

ANALISI DEL RISCHIO NEI TRASPORTI DI SOSTANZE PERICOLOSE NELL'AREA DELLO STRETTO DI MESSINA

Giuseppe Maschio *, Roberto Lisi, Renato Providenti
Dipartimento di Chimica Industriale ed Ingegneria dei Materiali – Università di Messina
Salita Sperone, 31 98166 Messina
Gigliola Spadoni
Dipartimento di Ingegneria Chimica, Mineraria e delle Tecnologie Ambientali – Università di Bologna
Viale Risorgimento, 2 Bologna
Adriana Cogode
Prefettura di Messina, Ufficio di Protezione Civile
Piazza Garibaldi 98121 Messina

* Autore al quale deve essere inviata la corrispondenza : tel. 0906765605, fax. 090391518 e-mail : giuseppe.maschiog@unime.it

Sommario

L'obiettivo del lavoro è la valutazione del rischio di incidente rilevante in un'area urbana soggetta ad una intensa movimentazione di merci pericolose e la formulazione di una metodologia di analisi i cui risultati possano essere utilizzati nella pianificazione territoriale e nella gestione delle emergenze. L'area di studio è quella del centro urbano della città di Messina. La metodologia utilizzata segue gli stadi tipici dell'analisi del rischio: 1) descrizione del sistema, 2) formulazione delle ipotesi incidentali, 3) valutazione delle conseguenze e delle frequenze attese, 4) calcolo del rischio individuale e sociale. Per il calcolo del rischio è stato effettuato con il codice TRAT sviluppato dall'Università di Bologna. I risultati ottenuti sono stati confrontati con i criteri di accettabilità del rischio inglese e olandese. La curva del rischio sociale, pur essendo sottostimata perché riferita al solo trasporto di combustibili liquidi e GPL, ricadono in zona ALARP per il primo criterio ed in zona di inaccettabilità per il secondo. Sulla base dei risultati ottenuti è stato possibile formulare delle proposte la prevenzione e mitigazione del rischio, e la gestione delle emergenze.

Introduzione

Il concetto moderno di protezione civile si articola su tre attività principali: previsione e prevenzione delle varie fonti del rischio, naturale o antropico, che insistono sull'area d'interesse e soccorso delle popolazioni colpite dagli eventi.

La previsione consiste in tutte quelle attività dirette alla identificazione ed allo studio dei rischi ed all'individuazione delle aree del territorio soggette ai rischi stessi, siano essi di origine naturale o antropica.

La previsione dei rischi è, quindi, alla base delle attività di prevenzione ed alla predisposizione dei piani d'emergenza per la gestione dei soccorsi seguenti ad un evento incidentale.

Nell'ambito del rischio industriale la tendenza attuale è quella di affrontarne l'analisi sul territorio di riferimento in maniera globale; con il termine di rischio d'area infatti si intende la ricomposizione su base territoriale dei diversi scenari incidentali presenti nell'area di studio [1][2][3]. Tale tipo di analisi, quindi, può essere un valido supporto nella pianificazione e gestione dei problemi concernenti la sicurezza del territorio.

In Italia, uno dei più importanti studi d'area degli ultimi anni è stato il Progetto ARIPAR sviluppato dalla Regione Emilia Romagna con la collaborazione dell'Università di Bologna sull'area industriale e urbana di Ravenna[4]. La metodologia ARIPAR e l'omonimo software costruito ed utilizzato per svilupparla [5][6] sono stati recentemente utilizzati per lo studio del rischio d'area in altri siti industriali (Livorno, Piombino) e metodologie analoghe sono state applicate anche per lo studio del rischio portuale nel sito di Gela (Progetto POP Sicilia 90/94) [7].

I risultati di questi studi hanno permesso di constatare che l'incidenza sul rischio globale di quello relativo ai soli trasporti può essere rilevante. Infatti, i serbatoi dei mezzi utilizzati per la movimentazione di sostanze pericolose, pur se di dimensioni notevolmente ridotte rispetto a quelli adibiti allo stoccaggio in depositi o impianti fissi, si muovono lungo percorsi non controllati, quali autostrade, strade statali, provinciali e comunali a densità di traffico variabile, che lambiscono o attraversano centri abitati che spesso si sono sviluppati attorno al stazioni, porti e importanti arterie di collegamento. Queste traiettorie dense di centri di vulnerabilità comportano la possibilità di coinvolgimento della popolazione in essi presente nell'eventualità di accadimento di un incidente.

LA SITUAZIONE SICILIANA

La Regione Siciliana rappresenta una delle aree a più alta concentrazione di insediamenti ad elevato rischio di incidente rilevante esistenti in Italia.

Gli impianti fissi presenti nella regione sono capaci di trattare complessivamente circa 100 milioni di tonnellate di prodotti petroliferi e chimici per anno, anche se negli ultimi anni la produzione reale è diminuita considerevolmente rispetto a quella potenziale.

Le aree più critiche sono concentrate nel settore sud-orientale dell'isola e tra esse, nel tratto di costa che va da Siracusa ad Augusta è presente una delle più elevate concentrazioni di impianti chimici e di raffinazione esistenti in Europa. La presenza di piccole e medie imprese operanti nel settore chimico appare, invece, veramente limitata. Come conseguenza si ha una sovrapproduzione di prodotti petroliferi e chimici di base rispetto ai consumi regionali e elevati flussi di tali prodotti e di materie prime in ingresso ed in uscita dal territorio regionale.

La regione è inoltre attraversata dal gasdotto transmediterraneo proveniente dall'Algeria e da una rete di oleodotti e gasdotti che collegano i petrolchimici di Priolo, Gela e Ragusa.

Inoltre non va trascurato che l'area in questione è soggetta ad altre sorgenti di rischi potenziali come quello sismico, vulcanico ed idrogeologico. A tutto questo si accompagna lo stato di degrado nell'assetto del territorio e le notevoli carenze nelle infrastrutture e nella rete dei sistemi di trasporto stradale e ferroviario.

Sulla base dei risultati derivanti da una stima di dati relativi a studi effettuati sul territorio negli ultimi cinque anni [8] è possibile tracciare il quadro complessivo dei flussi di prodotti chimici e petroliferi in ingresso e in uscita dalla regione. Per quanto concerne gli ingressi, essi sono costituiti per la massima parte da greggio che viene trasportato via mare. I prodotti in uscita, compresi gli interscambi tra i poli produttivi, sono costituiti da prodotti petroliferi e prodotti chimici che vengono trasportati in maniera più diversificata. La distribuzione di massima di tali flussi, in funzione del sistema di trasporto utilizzato, è riportata nella figura seguente.

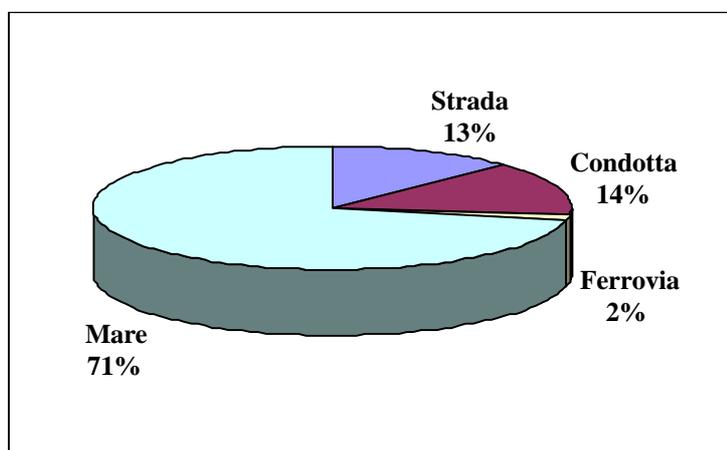


Figura 1. Distribuzione percentuale per tipologia di trasporto di sostanze pericolose nella regione Sicilia (valori stimati).

