"ATTRACTIVENESS" E VULNERABILITÀ DEI BERSAGLI INDUSTRIALI RIGUARDO AD ATTACCHI TERRORISTICI E SABOTAGGI

F. Colcerasa[1], L. Floridi[1], M. Sabatini[2,3], S. Zanelli[2,3]

(1) Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento della Protezione Civile – Settore Rischio Industriale – Servizio rischio industriale, energetico, nucleare e trasporti – Ufficio rischi antropici – via Ulpiano 11 – 00193 – ROMA

(2) CONPRICI – Consorzio Interuniversitario Prevenzione e Protezione dai Rischi Chimico Industriali – via Diotisalvi 2 – 56126 – PISA

(3) Dipartimento di Ingegneria Chimica, Chimica Industriale e Scienza dei Materiali – Università di Pisa – via Diotisalvi, 2 – 56126 – PISA

SOMMARIO

Il sabotaggio e l'attacco terroristico ad un impianto industriale, con lo scopo di causare il rilascio rapido e incontrollato di grandi quantità di energia (meccanica o termica) ovvero di grandi quantità di sostanze gassose tossiche costituiscono eventi potenziali rispetto ai quali è necessario esaminare gli effetti sui bersagli più critici, e valutare le possibili misure di protezione della popolazione da mettere in atto. Nel 2006 il Dipartimento della Protezione Civile e CONPRICI (Consorzio Interuniversitario per la Protezione e Prevenzione dai Rischi Chimico – Industriali) hanno stipulato un accordo di ricerca su 4 progetti di interesse nazionale, di durata triennale, riguardanti gli stabilimenti a rischio di incidente rilevante, uno dei quali riguarda la gestione del rischio di attacchi terroristici ad impianti industriali. È stato definito e applicato un indice di "attractiveness" che consente di selezionare i bersagli per i quali la probabilità di attacco è maggiore. Il risultato della prima fase del progetto (che è a circa metà del suo stadio di avanzamento) è una mappatura del territorio italiano sotto forma di layers informativi GIS in cui, secondo criteri omogenei tra i 4 progetti, si individuano gli stabilimenti che rappresentano bersagli a rischio, le aree circostanti potenzialmente interessate dalle conseguenze dell'attacco e la rispettiva vulnerabilità in termini di densità abitativa e centri puntuali di vulnerabilità.

1.0 INTRODUZIONE

Negli ultimi anni l'interesse nei confronti dell'eventualità di attacchi esterni verso impianti industriali, in particolare dell'industria di processo, è molto cresciuto. In letteratura sono reperibili numerosi lavori in proposito, specie provenienti dagli Stati Uniti, che hanno avuto come fine ultimo lo sviluppo di procedure di Security Vulnerability Assessment (SVA, [1-3]) ovvero metodi per la valutazione delle criticità di un'installazione industriale nei riguardi di possibili interferenze esterne. Tuttavia tali procedure presentano due punti deboli: in primo luogo non tengono conto delle eventuali conseguenze di un attacco esterno (che come vedremo sono invece da ritenersi molto importanti ai fini della valutazione del rischio di attacco) e in secondo luogo necessitano di valutazioni non tecniche e che prevedono una conoscenza di dettaglio dell'impianto e del suo layout.

Nell'ambito del già citato rapporto di collaborazione tra CONPRICI e Dipartimento della Protezione Civile, l'obiettivo è stato soprattutto quello di effettuare uno screening delle installazioni su tutto il territorio italiano dal punto di vista del rischio di attacchi esterni: conseguentemente è stato necessario elaborare una procedura che, utilizzando considerazioni di carattere tecnico (escludendo pertanto valutazioni di tipo politico e/o socio-economico), permettesse una trattazione di un così gran numero di installazioni in modo semplice e tuttavia completo.

Il metodo elaborato permette di:

- Selezionare le installazioni da caratterizzare
- Individuare le aree da studiare (in base alla distanza dalle installazioni)

- Caratterizzare gli stabilimenti e la vulnerabilità del territorio senza dover utilizzare un grado di dettaglio eccessivo

- Valutare la "attractiveness" dello stabilimento (il cui significato sarà spiegato in dettaglio) in base alle aree di impatto e al tipo di territorio interessato, che sono tra l'altro rappresentabili e caratterizzabili anche mediante layers informativi GIS.

La procedura, che nei fatti è stata applicata a una larga parte del territorio italiano, è nel presente lavoro stata applicata ad un area di esempio, per mostrarne il metodo di esecuzione.

2.0 SCOPO DEL LAVORO E CRITERI GUIDA

Lo scopo del lavoro è stato quello di elaborare una procedura che permettesse di selezionare le installazioni maggiormente critiche sul territorio e di caratterizzarle in maniera funzionale, onde facilitare la fase di stima delle conseguenze di ipotetici attacchi diretti ai bersagli individuati.

