supp. Ordin. N. 228 de 28/09/1999.

D.P.C.M. 25/02/2005. Presidenza del Consiglio dei Ministri. Dipartimento della Protezione Civile (2005): *Pianificazione dell'Emergenza Esterna degli stabilimenti industriali a rischio d'incidente rilevante – Linee Guida*. G. Uff. Suppl. Ord. N. 62 del 16/03/2005.

Decreto Legislativo. n.238 del 21/09/2005: *Attuazione della direttiva 2003/105/CE, che modifica la direttiva 96/82/CE, sul controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose*. G. Uff. n. 271 del 21/11/2005, Supp. Ordin. N. 189.

PAI (2001), Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico per il bacino idrografico di rilievo nazionale del fiume Po, adottato con Deliberazione n. 18/2001 dall'Autorità di Bacino del fiume Po.

Disponibile su

<http://www.adbpo.it/onmulti/ADBPO/Home/Pianificazione/Pianistralcioapprovati/PianostralcioperlAssettoIdrogeologicoPAI/Pianovigente.html>

!

Legge Regionale n. 19 del 23/11/2001: *Norme in materia di attività a rischio di incidenti rilevanti*. BURL n. 48, Suppl. Ord. N. 1 del 27/11/2001.

Legge Regionale n. 16/2004, art. 7, comma 11, Allegato A: *Direttiva Regionale per la Pianificazione di Emergenza degli Enti Locali*. D.G.R. n. VIII/4732 del 16/05/2007. BURL n. 30, 1° Suppl. Straord. del 24/07/2007.

Legge Regionale n. 16 del 22 maggio 2004: *Testo unico delle disposizioni regionali in materia di Protezione Civile*.

Deliberazione della Giunta Regionale n.15486 del 5/12/2003: *Direttiva Regionale Grandi Rischi: linee guida per la gestione delle emergenze chimico-industriali* (ai sensi della l. r. 1/2000, art. 3, comma 131).. BURL n. 52, Serie Ordinaria del 22/12/2003.

Deliberazione della Giunta Regionale N.VII/21205 del 24 marzo 2005: *Revoca della D.G.R. N. 20047 del 23.12.2004 e approvazione della Direttiva Regionale per l'allertamento per rischio idrogeologico e idraulico e la gestione delle emergenze regionali*.

Deliberazione della Giunta Regionale N. VIII/1566 del 22 dicembre 2005: *Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'Art. 57 della L.R. 11 marzo 2005, N. 12. Allegato 2: Procedure per la valutazione della pericolosità da frana*.

Deliberazione della Giunta Regionale N. VIII/4732 del 16 maggio 2007, allegato A: Direttiva Regionale per la pianificazione di emergenza degli enti locali.

Deliberazione della Giunta Regionale N. 8/8753 del 22/12/2008: *Determinazioni in merito alla gestione organizzativa e funzionale del sistema di allerta per i rischi naturali ai fini di protezione civile*.

Deliberazione della Giunta Regionale n. 7243 del 08/05/2008- VI Commissione Consiliare Ambiente e Protezione Civile Regione Lombardia (2008) - PRIM 2007-2010, *Programma Regionale Integrato di Mitigazione dei Rischi*, Documento Tecnico-Politico, pp. 1- 41.

Deliberazione della Giunta Regionale n. 7243 del 08/05/2008VI Commissione Consiliare Ambiente e protezione Civile Regione Lombardia (2008) - PRIM 2007-2010, *Programma Regionale*

Integrato di Mitigazione dei Rischi, Studi Preparatori – Rischi maggiori in Lombardia . D.G.R. n. 7243 del 08/05/2008, pp.155-187.

Deliberazione della Giunta Regionale n. VIII/10775 dell' 11 dicembre 2009: *Revisione e aggiornamento del Piano Regionale delle attività di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi ai sensi della l. n. 353/2000.*

Delibera del Consiglio Provinciale n. 58 del 08/07/2002. Protezione Civile Provincia di Bergamo (2001): *Piano Provinciale di Protezione Civile. Programma di previsione e prevenzione dei rischi – Relazione generale.*

Decreto del Prefetto di Bergamo n.171/4.3/Area III dell'8 marzo 2004; Delibera del Consiglio Provinciale n. 8 del 19 /02/2004. Gruppo di Lavoro Unificato Provincia di Bergamo – Prefettura (2004): *Piano di Emergenza Provinciale, Rischio Industriale*, pp. 1-124.

