

# TRASPORTO DI SOSTANZE PERICOLOSE IN AUTOSTRADA: VALUTAZIONI E PROPOSTE PER UNA MIGLIORE GESTIONE DEL RISCHIO

Francesca CATTANEO<sup>o</sup>, Andrea CARPIGNANO<sup>o</sup>, Mauro MONTRUCCHIO\*

<sup>o</sup> POLITECNICO di TORINO, Dipartimento di Energetica, C.so Duca degli Abruzzi 24, 10129 TORINO

\* ECOPLAN Spa, C.so Svizzera 185, 10100 TORINO

## SOMMARIO

L'attività che viene presentata nel lavoro è stata sviluppata nell'ambito di un progetto finanziato dal CNR - Gruppo Nazionale Difesa Rischi Chimici Industriali ed Ecologici, relativo alla *Valutazione e Prevenzione del rischio nel trasporto di sostanze tossico nocive*.

Il progetto intende proporre soluzioni operative per una gestione più adeguata del trasporto di sostanze pericolose sul territorio nazionale, tenendo in considerazione non solo gli aspetti economici e normativi, ma introducendo anche l'analisi del rischio quale strumento essenziale di decisione. Il gruppo di lavoro costituito dalla ECOPLAN SpA e dal Dipartimento di Energetica del Politecnico di Torino ha affrontato un aspetto particolare del trasporto su strada: la realtà autostradale.

In una prima fase della ricerca, essenzialmente metodologica, sono stati definiti gli aspetti peculiari dell'analisi di rischio; la seconda fase, di carattere applicativo, è stata orientata a supportare la progettazione di una Sala Operativa per la prevenzione e la gestione dell'emergenza.

## 1 INTRODUZIONE

Il trasporto di sostanze pericolose rappresenta da sempre un problema fondamentale per il contesto socio-economico ed ambientale in cui questo si realizza. Se si procede infatti ad un'attenta analisi storica degli incidenti avvenuti nel passato, si evince che la frequenza degli incidenti e l'entità dei danni associati non sia affatto trascurabile se comparata a quelle che caratterizzano gli impianti fissi a rischio di incidente rilevante [1]. A seguito di questa constatazione ci si attenderebbe un approccio alla gestione dei rischi derivanti dai trasporti, simile a quello adottato per le installazioni e quindi normative che, oltre a fornire prescrizioni, inducano ad analisi sistemiche volte a dimostrare l'accettabilità del rischio connesso a ciascuna attività, tenendo conto del contesto in cui l'attività si sviluppa: si pensi ad esempio alla Direttiva Seveso (96/82 CE) per gli impianti a rischio di incidente rilevante.

Questa evoluzione, per il settore dei trasporti, non è mai avvenuta: ci sono stati timidi approcci al problema inserendo gli interporti e gli scali ferroviari tra le installazioni assoggettati alla Direttiva Seveso, si è cercato di puntare su una più corretta gestione del problema sicurezza nell'ambito dei trasporti (Direttiva 96/35 CE), ma non si è mai arrivati a prevedere un'effettiva analisi del rischio per il trasporto. Le motivazioni in effetti sono comprensibili: da una parte il carattere trans-nazionale dell'attività di trasporto, dall'altra l'estrema variabilità del contesto in cui questo si realizza e della modalità di realizzazione e ancora il numero considerevole di trasporti effettuati giornalmente.

Alcuni approcci al problema, che hanno dimostrato l'applicabilità dell'analisi di rischi al contesto sono stati realizzati grazie agli studi di Rischio d'Area, si pensi in Italia al progetto ARIPAR [2] sull'area portuale di Ravenna o agli analoghi studi sviluppati per Livorno e per Trieste [3], casi però in cui l'analista era facilitato dalla possibilità di operare su un territorio piuttosto circoscritto.

Le difficoltà discusse fanno sì che la normativa vigente sia ancora di carattere fortemente prescrittivo e non induca i soggetti coinvolti nell'attività ad un'analisi "sistemica" del problema.

Il lavoro che viene qui presentato intende fare questo sforzo, in un particolare contesto, la rete autostradale. L'obiettivo è comprendere come anche l'analisi di rischio, insieme agli aspetti economico/sociali debba essere utilizzata quale strumento di progettazione e pianificazione al fine di realizzare e gestire vecchie e nuove arterie. Spesso infatti l'incidentalità stradale è ancora vista ai soli fini del danno provocato ai mezzi, ai passeggeri e al nastro di asfalto: operando con sostanze pericolose è necessario allargare il panorama dal nastro di asfalto al territorio circostante, alla popolazione residente in prossimità delle arterie, nonché alle caratteristiche ambientali del territorio.

In particolare, la ricerca sviluppata intende approfondire le problematiche oggi connesse al trasporto stradale in autostrada ed individuare, tramite l'analisi di rischio, le misure progettuali e gestionali che meglio potrebbero controllare il problema del transito delle merci pericolose. La scelta del solo ambito autostradale consente di impostare lo studio, almeno inizialmente, circoscrivendo parzialmente il problema ed operando così in un contesto più "controllabile": il sistema autostradale è infatti dotato di un numero limitato di ingressi e uscite, solitamente caratterizzati da barriere dotate di casello di pedaggio, e presenta inoltre un

sistema di gestione più specifica e procedurata.

L'attività che verrà presentata nel lavoro è stata sviluppata nell'ambito di un progetto finanziato dal CNR - Gruppo Nazionale Difesa Rischi Chimici Industriali ed Ecologici, relativo alla *Valutazione e Prevenzione del rischio nel trasporto di sostanze tossico nocive*. L'Unità Operativa che ha condotto lo studio è costituita dalla ECOPLAN SpA e dal Dipartimento di Energetica del Politecnico di Torino.