Per cercare di definire l'ambito del lavoro, è stato deciso, di comune accordo tra CONPRICI e DPC, di non considerare il trasporto di merci pericolose, tenendo comunque conto del trasferimento delle stesse all'interno degli stabilimenti censiti (operazioni di carico e scarico, tubazioni). Questa scelta è stata dettata, oltre che dalla complessità di considerare un bersaglio mobile, dal fatto che nel settore della movimentazione di merci pericolose diventa di importanza basilare la sorveglianza antiintrusione, aspetto non approfondito nel presente lavoro.

Il primo passo è stata l'elaborazione di uno schema che permettesse di valutare la vulnerabilità di un'installazione industriale nei confronti di attacchi esterni.

La stima della probabilità che un certo bersaglio sia oggetto di un attacco, che da alcuni autori anglosassoni viene chiamata "attractiveness" del bersaglio, non è valutabile quantitativamente in modo diretto, ma in linea di principio può essere ricondotta a due fattori, e cioè:

- L'appetibilità economico – politica del bersaglio

- La vulnerabilità "strutturale" del bersaglio, ovvero il tipo di danno (in termini di vettore di impatto e distanza di danno) che un ipotetico attacco può produrre.

Più gravi infatti sono i danni potenziali ad una certa installazione, maggiore sarà la possibilità che tale installazione venga scelta per un attacco che in tal caso avrebbe risonanza, anche mediatica, molto più grande di un evento che provochi conseguenze più miti.

Per quanto riguarda il secondo fattore, esso può agevolmente essere analizzato da ingegneri di processo ed esperti di analisi di rischio "convenzionale", utilizzando, con i dovuti adattamenti, strumenti e metodologie noti e di vasta applicazione nel campo. Il primo fattore non sarebbe di competenza tecnica, in quanto richiede conoscenze non proprie del campo ingegneristico e valutazione di tipo sociopolitico ed economico. Tuttavia è possibile fare alcune considerazioni che aiutano a guardare il problema da un punto di vista simile, e che permettono, come sarà illustrato nel seguito, di valutare l'attractiveness di uno stabilimento (o un insieme di stabilimenti) in maniera più completa. Infatti, se da un lato è facile intuire che l'attractiveness di uno stabilimento dipenda dall'estensione dell'ipotetico danno (e dunque dalle caratteristiche di "pericolosità intrinseca" del sito), dall'altro non si può non tenere conto che l'attractiveness dipende anche dal numero di persone eventualmente coinvolte: un attacco che interessi un alto numero di persone è senza dubbio più "attractive" di uno che coinvolga un numero limitato di abitanti. Pertanto "l'appetibilità socio-economica" dell'obiettivo può essere espressa come la vulnerabilità del territorio circostante il bersaglio: uno stabilimento situato in una zona isolata può essere considerato meno "attractive" di uno stabilimento, anche di dimensioni minori, collocato in una zona densamente popolata e dunque potenzialmente in grado di interessare un grande numero di persone. Ovviamente tali considerazioni sono da ritenersi valide solo per valutare la vulnerabilità rispetto all'attacco terroristico, ed è improprio estenderle ad altri ambiti del rischio industriale o di protezione civile.

Per gli scopi che si prefigge questo lavoro pertanto l'attractiveness di uno stabilimento sarà considerata funzione di due fattori:

- La pericolosità intrinseca dell'installazione industriale (ovvero il massimo danno potenziale che può verificarsi in caso di attacco)
- La vulnerabilità del territorio circostante (vale a dire una stima del numero di persone potenzialmente coinvolte da un attacco)

3.0 METODOLOGIA PER LA VALUTAZIONE DELLA ATTRACTIVENESS

3.1 Selezione delle installazioni da esaminare

Per individuare le installazioni maggiormente a rischio e meritevoli di un'analisi approfondita, un criterio preliminare è stato quello di prendere in esame l'elenco delle aziende soggette all'articolo 8 del D. Lgs. 238/05 [4]. Tra di esse si è ritenuto di poter escludere dall'analisi quelle che rientrano nella normativa perché detengono sostanze dannose per l'ambiente, in quanto è realistico pensare che un ipotetico attacco possa avere come obiettivo un danno acuto nei confronti degli esseri umani piuttosto che un danno di tipo ecologico, soprattutto per la grande differenza in termini di tempi caratteristici dei fenomeni. Si è ritenuto inoltre di poter escludere le aziende che detengono liquidi tossici non facilmente vaporizzabili, in quanto le distanze di danno provocate sono ridotte rispetto agli altri casi (e per quanto detto in precedenza sono da ritenersi meno "attractive").