Provincia di Bergamo, Allegato Tecnico al Decreto di Autorizzazione Integrata Ambientale, Fascicolo AIA N. 460AIA/30040/05.

Siti web

www.pgt.regione.lombardia.it

<http://sici.irpi.cnr.it>; <http://avi.gndci.cnr.it>

www.adbpo.it

www.cartografia.regione.lombardia.it

www.cartografia.regione.lombardia.it/geoiffi

http://geoserver.disat.unimib.it/Normativa_PC/

www.protezionecivile.it

www.protezionecivile.regione.lombardia.it

www.provincia.bergamo.it

<http://www.minambiente.it/>

<http://www.cmtirano.it/>

<http://www.epa.gov/osweroe1/content/comeo/>

<http://www.epa.gov/oppt/aegl/>

<http://www.response.restoration.noaa.gov/>

http://www.arpa.emr.it/sostanze_pericolose.asp

<http://ita.arpalombardia.it/meteo/faq.asp>

<http://ita.arpalombardia.it/ita/servizi/servizi2.asp>

http://echa.europa.eu/clp/clp_regulation_it.asp

http://echa.europa.eu/reach_en.asp

www.apat.gov.it/site/contentfiles/.../23431_Rapporti_02_22.pdf

http://www.apat.gov.it/site/itIT/APAT/Pubblicazioni/Rapporti/Documento/rapporti_2003_36.html

<http://www.centrointerregionale-gis.it/script/scrp.asp?Pagecode=002>

<http://inspire-geoportal.ec.europa.eu/>

APPENDICI

- I. Database AVI. *Records* relativi ai comuni dell'Isola Bergamasca interessati da fenomeni di esondazione.
- II. Database AVI. *Records* relativi ai comuni dell'Isola Bergamasca interessati da fenomeni di instabilità di versante.
- III. Schema dell'organizzazione degli strati informativi (*layer* cartografici) relativi alla componente infrastrutturale del SIT, estratti dalla cartografia numerica comunale.
- IV. Allegato A, Decreto Legislativo 238/05
 - a. Parte I
 - b. Parte II
- V. Grafici mensili dei venti prevalenti (rose dei venti)
- VI. Grafici mensili delle frequenze relative alle classi di stabilità atmosferica di Pasquill.

Appendice I

Dati relativi alle piene verificatesi nei comuni dell'area di studio Isola Bergamasca (aggiornati al marzo 2000).

Estratto relativo ad alcuni campi disponibili per gli eventi registrati nei comuni di interesse.

Database AVI (Aree Vulnerate Italiane) a cura del CNR –GDCI

N. piena	Comune	Giorno	Mese	Anno	Fiume
1200274	Ponte San Pietro	2	11	1928	F. Brembo
1200274	Brembate	2	11	1928	F. Brembo
5200155	Mapello	7	10	1937	T. Dordo
1200264	Ponte San Pietro	11	9	1976	F. Morla
1200264	Mapello	11	9	1976	F. Morla
7200036	Presezzo	31	5	1992	T. Lesina
7200039	Chignolo d'Isola	5	6	1992	T. Grandone
7200045	Ambivere	6	7	1992	T. Dordo
7200045	Presezzo	6	7	1992	T. Lesina
7200045	Presezzo	6	7	1992	T. Dordo
7200045	Presezzo	6	7	1992	T. Lesina
7200045	Ponte San Pietro	6	7	1992	T. Lesina
7200045	Ponte San Pietro	6	7	1992	T. Lesina
7200045	Ponte San Pietro	6	7	1992	T. Lesina
7200045	Mapello	6	7	1992	T. Corene
7200045	Mapello	6	7	1992	T. Dordo
7200045	Mapello	6	7	1992	T. Corene
7200045	Mapello	6	7	1992	T. Dordo
7200045	Chignolo d'Isola	6	7	1992	T. Buliga
7200046	Mapello	11	7	1992	T. Lesina
7200046	Mapello	11	7	1992	T. Rino
7200046	Ambivere	11	7	1992	T. Dordo
7200046	Chignolo d'Isola	11	7	1992	
7200071	Presezzo	8	10	1993	T. Lesina
7200071	Mapello	8	10	1993	T. Dordo
7200071	Ponte San Pietro	8	10	1993	T. Lesina
7200071	Ponte San Pietro	8	10	1993	T. Lesina

Appendice II

Dati relativi a fenomeni di instabilità di versante verificatesi nei comuni dell'area di studio (aggiornati al giugno 1999).