## **2 L'ARTICOLAZIONE DELLA RICERCA**

Con riferimento agli obiettivi della ricerca sopra esposti, si è ritenuto necessario analizzare la documentazione sulla normativa vigente in materia e procedere ad una caratterizzazione particolareggiata e realistica del sistema comprendendo nella ricerca i soggetti potenzialmente più coinvolti. A questo proposito sono stati contattati un ente gestore autostradale, una società di autotrasportatori specializzata, ed una società di certificazione del settore trasporti. Particolare attenzione è stata rivolta alle modalità di gestione dell'attività e alle procedure utilizzate per gli interventi in caso di emergenza, in modo da evidenziare già in questa prima fase di indagine i parametri ritenuti di maggior interesse o che risultano essere trascurati.

La ricerca con la consulenza di esperti del settore ha permesso inoltre di identificare le relazioni tra i diversi soggetti, le responsabilità, le competenze e le aspettative che possono fornire utili indicazioni per la definizione di uno strumento di gestione complessiva (Sala Operativa).

Contemporaneamente è stata approfondita l'analisi di rischio per la generica tratta autostradale destinata a identificare i pericoli specifici che possono essere eventi iniziatori di incidente: l'analisi è stata condotta adattando i metodi tipici dell'analisi del rischio tecnologico alla realtà autostradale e facendo riferimento alla bibliografia disponibile. L'Unità Operativa si è concentrata sulle tecniche di analisi di rischio che permettono di evidenziare i fattori tecnici, operativi ed ambientali che più pesantemente incidono sulle frequenze di accadimento degli incidenti e sull'entità delle relative conseguenze. A partire dai fattori di rischio si è voluto individuare le variabili esogene da considerare per definire e implementare gli strumenti di supporto alla gestione del traffico per una sala operativa in ambito autostradale. Gli stessi fattori di rischio evidenziati sono stati integrati e coordinati con altre informazioni di rilievo quali gli aspetti di gestione e manutenzione dell'arteria, le condizioni meteorologiche, gli aspetti territoriali. In particolare sono state evidenziate tutte le informazioni che dovranno pervenire alla sala di controllo (o essere diramate) attraverso modalità differenti.

Lo studio condotto, in relazione anche alle precedenti esperienze dell'Unità Operativa, ha così permesso di pervenire alla definizione dell'approccio metodologico da applicarsi nella progettazione di una Sala Operativa "Pilota" che si articola in tre linee di intervento distinte:

- analisi del dominio di dati e informazioni (dati traffico, dati territorio, dati statistici, informazioni sulle sostanze)
- analisi della modellistica (per il trattamento di dati e informazioni)
- analisi delle procedure di supporto alla gestione (linee guida per l'intervento sia di prevenzione sia di mitigazione)

In vista dello studio di fattibilità della sala operativa pilota si è avviata una collaborazione con la SATAP S.p.A., Società concessionaria dell'autostrada A21 Torino - Piacenza.

Partendo dal caso reale e dalle risultanze degli studi delle altre Unità Operative, sono stati evidenziati i requisiti e le funzioni indispensabili che un centro di controllo deve possedere al fine di trattare in modo più completo non solo l'incidentalità ordinaria ma anche l'incidentalità che coinvolga trasporti pericolosi.

Le informazioni, in base alla loro provenienza ed al loro contenuto informativo sono state selezionate e classificate, quindi predisposte per il monitoraggio, l'elaborazione o l'archiviazione in opportune banche dati al fine di realizzare gli strumenti di cui fornire una Sala Operativa in grado di garantire un ruolo di prevenzione, nonché un supporto per la gestione delle emergenze.

Dalla ricomposizione di tutti gli elementi evidenziati (individuazione delle tecniche e strumenti necessari, consultazione con la società concessionaria contattata e con gli altri enti coinvolti) è stato possibile pervenire ad un quadro metodologico generale che prendesse in considerazione non solo l'organizzazione delle informazioni, ma anche (sull'esperienza delle procedure già attivate nel sistema oggi operativo) l'insieme di relazioni e connessioni tra i diversi soggetti, evidenziando vincoli, priorità e tipologie di comunicazione tipiche delle condizioni di gestione ordinaria e di emergenza. A partire dallo stesso quadro sono stati definiti il piano di fattibilità per la Sala Operativa e le modalità di comunicazione e di intervento tra detta sala, il personale della Società Concessionaria, gli utenti dell'infrastruttura e le Autorità competenti.

L'impostazione concettuale del sistema informativo della sala è stata messa a confronto con la configurazione attuale della sala operativa SATAP che già oggi raccoglie informazioni di carattere meteorologico, territoriale e relative alla gestione e manutenzione dell'arteria.

Lo studio ha permesso successivamente la caratterizzazione specifica dei possibili componenti o apparati telematici che permetteranno di realizzare il progetto, in base a differenti collocazioni temporali,

considerando da una parte l'applicazione di semplici espedienti migliorativi realizzabili nel breve periodo e dall'altra l'introduzione di tecnologie evolute.

In tal senso lo studio individua possibili interventi con riferimento a diversi orizzonti temporali:

- 1- a breve termine, nel quale, a partire dalle sale di controllo esistenti presso le società concessionarie autostradali, si prefigura una loro ottimizzazione/riorganizzazione che contribuisca alla riduzione del rischio mediante interventi "leggeri" associati, anche in relazione ai ridotti orizzonti temporali, a investimenti economici proporzionalmente contenuti;
- 2- a lungo termine, nel quale riconsiderando le informazioni, i dati e le metodologie già esistenti e vengono proposti nuovi approcci per una più drastica riduzione del rischio.

### 3 IL RISCHIO NEI TRASPORTI SU STRADA

Il trasporto su gomma di merci pericolose è di fatto una realtà piuttosto sottovalutata sia in termini di entità che in termini di incidentalità: allo stato attuale infatti, anche se il 52% delle sostanze pericolose viaggia su strada [4], non esiste ancora un concreto monitoraggio quantitativo o qualitativo dell'attività (è un futuro progetto europeo), e soprattutto non esistono in questo settore valutazioni di rischio o analisi di sicurezza mirate così come sono invece richieste per le installazioni fisse.