3.2 valutazione della vulnerabilità territoriale

Secondo il DM 9 maggio 2001 [5] "la valutazione della vulnerabilità del territorio attorno ad uno stabilimento va effettuata mediante una categorizzazione delle aree circostanti", basata su:

- individuazione degli elementi vulnerabili di natura puntuale
- indice di edificazione (espresso in m3/m2)

Per quel che concerne gli elementi vulnerabili, la normativa effettua una classificazione della criticità, tenendo conto di:

- difficoltà di evacuazione di soggetti deboli e bisognosi di aiuto (malati, bambini, anziani)
- difficoltà di evacuare soggetti in edifici a più di 5 piani e grandi aggregazioni di persone in luoghi pubblici
- la generale maggiore vulnerabilità delle attività all'aperto rispetto a quelle al chiuso
- la minore vulnerabilità delle attività caratterizzate da una bassa permanenza temporale di persone, cioè di una minore esposizione al rischio, rispetto ad attività più frequentate.

La normativa individua inoltre alcune categorie di elementi territoriali vulnerabili:

- luoghi di concentrazione di persone con limitata capacità di mobilità: ospedali, case di cura, ospizi, asili, scuole inferiori (in base a posti letto o numero di persone presenti)
- luoghi soggetti ad affollamento rilevante all'aperto: mercati o altre destinazioni commerciali (numero di persone presenti)
- luoghi soggetti ad affollamento rilevante al chiuso: centri commerciali, direzionali o terziari, strutture ricettive, scuole superiori, università (numero di persone presenti)

- luoghi soggetti ad affollamento rilevante con limitati periodi di esposizione al rischio: luoghi di pubblico spettacolo, riservati ad attività ricreative, sportive, culturali, religiose ecc

- stazioni ferroviarie e/o altri nodi di trasporto

- luoghi soggetti ad affollamento rilevante con frequentazione al massimo mensile: fiere, mercatini, cimiteri, altri eventi periodici.

La valutazione della vulnerabilità territoriale rispetto alla presenza di popolazione è necessariamente collegata alla distribuzione di densità di popolazione riferita ai residenti nelle località abitate che ricadono all'interno dell'area di studio. Informazioni aggiuntive, relative alla localizzazione dei centri di vulnerabilità, sono importanti ed essenziali soprattutto in quelle situazioni in cui il numero di residenti a rischio sia modesto, ed in cui il contributo numerico delle persone presenti nei centri di vulnerabilità sia comparabile, o superiore, rispetto a quello della popolazione residente. Questo tipo di approccio, graduale e molto pragmatico, rende immediatamente disponibili le informazioni, quantitativamente più rilevanti, relative alla vulnerabilità della popolazione residente nell'area di studio e si presta comunque ad essere raffinato successivamente, in base alle effettive necessità, inserendo le informazioni relative ai centri di vulnerabilità. Nel presente lavoro pertanto i centri di vulnerabilità saranno censiti solo se situati in zone a densità abitativa minore di 2000 ab/kmq.

Come base di dati relativi alla popolazione residente verranno utilizzati i dati censuari ISTAT relativi all'ultimo censimento generale della popolazione (2001), al livello di dettaglio delle località abitate o, se possibile, delle unità censuarie: non sembra opportuno per gli scopi del presente lavoro considerare dati medi a livello comunale, tenuto conto del fatto che, generalmente, il principale centro abitato del comune presenta una densità di popolazione maggiore rispetto a quella delle frazioni.

Per quanto concerne i centri di vulnerabilità, la loro posizione sarà localizzata inserendo dei punti sulla mappa dell'area di studio, utilizzando una simbologia che permetta di rilevare immediatamente la loro tipologia. La popolazione in transito nella zona non è considerata.

Scendendo nel dettaglio, i dati riguardano i cosiddetti "centri di interesse": ospedali, scuole, centri commerciali, alberghi, ristoranti, musei, luoghi di culto, teatri, cinema. Essi possono essere distinti in due gruppi: il primo contribuisce ad aumentare la popolazione residente nelle aree urbane e l'aumento sarà valutato in dipendenza della densità media della popolazione realmente residente; il secondo non contribuisce all'aumento della densità media, ma è costituito da centri di vulnerabilità con caratteristiche tali da richiedere particolari accorgimenti nella gestione delle situazioni di emergenza. Per esempio:

- Musei, monumenti: essi non verranno indicati puntualmente laddove la densità sia alta, ma solo nel caso (effettivamente piuttosto remoto) in cui si trovino in zone a bassa densità abitativa. Per i centri urbani essi rappresenteranno infatti un "fattore moltiplicativo" in quanto aumentano la popolazione presente in una certa area rispetto a quella in essa residente.

- Stazioni della metropolitana: tali centri da una parte aumentano la "densità effettiva" della popolazione, dall'altra rappresentano delle peculiarità come bersagli in quanto hanno difficoltà aggiuntive in fase di emergenza (problemi per l'evacuazione).