Estratto relativo ad alcuni campi disponibili per gli eventi registrati nei comuni di interesse.

Database AVI (Aree Vulnerate Italiane) a cura del CNR –GDCI

Comune	Anno	Stato	Note	Cause innescanti	Tipo di Movimento
Villa d'Adda	1965	-	Minacciato l'abitato di Villa D'Adda	-	Scorrimenti
Villa d'Adda	1966	-	E' stata abbattuta una casa. La chiesa è stata assestata provvisoriamente e il muro di sostegno ricostruito	-	Scorrimenti
Brembate	1937	-	Cede un muro e frana il terrapieno	Filtrazione e saturazione	-
Sotto il Monte Giovanni XXIII	1937	Attiva	La frana minaccia il paese	Precipitazioni	-
Sotto il Monte Giovanni XXIII	1937	Attiva	La frana minaccia il paese	Precipitazioni	-

Appendice III

Schema dell'organizzazione degli strati informativi (*layer* cartografici) relativi alla componente infrastrutturale del SIT

Base cartografica	Layer estratti	Tipologia struttura	Tipologia utilizzo
Cartografia numerica comunale (1:2.000)	Strutture vulnerabili/strategiche	Edifici residenziali	Abitazioni private
		Edifici pubblici	Edifici scolastici
			Biblioteche
			Centri sportivi
			Cinema/teatri
		Sedi strutture operative	Vigili del Fuoco
			Polizia di Stato
			Carabinieri
			Croce Rossa - SSUEM
		Sede centri operativi	Polizia locale
			Centro Coordinamento Soccorsi
			Centro Operativo Misto
			Unità di Crisi Locale
		Sedi istituzionali	Posto di Comando Avanzato
			Municipio
			Aree emergenza
			Aree di attesa
		Strutture sanitarie	Aree di ricovero/accoglienza
			Aree di ammassamento
			Eliporti
		Edifici di culto	Ospedali
			Ambulatori
			Farmacie
		Edifici industriali	Case di riposo
			Chiese/cappelle
			Oratori
		Edifici uso commerciale	Uffici
Capannoni/stabilimenti/magazzini			
Laboratori artigianali			
		Negozi/uffici	

Appendice IV. a

Allegato A, Decreto Legislativo 238/05, Parte I

Colonna 1	Colonna 2	Colonna 3
Sostanze pericolose	Quantità limite (tonnellate) ai fini dell'applicazione	
	degli artt. 6 e 7	dell'art.8
Nitrato di ammonio	5000	10000
Nitrato di ammonio	1250	5000
Nitrato di ammonio	350	2500
Nitrato di ammonio	10	50
Nitrato di potassio	5000	10000
Nitrato di potassio	1250	5000
Anidride arsenica, acido (V) arsenico e/o suoi Sali	1	2
Anidride arseniosa, acido (III) arsenico e suoi Sali	0.1	0.1
Bromo	20	100
Cloro	10	25
Composti del nichel in forma polverulenta inalabile (monossido di nichel, biossido di nichel, solfuro di nichel, bisolfuro di nichel, triossido di dinichel)	1	1
Etilenammina	10	20
Fluoro	10	20
Formaldeide (conc.> 90%)	5	50
Idrogeno	5	50
Acido cloridrico (gas liquefatto)	25	250
Alchili di piombo	5	50
Gas liquefatti estremamente infiammabili e gas naturale	50	200
Acetilene	5	50
Ossido di etilene	5	50
Ossido di propilene	5	50
Metanolo	500	5000
4,4 metilen-bis-(2-cloroanilina) e/o suoi Sali in forma polverulenta	0.01	0.01
Isocianato di metile	0.15	0.15
Ossigeno	200	2000
Diisocianato di toluene	10	100
Cloruro di carbonile (fosgene)	0.3	0.75