Eppure i valori ricavati anche da semplici stime approssimate dimostrano quanto potrebbe essere importante tenere sotto controllo i parametri caratteristici di questa tipologia di trasporto, affiancando anche alla normale gestione dell'attività adeguate procedure di analisi di sicurezza.

Per un primo apprezzamento delle attività di trasporto di merci potenzialmente pericolose, in Italia, si rileva essere circa 10.000 il numero degli autocarri a tal fine adibiti (esclusi quelli dedicati al trasporto di prodotti petroliferi e i rifiuti), pari ad appena il 0.3% degli autocarri in generale, di cui però bisognerà considerare la movimentazione, il numero di viaggi, e le quantità complessivamente trasportate [5].

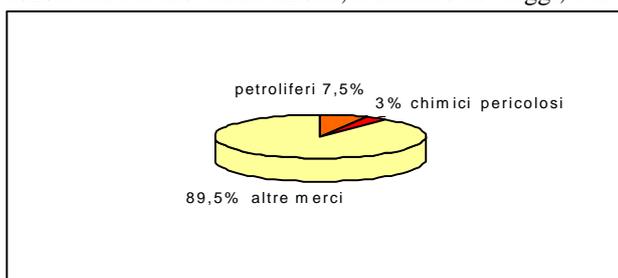


Figura 1: Incidenza merci pericolose sul totale delle merci trasportate su strada

I prodotti petroliferi si stimano costituire circa il 7,5% del totale delle merci trasportate su strada, mentre i prodotti chimici pericolosi movimentati sono circa il 3% del totale, arrivando complessivamente (chimici e petroliferi) al 10,5% delle merci trasportate in generale. Gli infiammabili (liquidi o gas) risultano le sostanze più trasportate in assoluto [5].

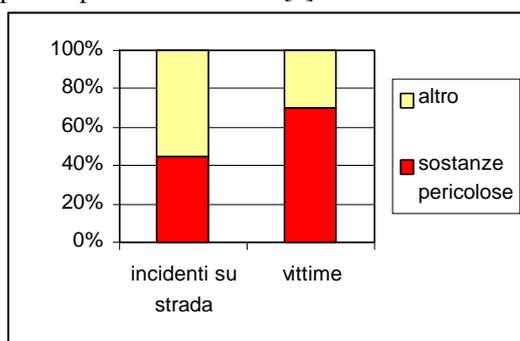


Figura 2: Incidenza delle merci pericolose rispetto alle altre merci in termini di conseguenze

Per quanto attiene i dati incidentali, una ricerca condotta negli Stati Uniti ha evidenziato come il 45% degli incidenti nel trasporto su strada registrati fino al 1985 coinvolgessero sostanze pericolose e come proprio queste abbiano causato il maggior numero di vittime (il 70% circa del totale). I valori di incidenza in termini di conseguenze (siano vittime o danni economici) risultano decisamente più elevati ed evidenziano come un'attività anche ridotta (il trasporto di merci pericolose era al massimo stimato intorno al 15% del totale dei trasporti merci), possa comportare in realtà rischi da non sottovalutare [5].

Per quanto attiene la localizzazione degli eventi incidentali, da una ricerca in merito condotta in Gran

Bretagna si osserva che dei 335 incidenti su strada con il coinvolgimento di sostanze pericolose (corrispondenti alle chiamate di intervento registrate dal comando dei Vigili del Fuoco in quell'anno), il 6% è avvenuto su autostrada, il 36% su strade principali (classe A), il 29% in aree di parcheggio [6].

Da una ricerca effettuata sulla banca dati di incidenti che raccoglie informazioni a livello internazionale MIDHAS (UKAEA), individuata tra le diverse banche date disponibili [7], emerge come tra tutti gli incidenti registrati il 39% siano relativi proprio al trasporto e come di questi quasi il 22% coinvolga cisterne su strada.

Ad avvalorare la tesi dell'incidenza delle merci pericolose nell'ambito di incidenti vi sono anche gli esempi di casi eclatanti verificatesi in passato dove, a fronte di una relativamente ridotta quantità di sostanza trasportata, si sono determinate pesanti conseguenze in termini di vittime a seguito del transito dei mezzi in zone densamente popolate. La tipologia delle conseguenze infatti è la stessa degli impianti fissi, perché comunque vengono coinvolte sostanze pericolose per rilasci, incendi, o esplosioni [8].

Se ne deduce quindi che la gravità degli incidenti nel trasporto risulta di fatto assimilabile a quella negli impianti fissi ma più difficilmente controllabile, basti pensare alle caratteristiche intrinseche del sistema trasporti: non "confinato" all'interno di una ben definita area, il veicolo è in continuo movimento, cambia la sua posizione istante per istante e si sposta nell'ambito di un sistema (la strada) in cui gli stessi parametri caratteristici cambiano in continuazione; sulla strada possono verificarsi interferenze con l'esterno, non c'è un controllo dettagliato sugli accessi e sulla localizzazione. E' comunque un sistema vulnerabile e complesso, in cui concorrono diverse problematiche: quelle connesse all'affidabilità del sistema veicolo (avaria degli apparati, rottura componenti) e quelle della sicurezza stradale.

#### 4 LA NORMATIVA

La normativa relativa al trasporto delle merci pericolose è ispirata a due principi fondamentali: innanzitutto è una normativa di "sicurezza" in quanto ha lo scopo principale di evitare danni all'ambiente, alle persone, ai mezzi utilizzati ed alle merci trasportate. Inoltre deve essere concepita in favore della "libera circolazione delle merci", in modo da salvaguardare sia il trasporto su territorio nazionale, sia gli scambi internazionali.

Proprio con l'intensificazione dei commerci oltre frontiera e l'aumentare dei volumi di importazione ed esportazione di merci tra diversi paesi (favoriti anche dalle nuove disposizioni governative in materia di libero scambio), si fa sempre più pressante anche un'altra esigenza: quella di rispondere a criteri di uniformità. La normativa in materia di trasporti così, non solo deve rispondere ai requisiti di sicurezza e libera circolazione, ma deve anche essere in grado di fornire a livello prima di tutto europeo, quindi mondiale, le stesse indicazioni.