I prodotti petroliferi in uscita dagli stabilimenti sono trasportati prevalentemente via mare, mentre la movimentazione via terra è in buona parte rappresentata dai consumi interni regionali di carburanti, combustibili e da interscambio tra stabilimenti.

Per quanto riguarda i prodotti chimici che, avendo consumi interni molto limitati, sono per la quasi totalità inviati nel continente, si osserva una situazione più differenziata con consistenti percentuali di prodotti trasportati per strada e ferrovia.

La situazione delineata evidenzia come nella Regione Siciliana (Figura 2) il rischio di incidenti coinvolgenti prodotti chimici interessi una parte di territorio regionale ben più vasta rispetto a quella occupata dagli impianti fissi.



Figura 2. Sicilia: principali poli industriali e direttrici di collegamento

IL CASO DI STUDIO: AREA URBANA DI MESSINA

Al fine di eseguire lo studio dei rischi basandosi su un caso reale è stata presa a riferimento l'area dello Stretto di Messina in quanto, come sopra descritto, pur non avendo insediamenti produttivi, si trova sulla direttrice principale di collegamento stradale e ferroviario di tutto il traffico di merci pericolose da e per la penisola.

Lo Stretto di Messina ed in particolare il comune capoluogo rappresenta un'area particolarmente critica soggetta al passaggio di ingenti flussi di sostanze chimiche e di prodotti petroliferi potenzialmente pericolosi. L'area è inoltre soggetta a rischi naturali, primo tra tutti quello sismico, ciò aggrava le condizioni di gestione delle emergenze in quanto eventi incidentali dovuti a rilasci di sostanze pericolose potrebbero derivare, quale effetto domino, dalle conseguenze di eventi naturali.

Il progetto di ricerca si è sviluppato secondo i seguenti stadi:

- Caratterizzazione del sito
- Censimento
- Calcolo del rischio
- Valutazione dell'accettabilità del rischio

Si è proceduto cioè attraverso i passi che tipicamente caratterizzano un'analisi quantitativa di rischio d'area in cui per valutare il rischio complessivo in termini di mappe del *rischio individuale* e grafici del *rischio sociale* è necessario definire gli scenari incidentali associati alle diverse sostanze trasportate ed eseguire la simulazioni delle conseguenze utilizzando opportuni codici di calcolo.

Il sito

La città di Messina è un centro abitato di circa 280.000 abitanti sviluppatosi intorno all'area portuale, ne consegue che i collegamenti tra gli svincoli autostradali e gli approdi attraversano aree densamente abitate ed ad alta attività lavorativa come indicato in Figura 3.

Le uscite autostradali per l'ingresso in città sono quattro (Bocchetta, Centro, Gazzi e Tremestieri) e gli approdi per l'imbarco e l'attraversamento dello Stretto sono due, quello delle FERROVIE DELLO STATO e quello delle due società private TOURIST e CARONTE. Lo svincolo principalmente usato è quello di Bocchetta in quanto, oltre ad essere il più breve, si trova in posizione centrale rispetto alle due zone di imbarco. Gli svincoli Centro, Gazzi e Tremestieri sono utilizzati prevalentemente dai mezzi pesanti che devono effettuare delle fermate prima dell'imbarco o da quelli che si dirigono nella zona sud della città.

Al notevole traffico di mezzi di trasporto pesanti che devono attraversare lo Stretto di Messina si aggiunge la presenza di un traffico automobilistico locale particolarmente intenso. I dati censiti per il 1997/98 hanno evidenziato i seguenti flussi lungo il collegamento Messina-Villa S.Giovanni/Reggio Calabria: circa 2.500.000 autovetture, 800.000 mezzi pesanti, tra questi non sono trascurabili i flussi relativi al trasporto di sostanze pericolose (22.314 vettori/anno).

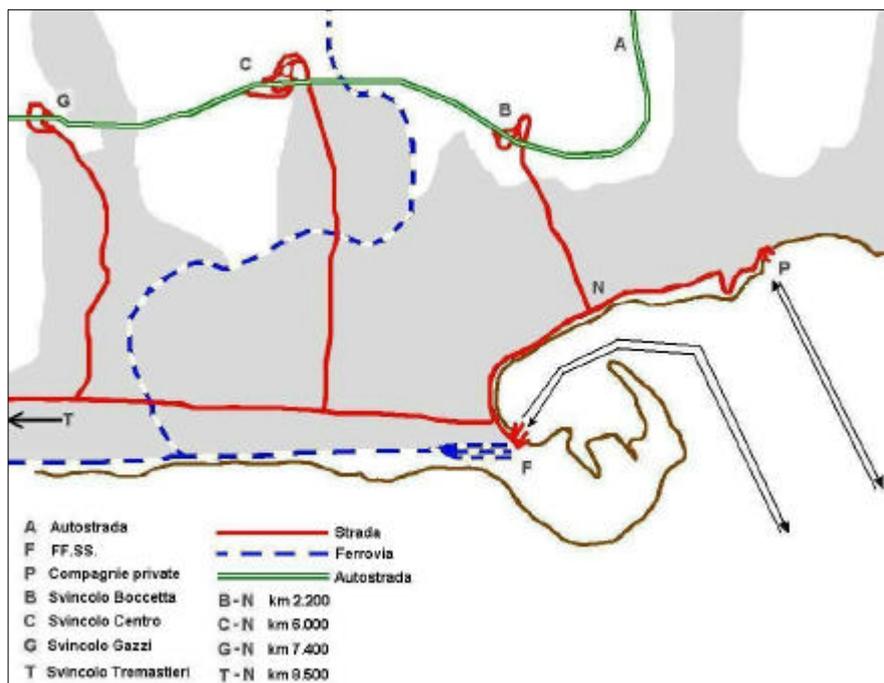


Figura 3. Messina: direttrici principali del trasporto su strada, autostrada e ferrovia

Il censimento

Durante la ricerca, è stato effettuato un censimento relativamente a:

- ✓ il traffico di sostanze pericolose che attraversano lo stretto di Messina via strada, ferrovia e mare;
- ✓ la popolazione residente nella fascia di 300 m da ambo i lati delle direttrici principali del trasporto stradale e i centri di vulnerabilità ivi presenti (scuole, istituti, uffici, musei, cinema, esercizi commerciali di notevole dimensione, chiese e distributori di benzina trattati come depositi);
- ✓ la topografia dell'area in esame, area città e porto;
- ✓ i dati meteo relativi al sito per le diverse stagioni.

La raccolta dei dati è stata eseguita attraverso collaborazioni con l'Ufficio di Protezione Civile della Prefettura di Messina, con la Capitaneria di Porto di Messina, con il Comando della Polizia Stradale, con la Provincia di Messina e con il Comune di Messina al fine di eseguire una raccolta mirata ed una analisi accurata dei dati che possano essere di utilità a chi è preposto, dalla normativa vigente, alla prevenzione dei rischi ed alla pianificazione e gestione delle emergenze.