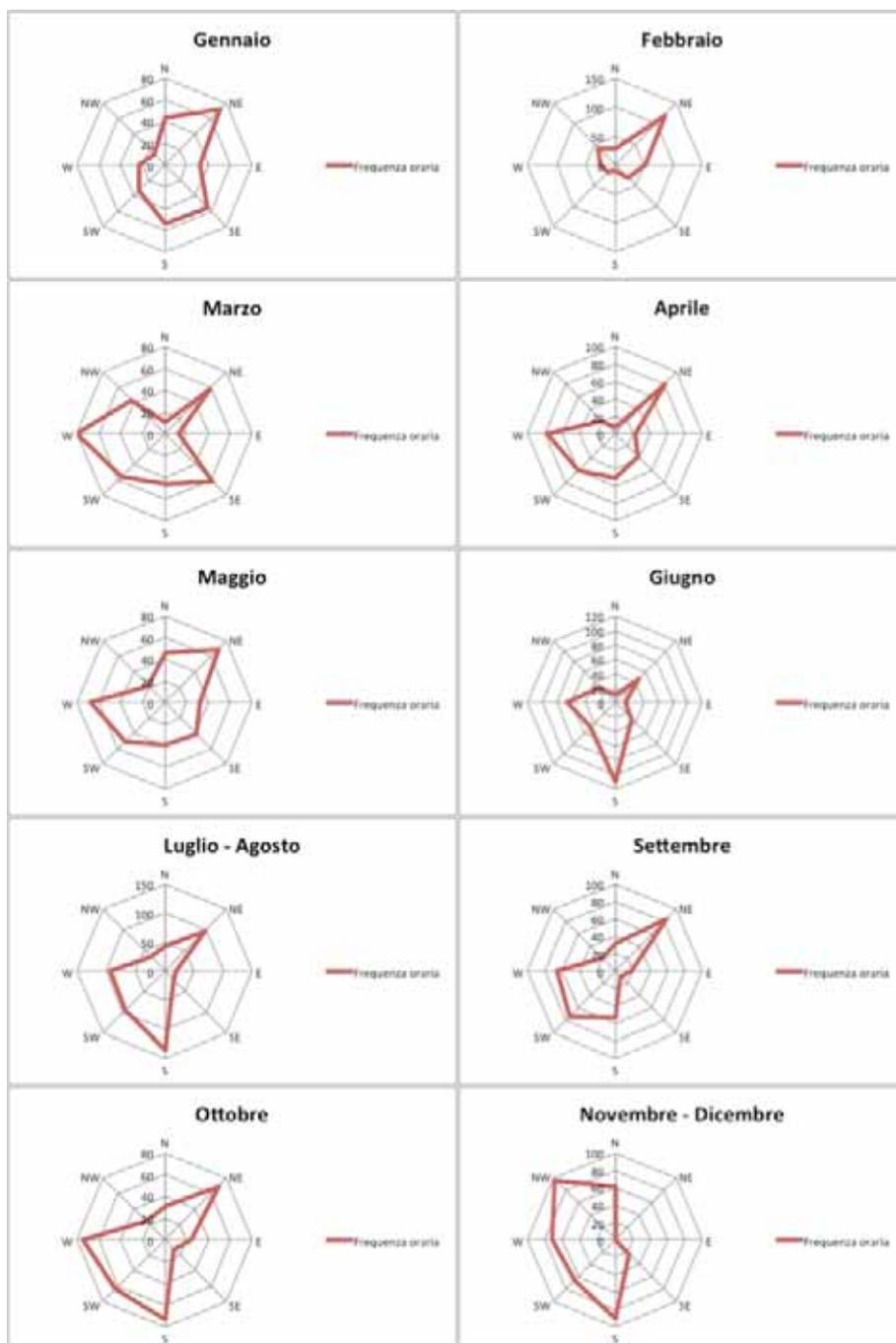
Sostanze pericolose	Quantità limite (tonnellate) ai fini dell'applicazione	
	degli artt. 6 e 7	dell'art.8
Triioduro di arsenico (arsina)	0.2	1
Triioduro di fosforo (fosfina)	0.2	1
Dicloruro di zolfo	1	1
Triossido di zolfo	15	75
Poli-cloro-dibenzofurani e poli-cloro-dibenzodiossine (compresa la TCDD) espressi come TCDD equivalente	0.001	0.001
Sostanze cancerogene in conc.> 5% in peso:	0,5	2
4-amminobifenile e/o suoi Sali		
benzotrilcloruro		
benzidina e/o suoi Sali		
ossido di bis(clorometile)		
ossido di clorometile e di metile		
1,2 dibromoetano		
solfo di dietile		
solfo di dimetile		
cloruro di dimetilcarbamoile		
1,2 - dibromo-3-cloropropano		
1,2-dimetilidrazina		
dimetilnitrosammina		
triammide esametilfosforica		
idrazina		
2-naftilammina e/o suoi Sali		
1,3-propansultone		
4-nitrodifenile		
Prodotti petroliferi	2500	25000
benzine e nafta		
cheroseni (compresi i jet fuel)		
gasoli (compresi i gasoli per autotrazione, i gasoli per riscaldamento e i distillati usati per produrre i gasoli)		