Gli operatori del settore dei trasporti fanno riferimento alle specifiche indicazioni del Codice della Strada, ai Decreti Ministeriali in materia ed alle norme comunitarie internazionali dell'ADR (94/55/CE, 96/86/CE, 99/47/CE), norme di carattere prescrittivo, la cui applicazione dovrebbe garantire lo svolgimento corretto, agevole e sicuro dell'attività [9],[10],[11],[12]. A tal proposito vengono segnalate alcune situazioni di incongruenza tra prescrizioni di legge e criteri di operatività: è il caso, ad esempio, delle limitazioni di orario nei giorni prefestivi alla circolazione, che vincolano gli automezzi, eventualmente con cisterna scarica ma che ha contenuto infiammabili e non è ancora stata bonificata (in condizione di potenziale pericolosità), a fermarsi prima di arrivare a destinazione in luoghi non opportuni; oppure delle norme relative alla bonifica, introdotta soprattutto per evitare commistione con alimentare e non alimentare, che invece non esclude i possibili casi di compatibilità tra merci che potrebbero evitare di bonificare cisterne già idonee. Il carattere prescrittivo della norma facilita sicuramente l'adeguamento ed il raggiungimento di un buon livello di sicurezza, ma un approccio specifico sulle specifiche situazioni, che tenga conto anche del contesto in cui il trasporto si realizza, potrebbe sicuramente semplificare l'approccio e garantire in generale un grado di sicurezza più elevato.

Le aziende di autotrasporto, per migliorare l'efficienza nell'operatività ed aumentare le proprie credenziali sul mercato, si sono già mosse autonomamente adottando norme di autoregolamentazione (norme di settore) per certi aspetti più restrittive dal punto di vista della sicurezza e più dettagliate in quanto a prescrizioni di equipaggiamenti (personali e del veicolo) e procedure aziendali [13],[14]. Tali norme (anche linee guida per la certificazione) prendono in considerazione l'intero sistema e ne verificano la compatibilità con i requisiti di sicurezza e qualità analizzando caratteristiche e comportamenti di tutti gli elementi e soggetti coinvolti nell'attività; in un certo senso precedono la stessa legislazione che ancora oggi lavora molto solo su singoli compartimenti: definizione ed etichettatura della merce, omologazione e prescrizione dei veicoli, formazione, competenze e responsabilità del personale.

Gli enti certificatori, che in effetti operano in concerto con le diverse realtà del settore, stanno dirigendo verso una maggiore consapevolezza del rischio ed una gestione aziendale che tenga conto anche dei criteri di sicurezza. E' un po' quello di cui è ancora carente la normativa attuale: di fatto manca una sorta di "Direttiva Seveso" per i trasporti, pur essendo applicabile anche a questo settore la definizione di incidente rilevante

come intesa per le installazioni fisse (“un’emissione, un incendio o un’esplosione di rilievo connessi genericamente allo sviluppo incontrollato di un’attività che comporta l’uso di una o più sostanze pericolose e che dà luogo a pericolo grave, immediato o differito, per l’uomo e per l’ambiente”). L’obiettivo dovrebbe proprio essere quello di analizzare il problema con un approccio "sistemico", ossia considerando nel contempo il veicolo, il carico e lo scarico, il tragitto, il contesto socio-ambientale in cui il trasporto si realizza.

Gli ultimi emendamenti dell’ADR stanno in un certo senso muovendo verso questa direzione, per esempio il reperimento della Direttiva Comunitaria 96/35, introduce un Responsabile della Sicurezza nelle aziende che realizzano trasporti ADR in grado di assicurare e verificare la corretta gestione dell’attività dal punto di vista della sicurezza. E’ chiaramente necessario però che nei regolamenti di attuazione degli strumenti legislativi non si dimentichi il collegamento con la realtà degli autotrasportatori e non si impongano forzature eccessive che potrebbero rivelarsi controproducenti.

## 5 I SOGGETTI COINVOLTI

L’attività del trasporto di sostanze pericolose in ambito autostradale coinvolge di fatto diversi soggetti:

- le industrie chimiche che lavorano il prodotto, si preoccupano dello stoccaggio, lo utilizzano in altri processi produttivi o lo immettono sul mercato,
- le aziende di autotrasporto che forniscono cisterne o mezzi omologati per il tipo di prodotto ed autisti qualificati, dotati cioè dello specifico patentino ADR qualora le stesse aziende non dispongano di mezzi propri,
- gli enti certificatori, chiamati a garantire formalmente i livelli di competenza delle aziende,
- le pubbliche autorità, gli enti locali, le amministrazioni, le prefetture e gli altri enti (Protezione Civile, Vigili del Fuoco, ASL, ARPA, 118) preposti alla vigilanza delle norme per la tutela ambientale o chiamati ad intervenire nei casi di emergenza per adottare tutte le misure necessarie alla mitigazione, siano esse di ordine pubblico o specificatamente operative,
- l’ente gestore autostradale a cui compete la gestione dell’infrastruttura.

Tutti i soggetti citati sono chiamati a rispondere a criteri di sicurezza e adesione alle norme, ciascuno per il proprio ruolo di competenza e in relazione con gli altri soggetti coinvolti.

Spesso, nonostante la gestione di accordi e la promozione di iniziative comuni tra le varie entità coinvolte nella medesima attività di trasporto, al momento dell’intervento e dell’interazione di competenze si generano confusione e incongruenze: la legislazione infatti non è sempre chiara e determinante e può dare adito a diverse interpretazioni, oppure addirittura prescrivere accorgimenti di difficile applicazione; a questo concorre spesso una carenza di formazione nella gestione di questo tipo di problemi dovuta alla loro, fortunatamente, bassa frequenza di accadimento. Da colloqui con personale addetto, emerge come spesso gli stessi soccorsi giungano sul luogo dell’incidente non sapendo praticamente nulla dell’accaduto, la sostanza coinvolta, il contesto (presenza di centri abitati in prossimità dell’arteria, laghi o corsi d’acqua, vie d’accesso alternative, ecc.).