In relazione al trasporto di merci pericolose i dati raccolti, riferiti al periodo 1997/98, hanno le seguenti fonti:

- Aziende Chimiche e petrolchimiche della regione (dati complessivi e tipologia di sostanze),
- Capitaneria di Porto di Messina (dati sia su strada che su ferrovia distinti per fascia oraria),
- Ferrovie dello Stato (dati sul trasporto su rotaia e intermodale),
- Società private di navigazione (dati sul trasporto stradale),
- Comune di Messina (dati sul traffico, distribuzione popolazione residente, centri di vulnerabilità),
- Prefettura di Messina (dati meteorologici).

I dati raccolti hanno permesso di individuare le principali sostanze trasportate e i valori dei relativi flussi su base annua. E' stato possibile individuare le sostanze che per caratteristiche chimico-fisiche e di pericolosità e per numero di vettori rappresentano le principali fonti di rischio potenziale.

I dati del censimento sono stati inseriti in un data base relazionale costruito in ambiente ACCESS che permette una rapida visualizzazione dei dati raggruppati per categorie d'interesse. Inoltre per ogni sostanza sono stati individuati gli scenari incidentali più probabili e le procedure per la gestione delle emergenze. Per la raccolta dei dati relativi al trasporto di sostanze pericolose da e per la Calabria effettuata in collaborazione con la Capitaneria di Porto è stato costruito un data base con una semplice scheda di immissione dati.

Quindi è stato possibile individuare con maggiore precisione le fasce orarie a maggior traffico di mezzi per i trasporti pericolosi su base mensile. Dall'analisi dei dati emerge il fatto preoccupante che le punte massime nella movimentazione delle merci pericolose si hanno nelle ore centrali della giornata con conseguente sovrapposizione con le ore critiche del traffico urbano.

Nonostante l'accuratezza nella fase di raccolta dei dati, è comunque fondata la convinzione che i dati censiti siano sensibilmente sotto stimati rispetto al caso reale in quanto alcuni trasporti, soprattutto nelle fasce orarie notturne, sfuggono al controllo effettuato.

Dall'analisi dei dati relativi ai trasporti di merci pericolose raccolti nella fase di censimento, sono state identificate circa 72 sostanze chimiche che attraversano lo Stretto.

Per quanto riguarda il trasporto stradale, complessivamente si hanno **22314** vettori/anno che attraversano la provincia di Messina, mentre il trasporto per ferrovia e intermodale è rappresentato complessivamente da **7212** vettori/anno che attraversano lo Stretto di Messina.

Per una più agevole esecuzione delle simulazioni successive degli eventi incidentali, si è ritenuto opportuno "accorpate" le sostanze censite in un numero minore di gruppi tenendo conto delle caratteristiche chimico-fisiche e del tipo (infiammabili, esplosivi, tossici) e grado di pericolosità. In tabella 1 sono evidenziati i principali gruppi di sostanze accorpate, mentre in tabella 2 i dati relativi ai trasporti su strada e ferrovia suddivisi per gruppi di accorpamento sostanze.

Tabella 1. Sostanze accorpate per caratteristiche chimico-fisiche.

SOSTANZE PRINCIPALI TRASPORTATE	ACCORPAMENTO
Acilonitrile	Acilonitrile, Metanolo, Acetonitrile
Acido cloridrico	Acido acetico, Acido cloridrico
Acido fluoridrico	Acido fluoridrico
Ammoniaca	Ammoniaca
Cloro	Cloro
Combustibili liquidi	Acetofenone, Benzina, Firemag 2900, Gasolio, Kerosene, Olio combustibile, Acetilene
GPL	Butano, Eptano, GPL, Propano
Ossido di etilene	Ossido di etilene, Percloro etilene, Ossido di propilene
Altro	Tutte le sostanze non presenti nelle righe di sopra

Tabella 2. Sostanze accorpate: flussi per anno (dati censiti)

SOSTANZA	TRASPORTO STRADA		TRASPORTO FERROVIA	
	vettori/anno	% sul totale	vettori/anno	% sul totale
ACRILONITRILE	103	0.5	272	3.8
ACIDO CLORIDRICO	771	3.5	22	0.3
ACIDO FLUORIDRICO	49	0.2	56	0.8
AMMONIACA	0	0.0	118	1.6
CLORO	5	0.0	620	8.6
COMBUSTIBILI LIQUIDI	11088	49.7	1224	17.0
GPL	3008	13.5	558	7.7
OSSIDO DI ETILENE	360	1.6	2398	33.3
ALTRO	6930	31.1	1944	27.0
TOTALE	22314	100	7212	100

IPOSTESI INCIDENTALI E SCENARI

Le cause iniziatrici

Gli scenari incidentali ipotizzabili hanno come radice comune il rilascio di prodotto. Le cause iniziatrici possono essere molteplici come risulta dall'esame della letteratura sull'argomento [9][10].

Da una prima analisi storica delle cause incidentali occorse sulle direttrici di trasporto studiate, dalle loro caratteristiche fisiche e dimensionali, dal tipo di traffico urbano su di esse insistente nell'area di studio e dalla tipologia dei mezzi di trasporto usati per le sostanze pericolose, le principali cause iniziatrici di possibili scenari incidentali sono risultate le seguenti:

- ribaltamento,
- collisione contro un ostacolo fisso,
- collisione contro un altro veicolo,

L'analisi storica locale eseguita per un periodo relativo agli ultimi 15-20 anni ha permesso di constatare che la perdita del controllo del mezzo dovuta a rottura dei freni o perdita di una ruota sono tra le più frequenti cause iniziatrici di incidenti coinvolgenti mezzi pesanti.

Una collisione o il ribaltamento dell'automezzo provocano il rilascio della sostanza contenuta nella cisterna. Lo scenario conseguente dipende dal tipo di sostanza coinvolta. Occorre distinguere tra infiammabile, gas liquefatto e sostanza tossica.

Nel caso di collisione l'eventuale squarcio provocato avrà dimensioni piccole e, dunque, ridotte saranno anche le quantità rilasciate. In particolare si possono individuare tre diverse categorie di rottura, classificate in base al diametro equivalente che si suppone abbia il foro:

- ✓ Rottura lieve, diametro equivalente 1/2" ÷ 1"
- ✓ Rottura media, diametro equivalente 2"
- ✓ Rottura catastrofica, rilascio dell'intero contenuto

In tabella 3 sono raccolte le ipotesi di scenari ipotizzati per tipologia di sostanza.

Tabella 3. Scenari a riferimento per il calcolo delle conseguenze nel trasporto stradale

Prodotto	Rilascio modesto	Rilascio catastrofico
ACRILONITRILE	Nube tossica (da pool fire)	Nube tossica (da pool fire)
ACIDO CLORIDRICO	Dispersione tossica	Dispersione tossica
ACIDO FLUORIDRICO	Nube tossica	Nube tossica
AMMONIACA	Nube tossica	Nube tossica
CLORO	Nube tossica	Nube tossica
COMBUSTIBILI LIQUIDI	Pool Fire, Flash Fire	Pool Fire, UVCE
GPL	Pool Fire, Jet Fire, Flash Fire, UVCE	Pool Fire, UVCE
OSSIDO DI ETILENE	Jet Fire, Nube tossica	Nube tossica

Sulla base delle ipotesi incidentali formulate, utilizzando codici di calcolo commerciali, è stato eseguito il calcolo delle conseguenze [11][12][13][14].