- Supermercati, ospedali: valgono le stesse considerazioni fatte per le stazioni della metropolitana, specie per gli ospedali, che rappresentano una situazione particolarmente delicata in fase di gestione dell'emergenza.

- Teatri, cinema, scuole, uffici pubblici (municipi, ministeri): non aumentano significativamente la densità effettiva nell'area; la loro presenza tuttavia va segnalata in quanto influenza la gestione di eventuali emergenze.

- Aeroporti, imbarchi, centri commerciali e fieristici fuori dai centri urbani: essendo svincolati dalla densità abitativa vengono tutti caratterizzati e segnalati puntualmente.

Gli altri centri definibili "vulnerabili" (come alberghi, ristoranti e locali pubblici) riteniamo che non siano significativi ai fini dell'analisi condotta in questo progetto. È importante sottolineare come questa semplificazione sia valida esclusivamente nel caso in cui si parli di rischio di attacchi a bersagli di tipo industriale, e perciò sia funzionale solo all'analisi oggetto del presente lavoro. I criteri sopra esposti non risultano quindi condivisibili se si prende in esame il rischio di attacchi a bersagli di tipo civile (infrastrutture, edifici governativi), in cui la presenza di centri di vulnerabilità puntuale non può essere trascurata neanche in presenza di un'alta densità abitativa. I centri di vulnerabilità di cui è proposto che venga censita la presenza in aree a bassa densità abitativa sono riportati in Tabella 1. Nella tabella sono riportati anche le centrali di Carabinieri e Polizia e gli Uffici postali, ritenuti centri logisticamente strategici nella gestione delle emergenze e pertanto da censire.

Tabella 1: centri puntuali di vulnerabilità da censire nell'area circostante ad installazioni a rischio di attacco esterno (secondo la denominazione utilizzata nei dati messi a disposizione da DPC)

Ospedali	Asili nido
Scuole elementari	Scuole medie inferiori
Istituti superiori	Università
Centri museali o elementi di interesse turistico	Grandi magazzini
Centri commerciali	Auditorium
Fiere	Municipi
Tribunali	Stadi, palazzetti, ippodromi
Centri sportivi	Luoghi di culto principali
Stazioni ferroviarie	Stazioni della metropolitana
Aeroporti	Imbarchi
Parchi	Carabinieri e polizia
Uffici postali	

Per quanto riguarda gli insediamenti abitativi, le informazioni possono essere di due tipologie:

- mappe di densità abitativa, al fine di stimare un numero potenziale di persone interessate dal rischio
- mappe che riportano le categorie di vulnerabilità territoriale individuate dal DM 9 maggio 2001, per dare una stima dell'accettabilità delle distanze di danno in seguito ad attacchi esterni ad installazioni industriali

In riferimento alla densità abitativa, l'Istat (Istituto Nazionale di Statistica) in seguito al 14° censimento della popolazione, ha elaborato, per i grandi comuni, la cartografia georeferenziata della densità abitativa per sezione di censimento, che visualizza la densità abitativa con un forte dettaglio.

I dati necessari dunque per l'analisi degli insediamenti abitativi nell'area circostante l'installazione in esame sono:

- mappatura georeferenziata dell'installazione in esame
- cartografia georeferenziata della densità abitativa nell'area intorno all'installazione per sezione di censimento (fonte Istat) oppure dati sulla densità abitativa di dettaglio minore (fonte Istat)
- dati sull'uso del territorio nell'area intorno all'installazione in esame

In definitiva, la vulnerabilità territoriale rispetto alla presenza di popolazione verrà rappresentata attraverso una mappa GIS dell'area di studio, in cui saranno identificati i confini delle località abitate e identificata, mediante l'utilizzo di diverse sfumature di colore, la rispettiva densità di popolazione; nella stessa mappa potranno essere rappresentati anche i vari centri di vulnerabilità con simboli di diversa forma, dimensioni e/o

colore in funzione della loro tipologia; infine, nell'eventualità in cui si intendesse tenere conto anche della popolazione in transito su strade e linee ferroviarie, esse potranno essere rappresentate mediante tratte di colore diverso in funzione della densità di popolazione espressa in persone/km.

È necessario definire l'estensione dell'area da analizzare circostante lo o gli stabilimenti interessati. Tale area viene in un primo tempo individuata, sulla base dell'esperienza, in una distanza di 7 km dal perimetro dello stabilimento o dal centro dello stabilimento. Questo significa, in media, un censimento su un'area di circa 150 kmq, il che presuppone un dispendio di lavoro e una mole di informazioni da gestire piuttosto notevoli. Inoltre se nello stabilimento interessato non sono presenti sostanze tossiche allo stato gassoso o in condizioni tali da dare evaporazione massiccia, il raggio di danno potenziale si riduce molto. Infatti le distanze di danno medie derivanti da incendi o esplosioni, anche considerando le soglie per danni lievi, non vanno molto oltre i 1000-1500 m. Pertanto è consigliabile, nel caso lo stabilimento NON contenga sostanze tossiche allo stato gassoso o che possono dare evaporazione rilevante, ridurre l'area da censire ad un raggio di 1 km dal perimetro dello stabilimento, ottenendo un'area di circa 7 kmq, che richiede una mole di informazioni decisamente minore. Riassumendo, in Tabella 2 si riportano le informazioni minime da reperire per l'analisi della vulnerabilità del territorio circostante un'installazione industriale potenzialmente oggetto di azioni esterne.