Appendice IV. b

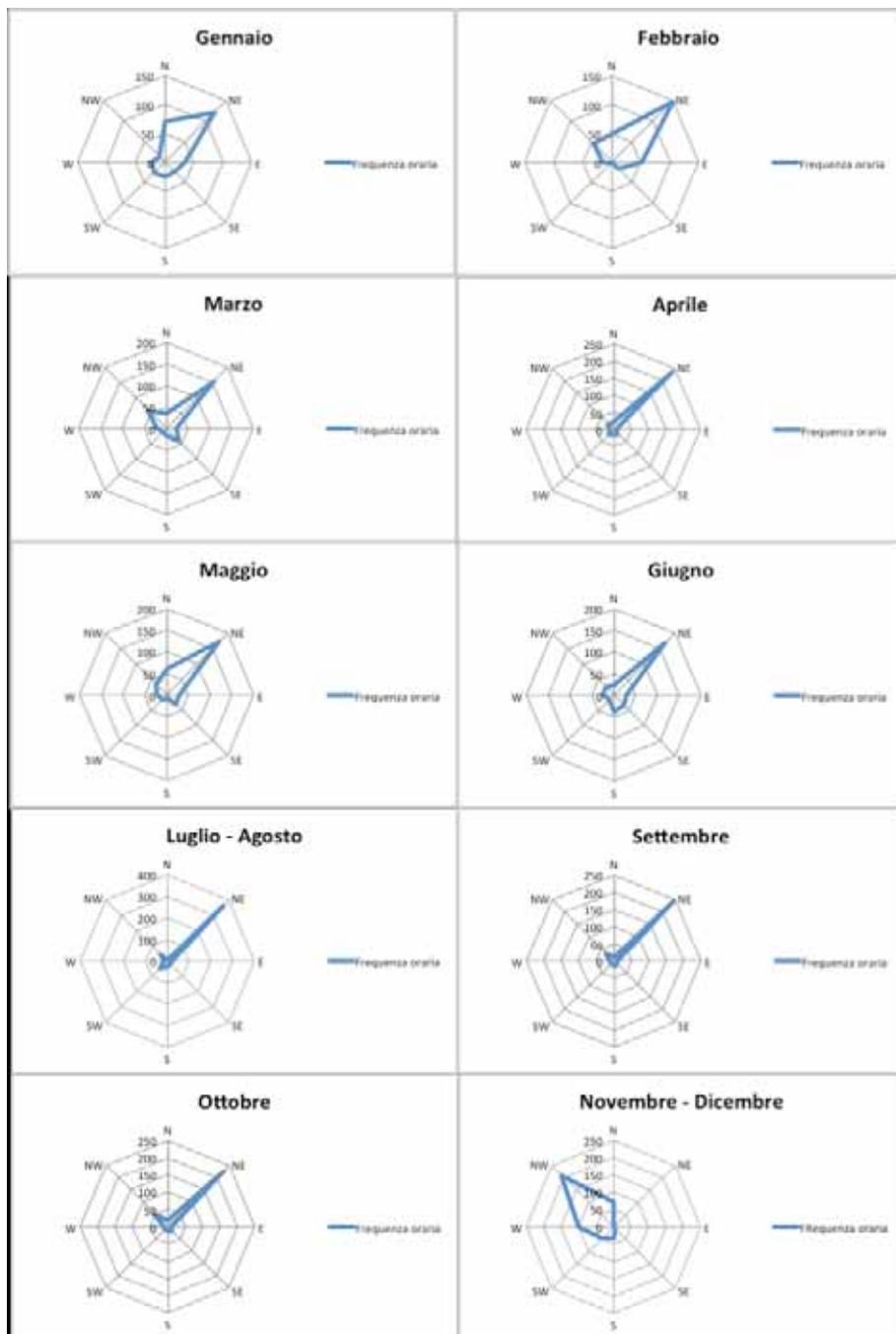
Allegato A, Decreto Legislativo 238/05, Parte II