TRAT: DESCRIZIONE DEL CODICE

Al fine di valutare il rischio sociale ed individuale nelle aree in esame, è stato utilizzato il programma TRAT sviluppato dall'Università di Bologna[15][16].

Il software è un programma tuttora in fase di affinamento per migliorarne le potenzialità che permette il calcolo del rischio dovuto al trasporto di sostanze pericolose su strada. In esso le sorgenti di rischio, costituite dagli automezzi in movimento lungo determinate direttrici di trasporto, possono essere definite da uno o più tratti rettilinei coincidenti con le strade percorse. Rispetto agli stoccaggi degli impianti fissi, la caratteristica di mobilità dei mezzi per il trasporto di sostanze pericolose, fa sì che in fase di calcolo la definizione della sorgente di rischio debba essere necessariamente descritta da una retta o da una spezzata, che coincide con le direttrici di movimentazione principali nell'area di studio.

Il codice TRAT è caratterizzato da una notevole elasticità. Questo, infatti, non si basa su equazioni di vulnerabilità prestabilite ma le calcola di volta in volta in funzione dei dati inseriti. Tali equazioni trasformano in termini matematici, per il successivo calcolo del rischio, le informazioni derivanti dall'analisi delle conseguenze. Ciò permettono di mettere in relazione i valori di irraggiamento, sovrappressione o tossicità con la "vulnerabilità" degli individui esposti.

Analizzando schematicamente la struttura di TRAT, si descrivono brevemente i passi da effettuare per il suo utilizzo.

inserimento mappa di riferimento

punto di partenza è la definizione della mappa relativa al caso in esame, la scala e la griglia di riferimento sui cui nodi il codice eseguirà il calcolo del rischio.

inserimento direttrici di trasporto

si tracciano le linee di mezzera delle strade considerate le traiettorie principali di trasporto. Per ognuna devono essere definiti i dati di traffico veicolare (in veicoli/ora), la frequenza di incidenti, le sostanze trasportate con i dati di traffico per stagione (estate/inverno) e per fascia oraria giornaliera (giorno/notte).

inserimento dati popolazione e centri di vulnerabilità

la popolazione residente si immette per maglia definendo ogni volta la densità per km². Si definiscono, poi, i centri di vulnerabilità potendo scegliere tra quattro categorie (scuola, ospedale/caserma, luogo di lavoro, centro commerciale) e definendo, in essi, la presenza media di persone.

dati meteorologici

è possibile inserire in forma tabellare i dati meteorologici riferiti all'area in esame.

generazione equazioni di vulnerabilità:

occorre far sviluppare al programma le equazioni di vulnerabilità per le sostanze scelte. Tali equazioni sono generate in base ai dati precedentemente inseriti, quindi, come suddetto, sono sempre adattate al caso in analisi.

calcolo del rischio

il codice esegue i calcoli dando in output il rischio individuale, con curve isorischio sovrapposte alla mappa del sito, ed il rischio sociale, con curve F-N distinte per categorie sia on-road (gli automobilisti) che off-road (residenti, turisti,..) per i quali è possibile l'esposizione *indoor o outdoor* e totale. E' possibile distinguere i risultati per tratto di strada e per tipo di sostanza.

Una limitazione dell'attuale versione di TRAT è che si può considerare soltanto il trasporto simultaneo di quattro sostanze: GPL, benzina, cloro e ammoniaca.

Questa limitazione, alla luce dei dati raccolti sul trasporto di sostanze pericolose nella provincia di Messina, risulta essere notevolmente riduttiva. Tuttavia, effettuando una simulazione considerando le sole quattro sostanze, è possibile avere una prima valutazione del rischio dovuto alle sorgenti suddette. Un'altra limitazione consiste nell'impossibilità di utilizzare il codice per la valutazione del rischio nel trasporto ferroviario.

In collaborazione con l'Università di Bologna è in corso l'applicazione al territorio della nuova versione del codice (citare articolo al VGR2K di Leonelli, Maschio e Spadoni) che permette l'inserimento di altre sostanze di riferimento per eseguire una più completa analisi di rischio. Inoltre nella nuova versione il codice permetterà anche la valutazione del rischio connesso alla movimentazione di ferrocisterne.

ACCETTABILITÀ DEL RISCHIO

Scopo della QRA (Quantitative Risk Analysis) è l'individuazione di interventi atti a ridurre il rischio. Si rende allora necessario definire in modo opportuno e univoco dei criteri di accettabilità.

La normativa italiana, come accade in molti altri paesi della Unione Europea, non ha ancora stabilito alcun criterio quantitativo di accettabilità del rischio connesso alla presenza di installazioni fisse né nel caso del deposito e trasporto di sostanze pericolose.

Al fine di fornire criteri di rischio con i quali confrontare i valori ottenuti si deve ricorrere alle disposizioni legislative utilizzate in altri paesi europei per il rischio dovuto ad installazioni fisse. I criteri utilizzati nel presente lavoro, sono quelli fissati dai Paesi Bassi e dal Regno Unito.

Caratteristiche comuni ai due criteri sono, la definizione di tre campi di livello di rischio, sia esso rischio locale o sociale. In particolare si possono identificare:

⇒ un campo di **inaccettabilità assoluta**.

In questo caso qualunque siano i benefici economici o sociali il rischio non è accettabile. E' richiesta la modifica o la cessazione di tutte o di alcune delle attività esistenti in modo da ridurre il rischio stesso;

⇒ un campo **intermedio**.

Se il rischio calcolato ricade in questa zona si applica il criterio ALARP, cioè del rischio più basso ragionevolmente possibile (*As Low As Reasonably Practicable*). Occorre intraprendere tutte le misure atte all'abbattimento del rischio verificando, quindi, che il rischio calcolato è tollerabile tenendo conto dei benefici che comporta, oppure che una diminuzione del rischio comporterebbe costi troppo alti o, infine, che un abbassamento del livello di rischio non è ottenibile neppure con le migliori tecnologie disponibili.

⇒ un campo di **accettabilità**.

In questo caso non è richiesta alcuna modifica all'attività esistente;

I criteri di accettabilità del rischio inglesi

Rischio locale. Nel Regno Unito è stabilito un limite di 10^{-4} al disopra del quale il rischio è giudicato inaccettabile. Il valore di rischio accettabile è fissato a 10^{-6} . Tra i due valori si trova la zona ALARP. I criteri non sono vincolanti ma hanno valore di "forte raccomandazione".

Rischio sociale. Il rischio è riportato su diagrammi logaritmici. Il limite di inaccettabilità è fissato da una retta con pendenza (-1) passante per il punto: $N = 500$, $F = 2 \times 10^{-4}$. Il limite di accettabilità è fissato da una retta parallela alla precedente spostata verso il basso di tre ordini di grandezza.