In pratica, i centri di vulnerabilità sono indicati puntualmente solo se:

- si trovano all'interno di una "zona di impatto" di uno stabilimento

E

- sono in zone a densità abitativa minore di 2000 ab/kmq

Ribadiamo quanto già detto in precedenza, ossia che questo criterio risulta vantaggioso soltanto nell'ambito in esame nel presente progetto, vale a dire considerando eventuali attacchi a installazioni industriali. Esso non è adeguato nel trattare il rischio di attentati a infrastrutture civili (quali stazioni, aeroporti e simili).

Tabella 2: riepilogo dei dati da reperire per l'analisi di vulnerabilità del territorio circostante un'installazione industriale

TIPO DI SOSTANZE PRESENTI NELL'INSTALLAZIONE	**AREA TERRITORIALE DA ANALIZZARE** (espressa come massima distanza dal perimetro dell'inviluppo, in km)	**INFORMAZIONI DA RACCOGLIERE**
SOSTANZE INFIAMMABILI	1	• georeferenziazione dello stabilimento • cartografia georeferenziata della densità abitativa dell'area intorno allo stabilimento per sezione di censimento (fonte ISTAT) oppure dati sulla densità abitativa di dettaglio minore (fonte ISTAT) • collocazione degli elementi vulnerabili nelle zone a non alta densità abitativa
SOSTANZE TOSSICHE GASSOSE O VAPORIZZABILI	7	

In Figura 1 è riportato un esempio della rappresentazione cartografica ottenibile dai criteri finora esposti.

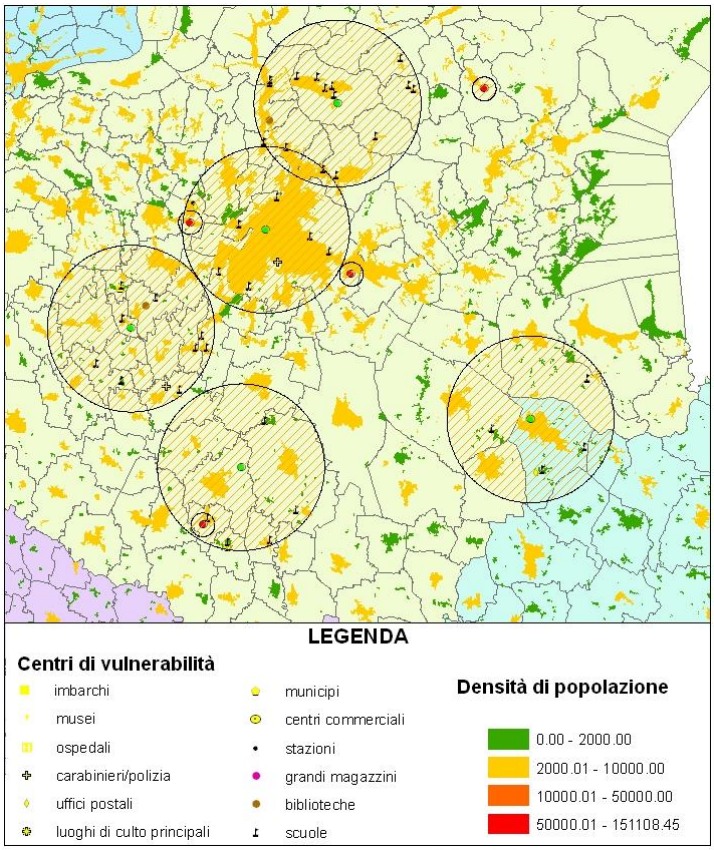


Figura 1: esempio di rappresentazione cartografica in cui è possibile individuare le aree di impatto degli stabilimenti e le diverse tipologie di zone abitative e centri puntuali di vulnerabilità.

A fronte delle rappresentazioni cartografiche precedentemente mostrate, si è cercato di riunire i criteri di "attractiveness" (cioè la probabilità che un certo stabilimento sia oggetto di un attacco) prima illustrati, vale a dire la pericolosità intrinseca degli stabilimenti e la vulnerabilità del territorio circostante (in termini di densità abitativa e centri puntuali). È stata pertanto sviluppata, e viene di seguito proposta, una procedura che, attraverso un'analisi relativamente semplice dei dati disponibili, arriva a definire il livello di "attractiveness" dello stabilimento in oggetto.