Colonna 1	Colonna 2	Colonna 3
Sostanze pericolose	Q.tà limite (tonnellate) della sostanza pericolosa ai sensi dell'art.3, paragrafo 5 ai fini dell'applicazione	
	degli artt. 6 e 7	dell'art.8
Molto tossiche	5	20
Tossiche	50	200
Comburenti	50	200
Esplosive	50	200
Esplosive	10	50
Infiammabili	5000	50000
Facilmente infiammabili	50	2000
Liquidi facilmente infiammabili	5000	50000
Estremamente infiammabili	10	50
Sostanze pericolose per l'ambiente in combinazione con le seguenti frasi		
i) R50: "Molto tossico per gli organismi acquatici" (compresa frase R50/R53)	100	200
ii)R51/53 "tossico per gli organismi acquatici; può causare effetti negativi a lungo termine nell'ambiente acquatico"	200	500
ALTRE CATEGORIE, che non rientrano in quelle precedenti, in combinazione con le seguenti frasi di rischio		
i)R14: reagisce violentemente a contatto con l'acqua (compreso R14/15)	100	500
ii) R29: libera gas tossici a contatto con l'acqua	50	200

Appendice V
Rose dei venti (ore diurne)

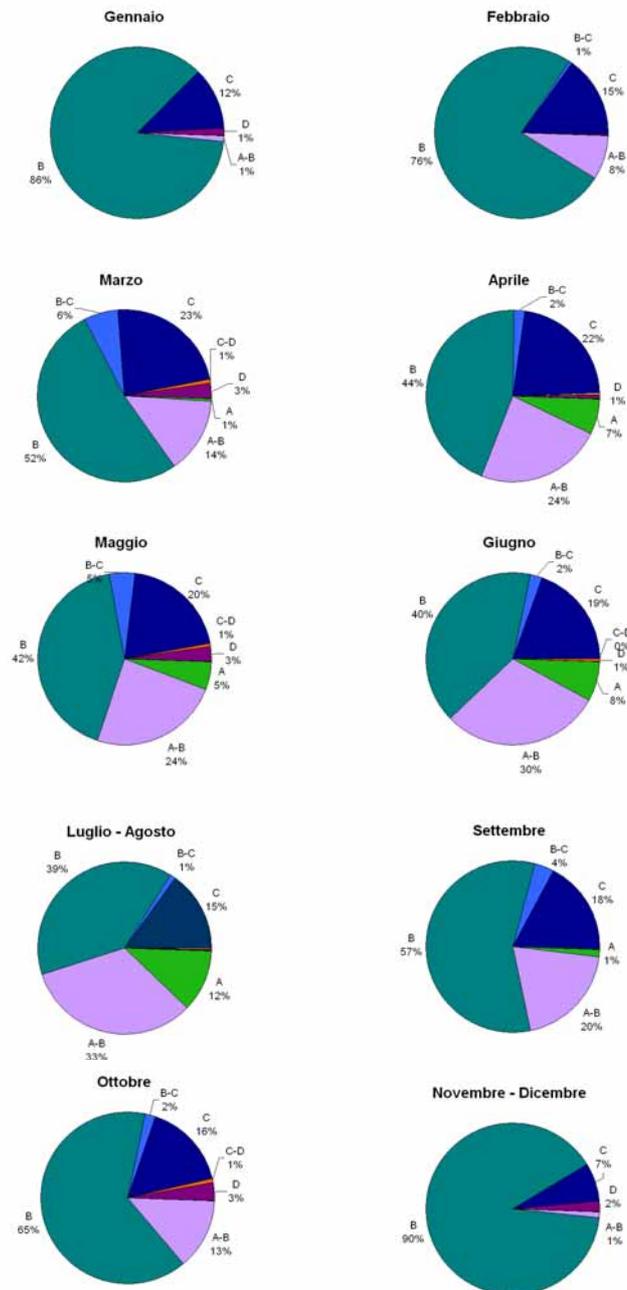


Rose dei venti (ore notturne)



Appendice VI

Frequenze mensili delle classi di stabilità atmosferica (ore diurne)



Frequenze mensili delle classi di stabilità atmosferica (ore notturne)