I criteri di accettabilità del rischio olandesi

Rischio locale. Il caso è più articolato rispetto a quello inglese. Esiste la distinzione tra rischio dovuto alla presenza di un solo impianto e rischio legato alla presenza di più impianti. Nel caso ci sia un solo impianto i due valori sono: rischio non accettabile in corrispondenza del valore di 10^{-6} , rischio accettabile in corrispondenza di 10^{-8} . Quando invece le realtà presenti sono molteplici i due valori vengono alzati ed in particolare avremo rischio non accettabile per valori $\geq 10^{-5}$, rischio accettabile fino a valori pari a 10^{-7} .

Rischio sociale. I criteri sono ancora una volta riportati su scala logaritmica. La retta rappresentante il limite di inaccettabilità ha pendenza (-2) e passa per il punto $N = 10$, $F = 10^{-5}$. Il limite inferiore è posto più in basso di due ordini di grandezza.

Si nota immediatamente come i criteri adottati nei due paesi siano tra loro molto diversi. In particolare i criteri adottati in Olanda sono molto più restrittivi rispetto a quelli scelti nel Regno Unito.

RISULTATI

Per l'analisi del rischio sociale ed individuale sono state eseguite alcune simulazioni utilizzando il codice TRAT, in particolare si è presa in esame la direttrice di trasporto su strada che porta dallo svincolo Bocchetta agli imbarchi privati (TOURIST e CARONTE) e a quelli delle FFSS. I mezzi che percorrono queste direttrici, entrando in città dallo svincolo di Bocchetta percorrono sino a mare l'omonima strada per poi dividersi su via Vittorio Emanuele, quelli diretti alle FFSS dove attendono in un'apposita area di sosta antistante la stazione marittima, e su via della Libertà quelli diretti agli imbarchi delle società private dove attendono in un'area antistante gli imbarchi. In entrambi i casi le aree di attesa sono condivise con i mezzi leggeri senza che siano previsti particolari misure di protezione durante la sosta.

La scelta dei percorsi su descritti è dovuta al fatto che si è osservato dai dati raccolti che l'uscita Bocchetta è la più utilizzata per il raggiungimento del porto per l'imbarco ed il traghetamento.

La raccolta dei dati sulla popolazione residente nella fascia compresa all'interno dei 300 metri da ambo i lati di queste direttrici e dei punti di vulnerabilità in essa presenti è stata compiuta dalla Polizia Municipale. Sono stati censiti circa 310 centri di vulnerabilità tra ospedali, uffici, scuole, centri commerciali, luoghi di intrattenimento e distributori di carburante individuati come depositi.

I dati di traffico veicolare orario nel caso in esame, secondo le fonti Comunali che hanno effettuato appositamente una ricerca statistica estesa in un periodo di un anno, sono in media:

- viale Bocchetta 1.200 veicoli/ora (Ovest-Est) 1.000 veicoli/ora (Est-Ovest)
- viale della Libertà 1.100 veicoli/ora (Nord-Sud) 1.200 veicoli/ora (Sud-Nord)
- via Vittorio Emanuele 300 veicoli/ora (Nord-Sud) 300 veicoli/ora (Sud-Nord)

Le sostanze considerate, tra le quattro possibili, sono GPL e benzina (combustibili liquidi), in quanto le altre due (cloro e ammoniaca) sono trasportate principalmente per ferrovia.

I valori medi di traffico relativamente al trasporto delle due sostanze scelte per la simulazione sono stati ricavati dal censimento (Tabella 2).

Nelle figure seguenti sono riportati i dati di intensità abitativa (Fig. 4) ed i centri di vulnerabilità inseriti nella fascia di trecento metri circa da ambo i lati delle direttrici principali di trasporto (Fig. 5). I centri di vulnerabilità sono luoghi in cui si ha una concentrazione di persone che varia da un minimo di 30 ad un massimo di 3000 unità.

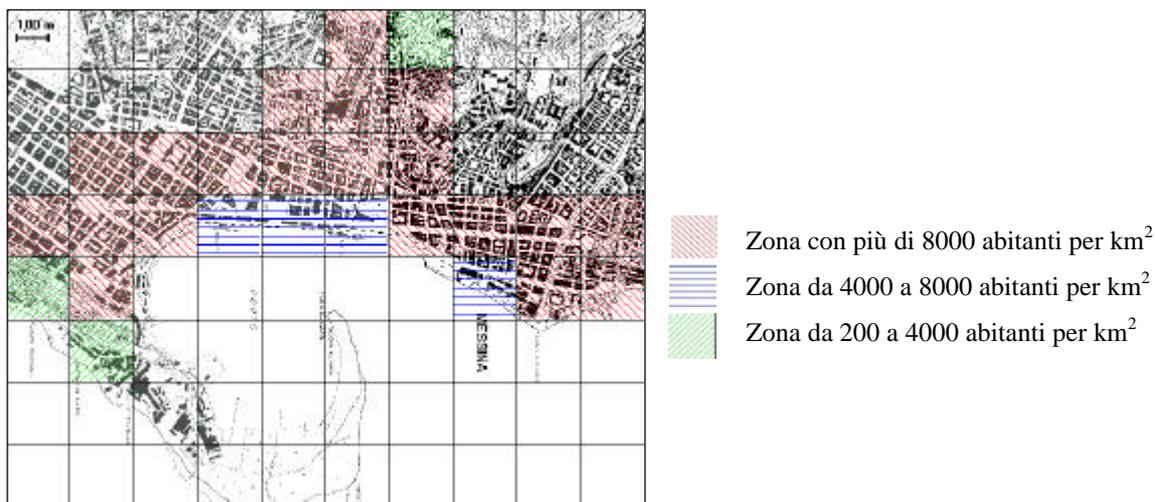


Figura 4. Simulazione TRAT: direttrici, popolazione residente.

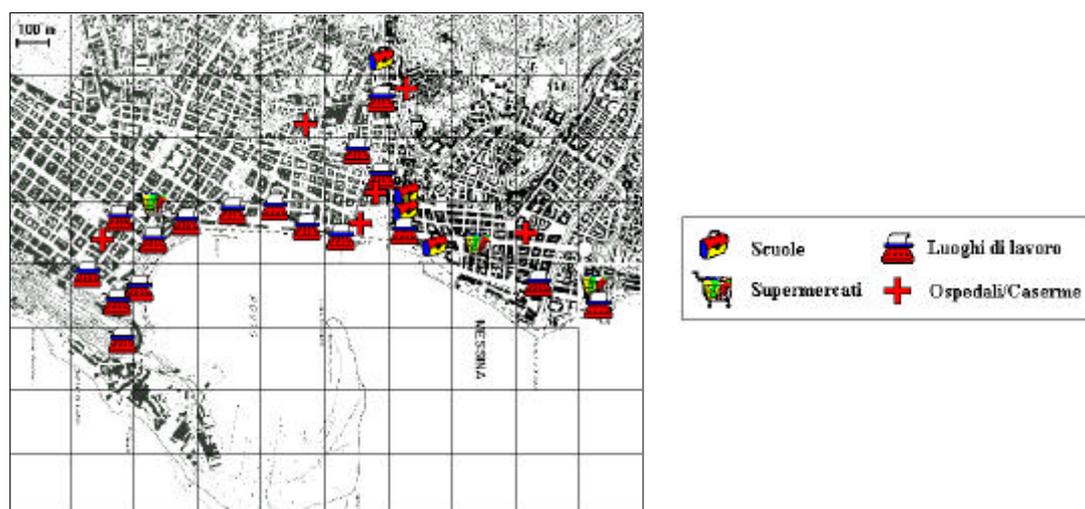


Figura 5. Simulazione TRAT: direttrici e centri di vulnerabilità.