3.3 Valutazione della pericolosità intrinseca degli stabilimenti

Come esposto in precedenza, la pericolosità intrinseca dello stabilimento è legata al danno potenziale che esso è in grado di dare a seguito di attacco esterno. Una valutazione immediata e di facile applicazione può essere fatta basandosi sulle quantità di sostanze pericolose detenute, che devono essere dichiarate a norma di legge dagli stabilimenti che sono sottoposti all'art.8 del D. Lgs 238/05: ad ognuna delle tipologie di sostanze elencate nell'Allegato 1 di tale decreto è associata una soglia, al di sopra della quale lo stabilimento rientra nella normativa. È quindi piuttosto semplice "normalizzare" la quantità di sostanza con le suddette soglie al fine di ottenere quello che viene chiamato indice di sostanza:

$$I_i = \frac{q_i}{q^i_{S3}} \qquad (1)$$

dove q_i è la quantità della sostanza i detenuta nell'installazione, mentre q_{S3} è la quantità di soglia indicata dalla direttiva "Seveso III" (recepita in Italia dal D. Lgs. 238/05).

L'indice può essere ovviamente calcolato per ogni sostanza pericolosa detenuta. È conveniente sommare separatamente gli indici di tutte le sostanze infiammabili e di tutte le sostanze tossiche, per ragioni che

vedremo più avanti, in modo da ottenere due indici complessivi (uno per gli infiammabili e uno per i tossici) e infine un indice complessivo di stabilimento:

$$I_{stab} = \sum_i I_i^F + \sum_j I_j^T \quad (2)$$

I valori assunti dall'indice complessivo delle sostanze possono essere raggruppati in 6 classi, in funzione delle quali è stato definito un indice totale di pericolosità intrinseca dello stabilimento I_P che assume valori da 1 a 6 (decrescente per criticità crescente) secondo quanto riportato in Tabella 3.

Tabella 3: Classi di pericolosità basate sul valore dell'I_{stab}.

I_{stab}	I_P
< 10	6
11 ÷ 50	5
51 ÷ 150	4
151 ÷ 300	3
301 ÷ 650	2
> 650	1

3.4 Valutazione della vulnerabilità territoriale

È stato poi elaborato un indice complessivo di vulnerabilità territoriale I_{VT}, che tiene conto sia della popolazione residente, sia dei centri di vulnerabilità propri delle aree di danno definite per ciascun stabilimento individuato.

Per la popolazione residente si fa riferimento al conteggio numerico (valutato mediante un'apposita estensione GIS) e non alla densità abitativa: aree di danno caratterizzate dalla medesima densità abitativa hanno infatti un'incidenza differente proporzionalmente alla superficie delle aree stesse ovvero al numero totale di popolazione interessata.

Si definisce un indice di popolazione residente I_{Res} (decrescente per criticità crescente), che rappresenti tutta la popolazione residente sensibile al dato evento incidentale: tale indice assume valori da 1 a 4 rispettivamente ad indicare una situazione di massima e minima criticità in funzione del numero di popolazione residente presente nell'area d'influenza, secondo quanto riportato in Tabella 4.

Tabella 4: Definizione dell'indice di popolazione residente I_{res}

Popolazione (ab)	I_{Res}
< 1'000	4
1'000 ÷ 10'000	3
10'000 ÷ 500'000	2
> 500'000	1

Si definisce inoltre un indice relativo ai centri di vulnerabilità I_{CV} (decrescente per criticità crescente), che assume valori da 1 a 4 rispettivamente ad indicare una situazione di massima e minima criticità in funzione del numero di tali centri di vulnerabilità presenti nell'area d'influenza, secondo quanto riportato in Tabella 5.

Tabella 5: Definizione dell'indice relativo ai centri di vulnerabilità I_{CV}

Centri di Vulnerabilità (n°)	I_{CV}
< 2	4
2 ÷ 10	3
11 ÷ 50	2
> 50	1

La "ratio" che è dietro al calcolo della vulnerabilità territoriale, come si è detto, è, essenzialmente, quella di non tenere conto dei centri di vulnerabilità laddove, nell'area di studio intorno allo stabilimento, vi siano località densamente abitate e di tenerne conto, viceversa, in caso contrario.

Si possono però verificare delle situazioni in cui:

a) all'interno dell'area di studio ricade solo una porzione molto marginale del territorio di una località densamente abitata (> 2000 ab/kmq). In questo caso il numero totale di persone a rischio può essere molto modesto

b) all'interno dell'area di studio non ricadono porzioni di località con densità di popolazione maggiore di 2000 ab/kmq, ma l'intera area di impatto ricade nel territorio di una località con densità non molto inferiore a questo valore. In questo caso, anche nell'area di un cerchio di 1 km di raggio il numero totale di persone può superare le 5000.