Anche i conflitti di competenza spesso generano ritardi nell’intervento e quindi incremento dei danni: in materia di intervento in caso di emergenza la legge prescrive esplicitamente che siano le pubbliche autorità ad assumersi ogni responsabilità, ma questa indicazione può non essere esaustiva quando intervengono altri interessi o si cade nella competenza del privato: è proprio il caso dell’ente gestore autostradale che, pur riconoscendo la priorità della pubblica autorità, comunque assume un ruolo di responsabilità nei confronti dell’utenza e mantiene la competenza della gestione del proprio sistema.

Un’indicazione in direzione di una maggiore definizione dei specifici ruoli è arrivata dalla Prefettura di Pavia in seguito ad un recente episodio avvenuto sull’autostrada Milano Genova, causato dalla fuoriuscita di sostanze pericolose trasportate abusivamente da un veicolo: è stato siglato infatti un "Protocollo di intervento in autostrada" che ripianifica l’attività di prevenzione e mitigazione in materia di controllo delle emergenze chimico – industriali, facendo appello alla collaborazione di tutti gli enti potenzialmente coinvolti (in particolare sono stati contattati il Questore, il Comando Provinciale dei Carabinieri, Guardia di Finanza e Vigili del Fuoco, il comando di Polizia Stradale, l’Azienda Sanitaria Locale, la direzione del Centro Antiveneni di Pavia e le Concessionarie Autostradali presenti sul territorio). La Prefettura, in qualità di responsabile provinciale dell’ordine, della sicurezza pubblica e della protezione civile, si è occupata di redigere le linee guida di intervento (dal titolo *Pianificazione interventi di prevenzione e soccorso in caso di incidenti per trasporto di sostanze pericolose in autostrada*) che concordassero l’azione degli enti coinvolti nei casi di emergenza e che cercassero di rispondere alle esigenze riscontrate.

L’industria chimica si sta invece muovendo ponendosi il problema della prevenzione e della mitigazione e cercando soluzioni integrate che coinvolgano la aziende chimiche consociate: a questo proposito il servizio SET, Servizio di Emergenza Trasporti, recentemente attivato per fornire informazioni, ed eventualmente

competenze, in caso di incidenti con sostanze pericolose, alle autorità intervenute per la gestione dell'emergenza[15],[16].

Dall'analisi emerge come, pur essendo demandata ai VVFF ogni responsabilità sulla gestione delle sostanze pericolose coinvolte nell'incidente, sia indispensabile una preparazione di base, in parte già presente, del personale delle Società Concessionarie nonché delle Forze dell'Ordine che generalmente intervengono per primi essendo dislocati sulla rete: l'individuazione a priori del tipo di sostanza coinvolta ed i rischi ad essa associata, oltre a fornire indicazioni preventive molto utili alle squadre dei VVFF, consente anche di gestire al meglio e in condizioni di sicurezza ogni fase dell'intervento, a partire dai primi istanti dopo l'incidente, nonché riorganizzare in modo adeguato il traffico e proteggere gli eventuali curiosi.

Un contributo potrà derivare anche in termini preventivi grazie all'impegno di ciascun ente di soccorso a pianificare le proprie sedi ed i propri servizi/strumenti in funzione delle risultanze delle analisi di rischio, garantendo un rapido intervento nelle zone considerate più critiche.

## 6 L'ANALISI DI RISCHIO

Con l'applicazione degli strumenti dell'analisi di rischio si è voluto studiare il comportamento del sistema di trasporto di merci pericolose e individuare i fattori di rischio per fornire i suggerimenti utili ad organizzare al meglio la Sala Operativa.

Per come è stato caratterizzato il sistema dei trasporti, l'analisi di rischio è stata condotta con le opportune precauzioni rispetto a come viene applicata per analizzare le installazioni fisse (per cui invece l'analisi è collaudata), soprattutto considerando in modo diverso la tipologia delle informazioni reperibili (nei trasporti infatti, la fonte del rischio si sposta lungo il percorso e le condizioni territoriali variano continuamente, inoltre può attraversare anche zone densamente popolate). L'approccio e la suddivisione in fasi invece rimane sostanzialmente analoga a quella dell'analisi per gli impianti: identificazione dei pericoli e analisi storica, definizione delle possibili sequenze incidentali, analisi probabilistica e deterministica delle sequenze, valutazioni di rischio [17],[18].

L'analisi di rischio può essere applicata al sistema in esame sia in fase di progettazione della Sala Operativa (come strumento per l'individuazione dei fattori di rischio), sia in fase di attività della stessa (come strumento di supporto per la valutazione delle conseguenze in situazioni di emergenza o guida alle decisioni in sede programmatica).

In particolare in fase di progetto si rivela interessante l'utilizzo delle tecniche sia deduttive (che permettono di descrivere l'evento incidentale in termini di cause prime) sia qualitative (che invece consentono un'analisi sistematica del sistema considerato come un aggregato di componenti e processi per i quali si valutano guasti e deviazioni): si citano per esempio gli alberi degli eventi, Hazop, FMEA [18].

L'applicazione di queste tecniche, opportunamente generalizzate, permette di identificare meglio le variabili da tenere sotto controllo (indicatori dello stato del veicolo, della strada, del traffico, del territorio e delle condizioni ambientali) e dedurre contemporaneamente alcune indicazioni di gestione necessarie per determinare l'efficienza delle procedure di controllo e l'intervento sugli accessi, sul traffico, sulla manutenzione e sulle emergenze. Il contributo dell'analisi storica è soprattutto nell'individuazione dei fattori di rischio connessi alla viabilità stradale; i dati sull'incidentalità permettono di individuare zone o condizioni più pericolose (presenza cantieri, neve/grandine, ore di punta, mesi particolari) che la sala operativa dovrà cercare di tenere sotto controllo, eventualmente provvedendo con misure preventive (segnalazione, illuminazione).