Definiti i dati di ingresso per le simulazioni e i criteri di accettabilità, nel seguito si riportano i risultati in forma di curve isorischio (rischio individuale) e logaritmiche (rischio sociale).

Per quanto riguarda il rischio locale (Figura 6) si hanno i valori più alti tra 10^{-6} e 10^{-5} che, secondo i criteri di accettabilità scelti, ricadono nella zona ALARP (As Low As Reasonable Possible), cioè il rischio calcolato

richiederebbe interventi atti a ridurlo quanto più possibile permesso dalle attuali conoscenze tecniche e tecnologiche confrontate con parametri di natura economica e gestionale. Per il criterio olandese la zona ALARP risulta notevolmente più estesa.

In Figura 7, diviso per soggetti on-road ed off-road, esposti *outdoor* e *indoor*, e complessivo, sono riportate in forma logaritmica le curve del rischio sociale calcolato. Le linee di confine tra le zone di accettabilità, ALARP e di inaccettabilità dei valori di rischio secondo i criteri scelti evidenziano come si ricada completamente in zona ALARP per il quello inglese ed in zona di inaccettabilità per quello olandese, notoriamente più restrittivo.

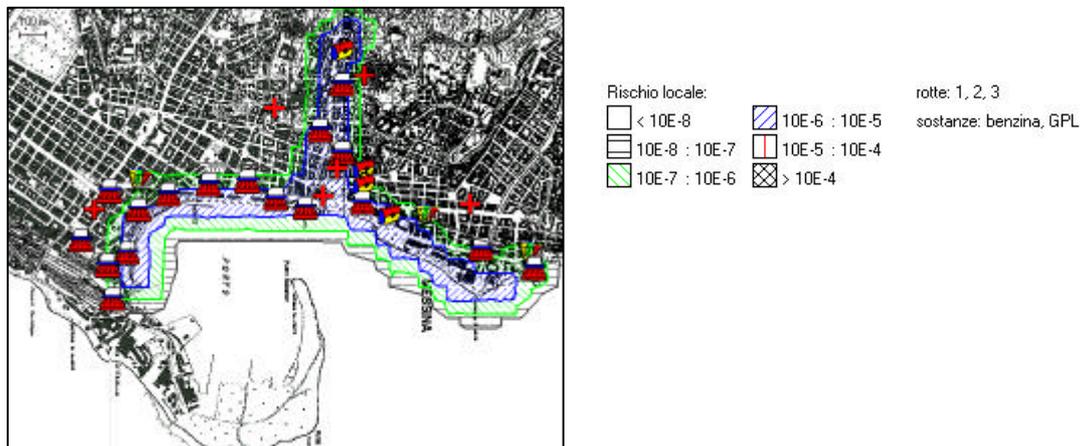


Figura 6. Rischio locale calcolato con TRAT.

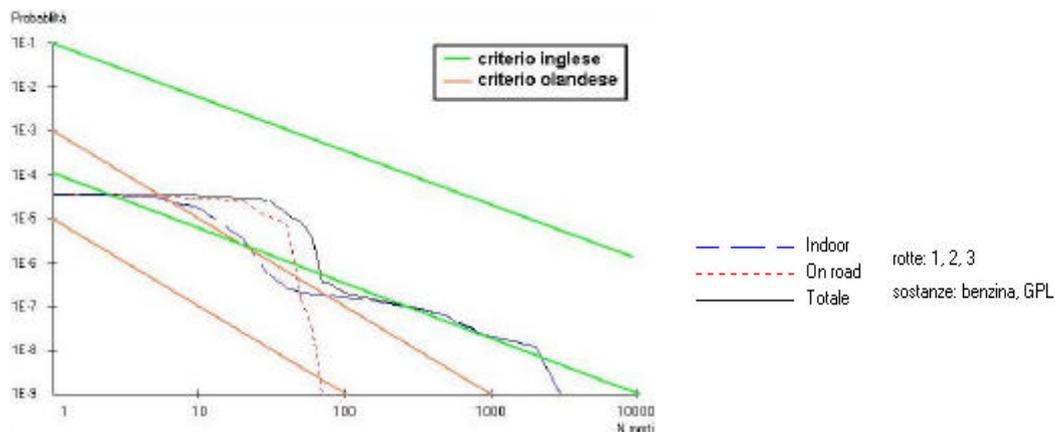


Figura 7. Rischio sociale calcolato con TRAT.

Il codice TRAT permette inoltre di separare il contributo al rischio complessivo per direttrice di calcolo e per tipologia di sostanza. Dall'esame dei risultati ottenuti si è evidenziato il diverso contributo al rischio sociale dovuto separatamente al trasporto di combustibili liquidi e GPL (Fig. 8). I valori più alti di frequenza attesa sono relativi agli eventi coinvolgenti combustibili liquidi a cui corrispondono valori di morti attese non superiore alle 100 unità in quanto gli scenari incidentali ipotizzati sono fondamentalmente *pool fire*, *jet fire* e *flash fire* quindi scenari a corto raggio d'azione che possono interessare prevalentemente la popolazione su strada. Diversamente le curve rappresentanti il contributo al rischio sociale del trasporto di GPL evidenziano come a frequenze attese più basse corrispondano numero di morti superiore fino a 3000 unità. Questo è dovuto alle conseguenze più a lungo raggio dovute agli scenari ipotizzati, cioè *UVCE* e *flash fire*.

Il rischio sociale distinto sulle tre direttrici, Bocchetta, Libertà e Vittorio Emanuele non è riportato in quanto le differenze risultano essere di poco conto.

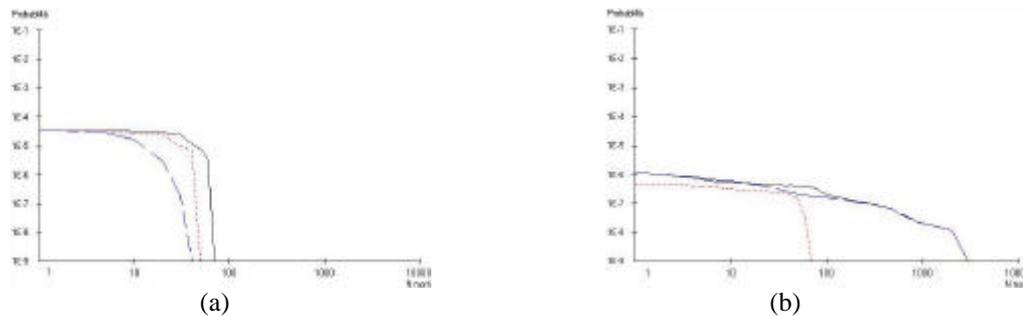


Figura 8. Curve F-N dovute al trasporto di LIQUIDI INFIAMMABILI (a) e di GPL (b) sulle traiettorie di riferimento

Le considerazioni fin qui fatte dimostrano come una estesa area del centro cittadino risulti soggetta ad un rischio da incidente rilevante non trascurabile, e secondo i criteri olandesi addirittura inaccettabile.