È evidente che nel caso a) conteggiare anche i centri di vulnerabilità fornirebbe una valutazione più realistica della effettiva vulnerabilità territoriale, mentre, nel caso b) potrebbe essere superfluo.

L'indice complessivo di vulnerabilità territoriale è stato definito, dopo una discussione con esperti dell'ambito [6] ponendolo pari al minore degli indici parziali (cioè a quello che rappresenta una situazione maggiormente critica):

$$I_{VT} = \min\{I_{CV}, I_{RES}\} \tag{3}$$

e varia dunque da 1 a 4, con criticità decrescente.

3.5 Valutazione della attractiveness

Una volta valutate separatamente la pericolosità intrinseca dello stabilimento e la vulnerabilità del territorio circostante, è possibile dare una stima della attractiveness mediante un apposito indice, detto indice di attractiveness, così calcolato:

$$I_A = I_{VT} + I_P \tag{4}$$

Ai valori dell'indice è conveniente, per dare una valutazione immediata del livello di attractiveness, associare dei gradi di criticità espressi mediante aggettivi, così come riportato in Tabella 6.

Tabella 6: scala di attractiveness basata sui valori di I_A

VALORE DELL'INDICE I_A	LIVELLO DI "ATTRACTIVENESS"
2 ÷3	**ALTO**
4 ÷7	**MEDIO**
8 ÷ 10	**BASSO**

4.0 ESEMPIO DI APPLICAZIONE DELLA PROCEDURA

Per mostrare l'applicazione del metodo e i suoi risultati, è stata scelta un'area di studio comprendente alcuni stabilimenti. In Figura x è mostrata l'area di studio con la collocazione degli stabilimenti, mentre in Tabella xx sono riportate le caratteristiche degli stabilimenti con il relativo indice di pericolosità intrinseca.

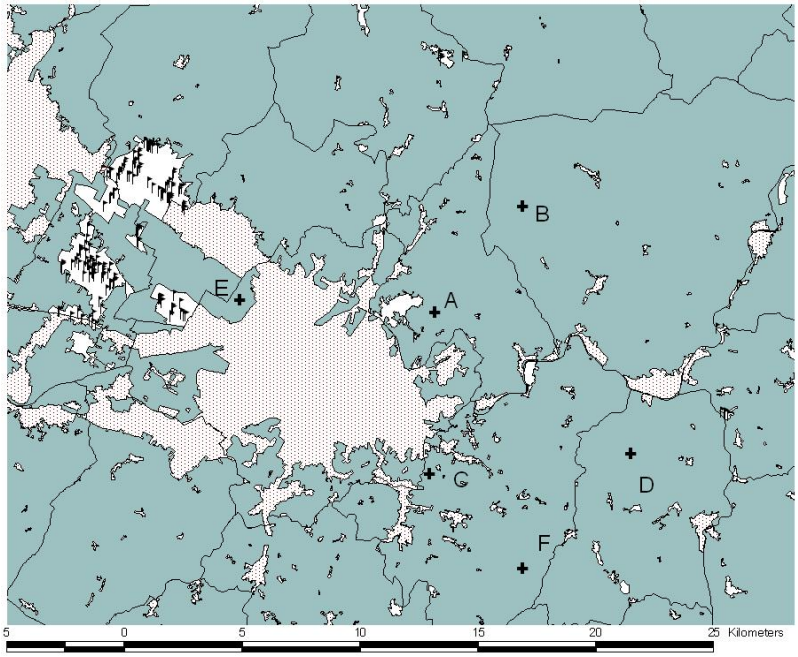


Figura 2: collocazione degli stabilimenti oggetto di studio. Le crocette indicano gli stabilimenti in esame, le bandierine indicano i centri di vulnerabilità puntuali, mentre le aree bianche e tratteggiate indicano zone a diversa densità abitativa.

Tabella 7: caratterizzazione degli stabilimenti oggetto dello studio

DENOMINAZIONE	**RAGGIO STIMATO DELL'AREA DI IMPATTO (m)**	$\sum I^F$	$\sum I^T$	I_{stab}	I_P
Stabilimento A	7000	640	50	690	1
Stabilimento B	7000	599	60	659	1
Stabilimento C	1000	0	50	50	5
Stabilimento D	1000	0	30	30	5
Stabilimento E	7000	30	0	30	5
Stabilimento F	1000	27	0	27	5

A questo punto è possibile valutare la vulnerabilità territoriale nelle rispettive aree di impatto. In Figura 3 è riportata la situazione di tali aree, mentre in Tabella 8 sono riportati gli indici I_{CV} e I_{RES} e il conseguente valore di I_{VT}.