Dall'analisi FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), sempre a supporto dell'identificazione dei pericoli, emergono i modi e le cause di guasto (in generale "mal funzionamento") che potrebbero compromettere la funzionalità di ciascuno dei componenti (casello, strada, area di sosta, veicolo merci pericolose, veicolo di soccorso, veicolo standard) in cui è suddiviso il sistema. L'HAZOP invece è particolarmente rivolta all'analisi delle operazioni e dei processi che si realizzano nel sistema e consente di tenere conto sia degli aspetti progettuali sia degli aspetti di gestione e controllo evidenziando le eventuali carenze procedurali; per esempio suggerisce di sistemare i veicoli non ammissibili alla tratta in area idonea, consentire l'accesso per vie alternative, prevedere contatti con la ditta di trasporto, di selezionare gli ingressi (algoritmi, criteri di soglia...), di attivare controlli preventivi su veicoli sospetti, attivare pattugliamento della tratta.

L'analisi di rischio, oltre ad essere utilizzata per identificare i fattori di rischio al fine di organizzare la Sala Operativa, può essere utilizzata anche come strumento di gestione all'interno della Sala stessa. A questo fine assumeranno particolare rilevanza gli strumenti di analisi delle sequenze incidentali, la stima delle conseguenze e quindi delle aree di danno.

Lo schema applicativo può essere strutturato su due livelli: al primo livello si possono applicare metodi di valutazione di massima delle conseguenze in grado di fornire rapidamente le prime informazioni e le prime indicazioni utili per affrontare l'emergenza ad esempio fornendo ai VVFF che intervengono un descrizione tempestiva delle aree di danno potenzialmente coinvolte; al secondo livello si possono applicare modelli di

elaborazione più dettagliati che consentano l'analisi particolareggiata mirata all'identificazione delle interventi preventivi di progetto o gestione per migliorare l'infrastruttura o al fine di scegliere percorsi alternativi a basso rischio qualora l'arteria sia interrotta.(è il caso degli algoritmi implementati dai dipartimenti di ricerca delle Università di Roma e Bologna, che partecipano alla stessa linea di ricerca del CNR, per la valutazione delle conseguenze in base ai diversi scenari incidentali)[19],[20].

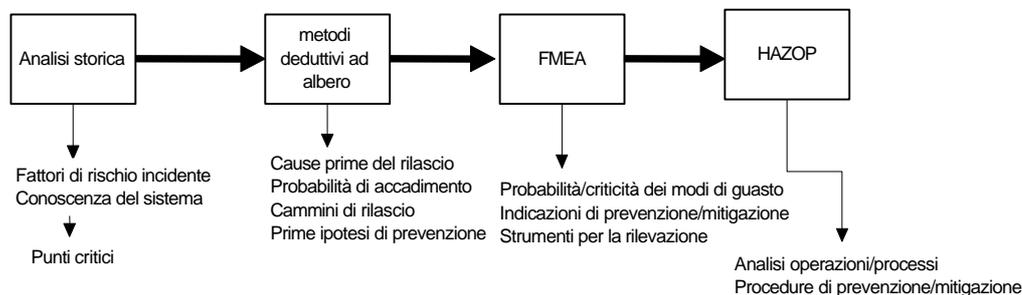


Figura 3: Schema di implementazione delle tecniche di analisi

## 7 IL QUADRO METODOLOGICO E L'ORGANIZZAZIONE DELLA SALA OPERATIVA

Dalla descrizione del sistema, conoscendo le potenzialità dell'analisi di rischio ed i risultati forniti da un'applicazione preliminare sul sistema, rilevate le variabili da monitorare, archiviare ed eventualmente elaborare, effettivamente utili in un centro operativo di gestione di una tratta autostradale, è possibile comporre un quadro complessivo che tenga conto di tutti i fattori evidenziati, delle interconnessioni e delle diverse modalità di funzionamento.

In questo contesto, i fattori di interesse per una sala operativa vengono integrati e coordinati con altre informazioni di rilievo quali gli aspetti di gestione e manutenzione dell'arteria, le condizioni meteorologiche e gli aspetti territoriali sistematicamente considerati come dati che dovranno pervenire alla sala operativa (o essere diramate da essa) attraverso modalità differenti.

Lo schema seguente è stato strutturato evidenziando tre possibili aree di intervento: il dominio dei dati e delle informazioni, i modelli disponibili per l'elaborazione e l'utilizzo delle stesse, le competenze della gestione da cui seguiranno le indicazioni operative.

### 7.1 La situazione attuale

La Sala Operativa oggi prevede l'acquisizione delle informazioni necessarie alle funzioni di gestione:

- le condizioni meteorologiche vengono acquisite e periodicamente aggiornate facendo riferimento ad enti per il monitoraggio e l'osservazione meteorologica esterni; le informazioni ottenute sono considerate come riferimento per adottare eventuali interventi di manutenzione o di prevenzione degli incidenti (spargisale, segnalazioni luminose per nebbia...) ed archiviate in forma sintetica (si registrano le condizioni di nebbia, pioggia, sereno...);
- i segnali dalla strada sono in genere comunicazioni di servizio degli operatori o della Polizia Stradale che pattugliano la strada e che effettuano i rilevamenti in loco; in caso di emergenza arrivano alla Sala Operativa le chiamate di soccorso effettuate dalle colonnine SOS ed eventualmente dall'utenza dotata di telefono cellulare;
- i dati del traffico vengono monitorati attraverso il passaggio dei veicoli alle stazioni di pedaggio ma non sono disponibili in tempi utili per fornire indicazioni di gestione; in particolare non si hanno indicazioni dei transiti di merci pericolose a meno che si tratti di particolari sostanze (es. le radioattive) che richiedono il trattamento al pari dei trasporti eccezionali;
- le informazioni sulle sostanze pericolose, sono disponibili in sala operativa ma sono piuttosto generiche e sommarie, difficilmente consultabili e poco utili ai fini pratici di un intervento in loco;
- la raccolta sistematica dei dati sul veicolo è del tutto assente (i soli segnali provenienti dal mezzo sono quelli che volontariamente il conducente invia per esempio via radio o via telefono per comunicazioni di emergenza).