Occorre, inoltre, considerare che aggiungendo alla simulazione tutte le sostanze presenti nei flussi di traffico che attraversano la città di Messina i valori di rischio calcolati certamente sarebbero modificati in senso negativo. Inoltre va ricordato che a causa delle limitazioni del codice TRAT non è stato possibile valutare quantitativamente il rischio derivante dal trasporto ferroviario che, soprattutto per la zona di approdo FFSS, potrebbe interagire con quello stradale.

A titolo di esempio, atto a dimostrare come i risultati di un'analisi di rischio possono essere parametri fondamentali in fase di gestione e pianificazione territoriale, è stata eseguita una simulazione per ottenere gli indici del rischio lungo un tragitto alternativo che potrebbe essere realizzato in tempi relativamente brevi costruendo la così detta "via del mare" (in parte già esistente) che collega l'uscita di Tremestieri con l'area del porto naturale situata nella penisola di San Ranieri (Fig. 9)[17].

Il tragitto prevede l'uscita dei mezzi nello svincolo di Tremestieri, il proseguimento lungo la SS114, la discesa lungo il torrente Lardereria e la "via del mare" fino alla zona San Ranieri, dove gli approdi delle compagnie private e quelli delle FFSS potrebbero occupare sia la zona interna che quella esterna all'area falcata.

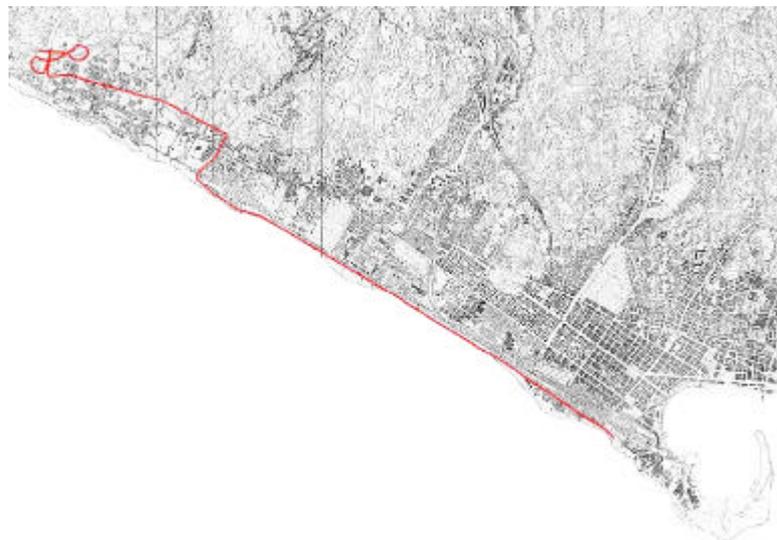


Figura 9. Traiettoria proposta: svincolo Tremestieri, SS114, torrente Lardereria, Via del Mare, San Ranieri.

I risultati della simulazione, eseguita riportando i dati di traffico insistenti sulle direttrici Bocchetta-Libertà e Bocchetta-San Ranieri, nella forma di rischio sociale, sono stati confrontati con quelli calcolati per il percorso alternativo proposto (Fig. 10).

La curva FN del rischio per una parte cade in parte ancora all'interno della zona di inaccettabilità per il criterio olandese, questo è sicuramente dovuto ai diversi centri di vulnerabilità che sono stati censiti lungo il tratto interessato della SS 114 e lungo la Via La Farina ed all'elevata densità abitativa della zona. Tale soluzione, comunque porterebbe ad una riduzione dello stesso rispetto all'uscita di Bocchetta.

Dal confronto con il criterio inglese abbiamo invece una curva F-N che si viene a trovare a cavallo della retta che delimita inferiormente la zona ALARP, questo significa sostanzialmente un rischio tollerabile.

In particolare dall'esame dei risultati di Fig. 10 si può osservare una sensibile riduzione del rischio di incidenti con conseguenze più gravi, imputabili alla movimentazione del GPL, infatti l'utilizzo del percorso alternativo ipotizzato farebbe rientrare questa parte della curva FN nella zona ALARP per il criterio olandese

La simulazione di massima del rischio lungo una direttrice che vada da Tremestrieri a San Ranieri dimostra pertanto come apportando modifiche al sistema dei trasporti si pervenga a sostanziali modificazioni a vantaggio della sicurezza.

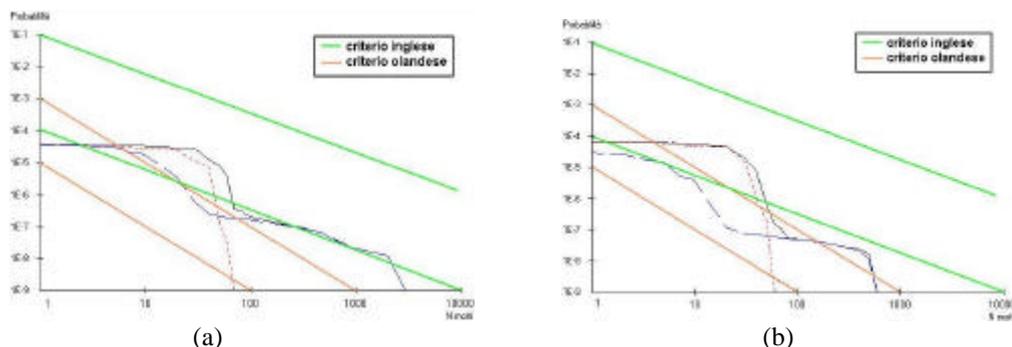


Figura 10. Rischio Sociale sulla direttrice Bocchetta-Libertà-S. Ranieri (a) e su quella Tremestrieri-S. Ranieri (b)

CONCLUSIONI E PROPOSTE

L'obiettivo del presente lavoro è lo sviluppo di una metodologia di approccio all'analisi del rischio connessa con il trasporto di sostanze pericolose attraverso i centri densamente abitati.

I dati raccolti e le simulazioni eseguite permettono, comunque, di fare delle prime considerazioni sulla situazione del trasporto di sostanze pericolose attraverso la città di Messina.

Si è constatato che:

- ✓ i flussi di tale tipo di trasporto non sono trascurabili se rapportati alla pericolosità dei prodotti trasportati;
- ✓ i mezzi in questione attraversano per convenienza (in termini di tempo) e per necessità (la posizione degli approdi rispetto all'autostrada) il centro abitato in aree densamente abitate e frequentate (scuole, uffici, centri commerciali, ecc.);
- ✓ le fasce orarie in cui maggiormente si misura la presenza di tali mezzi sono proprio quelle di punta per le normali attività di un centro abitato;
- ✓ non c'è una gestione del problema che prevenga la possibilità di incidenti che si considerano a probabilità di accadimento quasi trascurabile. Si trascura però il fatto che, anche se statisticamente rari, nel caso di accadimento potrebbero generare conseguenze notevolmente gravi o anche disastrose, tipiche di una categoria di incidente rilevante.

Sulla base dei risultati ottenuti è possibile suggerire delle proposte perché possano essere valutate da chi è preposto a livello locale alla prevenzione del rischio, alla pianificazione e gestione delle emergenze.

Un primo suggerimento è quello di limitare a determinate fasce orarie il passaggio attraverso il centro urbano dei mezzi trasportanti determinate sostanze pericolose. Questo comporta la predisposizione di un'area di sosta/attesa, opportunamente attrezzata, localizzata all'esterno del circuito cittadino.