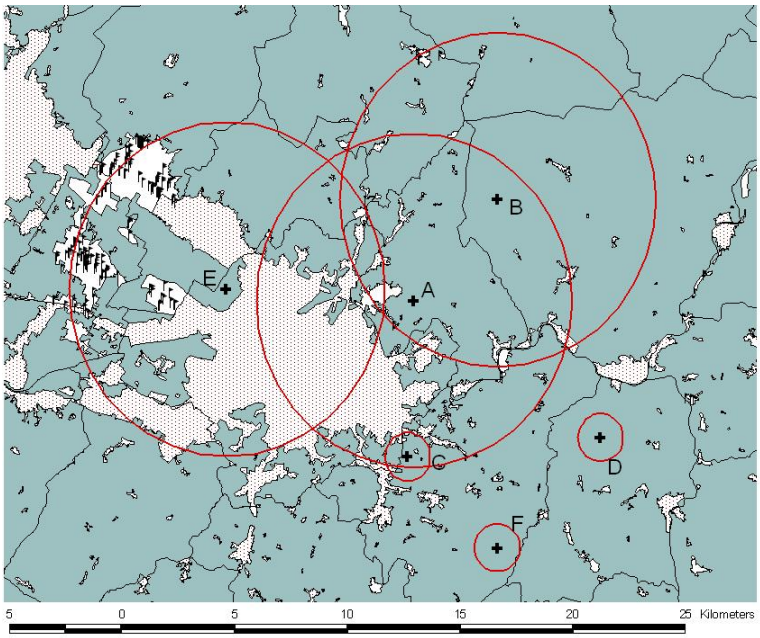


Figura 3: aree di impatto degli stabilimenti in esame.

Tabella 8: Vulnerabilità territoriale degli stabilimenti in esame.

IMPIANTO	**NUMERO DI ABITANTI**	**NUMERO DI CENTRI DI VULNERABILITÀ**	**I_{Res}**	**I_{CV}**	**I_{VT}**
A	225832	4	2	3	2
B	23916	12	2	2	2
C	1640	0	3	4	3
D	0	0	4	4	4
E	386538	210	2	1	1
F	0	0	4	4	4

È a questo punto possibile valutare I_A, i cui valori (e i rispettivi livelli di attractiveness) sono riportati in Tabella 9.

Tabella 9: Livelli di attractiveness degli stabilimenti in esame

STABILIMENTO	**I_P**	**I_{VT}**	**I_A**	**LIVELLO DI ATTRACTIVENESS**
A	1	2	3	**ALTO**
B	1	2	3	**ALTO**
C	5	3	8	**BASSO**
D	5	4	9	**BASSO**
E	5	1	6	**MEDIO**

STABILIMENTO	I_P	I_{VT}	I_A	LIVELLO DI ATTRACTIVENESS
F	5	4	9	**BASSO**

5. CONCLUSIONI

Il presente lavoro è frutto di una collaborazione tra CONPRICI e Dipartimento della Protezione Civile nell'ambito di una convenzione triennale che ha come oggetto, tra gli altri, un progetto riguardante criteri per la valutazione del rischio di attacchi esterni nei confronti di impianti industriali.

Sono state effettuate valutazioni che, prescindendo da aspetti politici e socio-economici (non pertinenti alle competenze utilizzate), permettono di elaborare dei criteri guida per uno screening delle installazioni di un territorio (nel caso del presente progetto il territorio italiano) in relazione al rischio di attacchi esterni. Questi criteri comprendono una stima preliminare, che può essere approfondita a seconda delle esigenze, delle aree di impatto di eventuali incidenti.

Il livello di rischio di attacchi esterni, o come è stato chiamato in questo ed altri lavori la "attractiveness" dello stabilimento, è considerabile quindi come funzione sia della pericolosità intrinseca dello stabilimento (che per gli scopi del presente lavoro è stata legata alla quantità di sostanze pericolose detenute) che della vulnerabilità territoriale.

La procedura così elaborata è stata applicata ad un caso studio, che ha permesso di mostrare il metodo di esecuzione e i risultati ottenibili che, come prevede il progetto in corso, sono rappresentabili anche mediante layers informativi GIS.

RIFERIMENTI

[1] American Petroleum Institute, National Petrochemical & Refinery Association. Security Vulnerability Assessment Methodology for the Petroleum and Petrochemical Industries, 2003

[2] Stör-fall Kommission (SFK), Report of the German Hazardous Incident Commission, SFK – GS – 38

[3] Uth H.-S.. Combating interference by unauthorised persons. Journal of Loss Prevention in the process industries, , 2005, 18:293–300

[4] Decreto Legislativo 21 settembre 2005, n. 238, "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" pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 271 del 21 novembre 2005 - Supplemento Ordinario n. 189

[5] Decreto Ministeriale 9 maggio 2001 "Requisiti minimi di sicurezza in materia di pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante" pubblicato in Gazzetta Ufficiale n. 168 del 16 giugno 2001.

[6] B. Mazzarotta, G. Spadoni, comunicazioni personali, 2008.