Come conseguenza della tipologia di informazioni anche i modelli di elaborazione o rappresentazione dei dati possono essere ulteriormente migliorati; il personale della Sala Operativa oggi può far riferimento piuttosto a sistemi di rappresentazione dei dati, mentre gli strumenti di analisi che ha a disposizione consentono al massimo ricerche ragionate ma non elaborazioni sistematiche.

Le indicazioni di gestione (sia ordinaria che in condizioni di emergenza) si basano molto su valutazioni

soggettive e decisioni fondate sull'esperienza e sulla conoscenza personale del sistema. Tuttavia, anche senza il supporto di procedure standard concordate, e fatte salve le indicazioni di legge (per esempio in caso di incidente che coinvolge sostanze pericolose delegare la responsabilità dell'intervento ai Vigili del Fuoco e, per incidente rilevante, allertare di conseguenza la Prefettura), le azioni da intraprendere nell'ambito dell'attività rispondono a linee guida comportamentali adottate come prassi: contattare i soccorsi, intervenire nella gestione ed eventuale deviazione del traffico, prevedere e attivare interventi di mitigazione e bonifica, informare Pubbliche Autorità, concessionarie autostradali diverse o altri enti potenzialmente coinvolti.

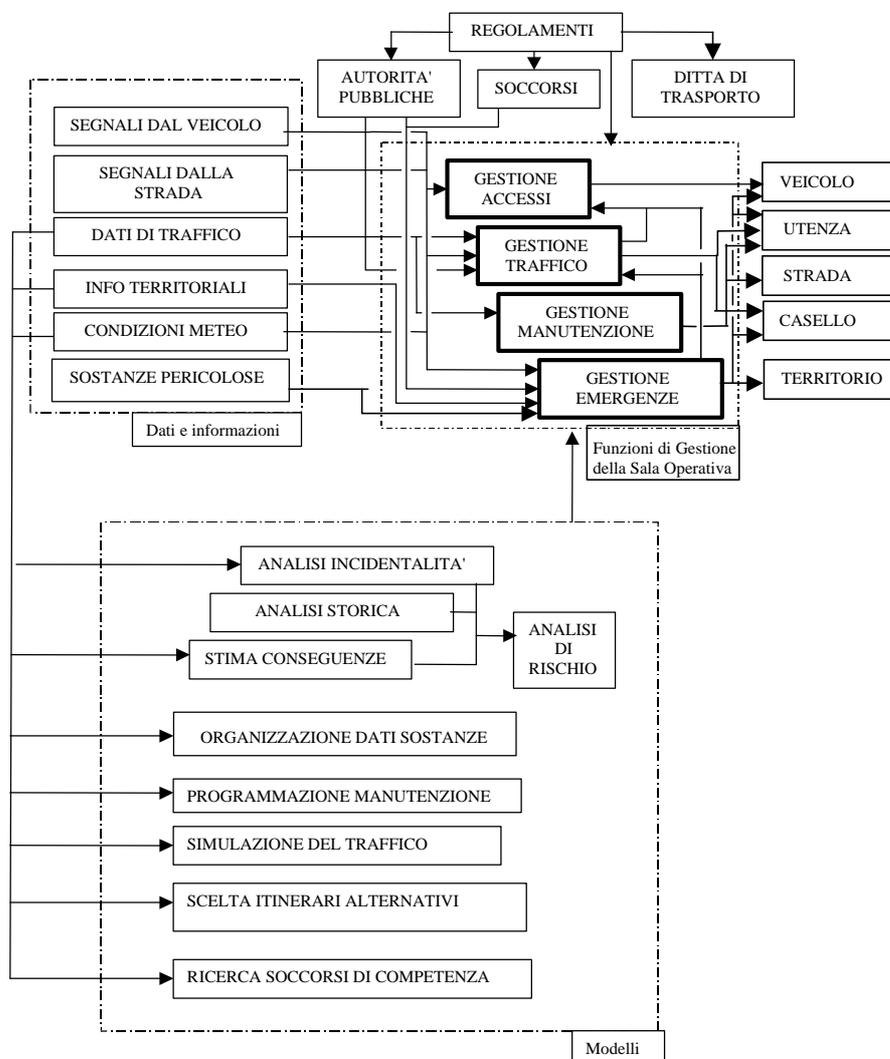


Figura 4: quadro metodologico complessivo per l'integrazione di dati, funzioni, modelli

## 7.2 Ipotesi di sviluppo nel breve periodo

Le proposte di intervento per la valutazione e la riduzione del rischio nel trasporto delle sostanze tossico nocive prevedono un'integrazione del dominio dei dati e delle informazioni acquisiti e l'implementazione di modelli per il trattamento e l'elaborazione come presupposto per l'applicazione delle linee guida indicative nelle fasi di gestione.

- le condizioni meteorologiche possono essere monitorate direttamente in loco al fine di pervenire ad informazioni attendibili e precise; tali dati potrebbero essere considerati come riferimento per adottare eventuali interventi di manutenzione o di prevenzione degli incidenti, essere archiviati in forma più dettagliata rendendoli eventualmente relazionabili ad altri eventi generici verificatisi nel sistema; le stesse informazioni dovrebbero costituire una banca dati utile per l'applicazione dei modelli di elaborazione;
- l'infrastruttura è già dotata di una rete di fibra ottica in grado di veicolare una quantità di informazioni notevolmente superiore all'attuale: i segnali dalla strada potrebbero essere integrati con il supporto di rilevatori in loco tali da garantire il controllo dello stato ordinario e delle eventuali anomalie dell'infrastruttura;

- i dati del traffico, rilevati attraverso il passaggio dei veicoli dalle stazioni di pedaggio o in punti dotati di rilevatori (di cui al punto sopra) potrebbero essere disponibili in tempo reale; in particolare visualizzare le indicazioni dei transiti di merci pericolose al fine di seguirne gli spostamenti e rilevarne le anomalie;
- le informazioni sulle sostanze pericolose potrebbero fornire già ad una rapida consultazione tutte le indicazioni necessarie per la salvaguardia personale di chi interviene in prossimità e i suggerimenti utili ai fini della protezione della popolazione circostante e dell'ambiente;
- i dati sul veicolo, quindi sul carico e sulla merce pericolosa trasportata dovrebbero essere disponibili dal momento dell'accesso del mezzo nel sistema, a fini sia di prevenzione sia di mitigazione.