Un secondo suggerimento è quello di gestire il traffico gommatato con gli stessi criteri con cui la Capitaneria di Porto gestisce quello marittimo: zona attesa, richiesta permesso accesso alla città, localizzazione del mezzo e della traiettoria percorsa. Una centrale operativa dedicata a tale servizio dovrebbe gestire i contatti e le autorizzazioni di accesso facendo uso delle comunicazioni via radio di cui tutti i mezzi di trasporto pesanti sono dotati. Il mezzo che accede in città, così, oltre a dare l'informazione della sua presenza dovrebbe anche ricevere le indicazioni relative al percorso da seguire. L'eventuale incidente troverebbe i soccorritori già informati del tipo di trasporto e delle condizioni del traffico. Per migliorare tale gestione sarebbe ovviamente opportuno stabilire delle fasce orarie e dei percorsi privilegiati. In questa ottica sarebbe opportuno poter utilizzare per il monitoraggio continuo del movimento dei mezzi sistemi di localizzazione basati su tecnologia satellitare GPS o analoga.

Un ultimo suggerimento è relativo agli approdi. Nella situazione attuale, se opportunamente gestita, il rischio incidentale connesso con i trasporti può essere notevolmente ridotto, ma la posizione dei moli di imbarco/sbarco per l'attraversamento dello Stretto risulta essere comunque penalizzante.

In questo periodo nella città di Messina è aperto un ampio dibattito riguardante la localizzazione dei nuovi approdi. Sono state proposte diverse soluzioni al problema e queste sono state analizzate attraverso l'uso di diversi criteri, ma in nessuno è stato preso in considerazione il fattore di rischio connesso con il trasporto di sostanze pericolose [17].

Tra le diverse soluzioni l'alternativa più corretta, alla luce delle considerazioni fatte precedentemente, è quella di localizzare tutti gli approdi nella zona che va da San Ranieri a Tremestrieri. L'ingresso in città del

trasporto di sostanze pericolose, così, potrebbe avvenire esclusivamente attraverso lo svincolo Tremestieri (più breve ed a pendenza zero diversamente dalle altre tre uscite).

Nel caso della localizzazione nella zona falcata di San Ranieri, gli approdi potrebbero essere raggiunti attraverso una nuova strada dedicata che costeggi la costa senza passare attraverso le vie cittadine ad alta densità di traffico, la così detta "*via del mare*". Tale soluzione, con l'utilizzazione del Molo Norimberga attualmente in disuso, metterebbe fra l'altro le compagnie private e le FFSS nelle stesse condizioni riportando a valori corretti la concorrenza tra i principali gestori dell'attraversamento dello Stretto. Inoltre permetterebbe di ridurre l'impatto del traffico pesante sulle vie cittadine.

Dal punto di vista dell'abbattimento del rischio la localizzazione più opportuna sarebbe quella di costruire il nuovo approdo nella zona di Tremestieri, nella quale esistono aree industriali dismesse da riqualificare. Ciò oltre che ridurre il rischio incidentale eliminerebbe la sovrapposizione del traffico di attraversamento dello Stretto con quello urbano. Fattori contrari a tale scelta sono le condizioni meteo marine più sfavorevoli che imporrebbero la realizzazione di opere portuali ad elevato impatto ambientale ed il sensibile allungamento dei tempi di traghettaggio che peraltro sarebbe compensato dalla riduzione dei tempi di attraversamento del centro urbano.

Un'alternativa radicale alle suddette proposte potrebbe essere costituita dall'utilizzo del percorso marittimo Milazzo - Gioia Tauro, qualora fossero create opportune strutture portuali nell'area industriale di Gianmoro. Infatti sarebbe assurdo trasferire il traffico dei mezzi pesanti e quindi delle merci pericolose nella zona portuale di Milazzo che andrebbe totalmente dedicata alla comunicazione passeggeri con l'arcipelago delle Isole Eolie ed al turismo da diporto. In tal caso il rischio incidentale, connesso con il trasporto di sostanze pericolose, sarebbe totalmente rimosso dall'area dello Stretto.

Ringraziamenti

Si ringrazia il Gruppo nazionale di ricerca per la difesa dai rischi chimico industriali ed ecologici per il finanziamento concesso.

Si ringraziano la Polizia Stradale, il Comune di Messina, la Capitaneria di Porto, i Vigili del Fuoco le Ferrovie dello stato e le Società di navigazione Tourist e Caronte per la collaborazione data.

Un particolare ringraziamento va alla Prefettura di Messina il cui supporto è stato essenziale per l'esecuzione della ricerca.

Bibliografia

- [1] Central Environmental Control Agency Rijnmond, *Risk Analysis of Six Potentially Industrial Objects in the Rijnmond Area, a Pilot Study – A Report to the Rijnmond Public Authority*, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland, 1982.
- [2] Health and Safety Executive, *Canvey: Summary of an investigation of potential hazards from operations in the Canvey Island/Thurrock Area*, HM Stationery Office, London, U.K, 1982.
- [3] Health and Safety Commission: *Major hazard aspects of the transport of dangerous substances*, HMSO, London, 1991.
- [4] D.Egidi, F.P.Foraboschi, G.Spadoni, A.Amendola, *The ARIPAR project: an analysis of the major accident risks connected with industrial and transportation activities in the Ravenna area*, Reliability Engineering and System Safety, 49, 75, 1995.
- [5] S. Contini, *Rischio d'area: metodologia e software ARIPAR*, Rapporto POP Sicilia D/N/17/02.1/sc, 1996
- [6] G. Spadoni, D. Egidi, S. Contini: "Through ARIPAR-GIS the quantified area risk analysis supports land-use planning activities". *J. Hazardous Materials* 71:423, 2000.
- [7] G. Maschio, POP Sicilia 1990-1994 Progetto D, *Relazione finale su Affidabilità e sicurezza nell'industria chimica*, 1994.
- [8] G. Maschio, Progetto ENVIREG, *Relazione finale su Analisi di rischio nel trasporto di sostanze pericolose nei siti di Augusta Priolo Melilli, Gela, Milazzo*, 1997.
- [9] Center for Chemical Process Safety, *Guidelines for chemical transportation risk analysis*, AIChE, New York, 1995.
- [10] Advisory Committee on Dangerous Substances, *Major Hazard Aspects of the Transport of Dangerous Substances*, HM Stationery Office, London, 1991.
- [11] Corpo Nazionale Vigili del Fuoco: *Sistema informatico per la gestione dell'emergenza: SIGEM-SIMMA*, 1997.
- [12] Manuale Tecnico del software CHEM-PLUS 2.0
- [13] Health and Safety Commission, *Major hazard aspects of the transport of dangerous substances*, HMSO, London, 1991.
- [14] Lees, F.P., *Loss Prevention in the process industries (II ed.)*, Butterworth-Heinemann, Oxford (UK), 1996.
- [15] G. Spadoni, R.Fiore, P. Verlicchi, P. Leonelli, *TRAT: a computer code for assessing risk from road transport of dangerous goods*, IcheaP-2, Florence 309-312, 1995.
- [16] G. Spadoni, P. Leonelli, P. Verlicchi, R. Fiore, *A numerical procedure for assessing risk from road transport dangerous substances*, *J. Loss Prev. Process Ind.*, 8, 245-252, 1995.
- [17] Documenti dell'Amministrazione di Messina, *Città & Territorio*, n. 2 marzo/aprile 1999.