Come conseguenza della più ampia tipologia di informazioni disponibili, della più attenta catalogazione delle informazioni e della costituzione di banche dati adeguate, è possibile pensare all'implementazione di modelli di elaborazione o rappresentazione dei dati di supporto alle attività di gestione che concorreranno tra l'altro a fornire le risposte alle stesse esigenze emerse dall'analisi di rischio applicata in fase di progetto.

Tra gli strumenti è possibile individuare:

- l'analisi di rischio applicata in concomitanza con l'analisi di incidentalità, l'analisi storica e la stima delle conseguenze per ottenere le indicazioni utili in fase preventiva, progetto di modifiche all'infrastruttura o interventi sulla gestione della stessa; in fase di emergenza la simulazione degli incidenti consentirà di prevedere le aree coinvolte dal danno;
- i modelli di simulazione del traffico per individuare il veicolo e seguirne gli spostamenti lungo la tratta al fine di rilevarne le anomalie ed identificare tempestivamente le eventuali emergenze;
- i modelli di ottimizzazione dei percorsi che guidino nella scelta degli itinerari alternativi qualora si rendesse necessaria la deviazione dei veicoli, o che permettano di individuare i percorsi ottimali, sulla viabilità ordinaria, per raggiungere il luogo dell'incidente qualora l'arteria fosse completamente bloccata;
- gli algoritmi di selezione degli interventi esterni per l'emergenza che forniscano in tempo reale le indicazioni per attivare chiamate e contatti, selezionando le unità che più rapidamente possono raggiungere il luogo dell'incidente o comunque di competenza;
- l'organizzazione delle informazioni sulle sostanze pericolose tale da renderne la consultazione semplice ed immediata, relazionando i contenuti con gli altri modelli di elaborazione e rappresentazione.

Forniti i presupposti con l'acquisizione e l'archiviazione dei dati, unitamente all'implementazione dei modelli, è possibile individuare le funzioni di competenza che la Sala Operativa dovrà esercitare. A tale proposito, la Sala Operativa potrebbe pertanto:

- nell'ottica della prevenzione: effettuare il collegamento con il veicolo, il contatto con la ditta, la preventiva registrazione delle informazioni, il controllo del carico all'ammissione; la registrazione, l'aggiornamento e la diffusione informazioni meteorologiche; la registrazione, elaborazione, diffusione informazioni incidentalità; la valutazione e verifica misure riduttive del rischio; definire e regolare modalità di accesso e uscita dalla tratta rapide, versatili e funzionali; pianificare gli interventi di mitigazione o sgombero "punti critici", eseguire il monitoraggio e la registrazione stato lavori in corso, attivare canali di comunicazione prioritari per informazioni dalla strada (operatori, utenza...), effettuare il monitoraggio degli interventi di soccorso (tempi e competenze).
- nell'ottica della mitigazione: istituire un segnale prioritario di avaria e procedure di allerta immediate, un canale privilegiato di comunicazione, accordi di intervento pianificati, valutare e sviluppare linee guida comportamentali, prevedere la forzatura degli accessi per agevolare il transito di mezzi e la selezione possibili vie di accesso alternative al luogo dell'incidente, fornire tempestivamente ai soccorritori indicazioni precisi sul tipo di sostanze coinvolte nell'incidente e un'indicazione di massima sulle modalità di gestione dell'emergenza e sull'estensione delle aree di danno.

Alcuni strumenti per rispondere a tali funzioni operative sono già adottati nella sala di controllo attuale, altri sono comunque adottabili nel breve periodo.

In particolare si fa riferimento ai dati meteorologici, acquisiti mediante bollettini provenienti dall'aeronautica o forniti dalla Regione via Internet, che potrebbero essere meglio strutturati ed organizzati, eventualmente integrati da informazioni provenienti da stazioni di rilevamento direttamente sul territorio, quindi diffusi all'utenza attraverso bollettini aggiornati utilizzando al meglio i canali RDS o la segnaletica variabile.

Il monitoraggio dei cantieri e dei lavori in corso è già implementato dal software in uso, ma potrebbe essere meglio relazionato al sistema informativo territoriale con la rappresentazione grafica sulla stessa carta autostradale; il controllo sui transiti dei veicoli con merci pericolose potrebbe essere attivato perfezionando il sistema Telepass e prevedendo l'inserimento di informazioni aggiuntive relative al mezzo e al carico su supporti dedicati (una targhetta magnetica applicata al veicolo o un congegno affidato all'autista inseribile in relazione al carico trasportato). Il sistema degli accessi può essere regolato da algoritmi decisionali in base al

rischio, quindi alle condizioni climatiche o di traffico (a questo proposito le informazioni sulla viabilità dovrebbero essere disponibili in tempo reale).

In caso di incidente invece, per anticipare l'intervento dei VVFF e fornire loro gli strumenti adeguati per un'azione mirata e tempestiva, si può installare una banca dati di sostanze e un tool per analisi di rischio in modo da trasmettere nella chiamata, eventualmente utilizzando codici semplificati, una scheda con tutte le informazioni del caso (sostanza e cerchi di danno presunti). Per agevolare l'ingresso dei soccorsi sulla tratta si può di nuovo intervenire sul sistema Telepass, semplicemente concordando in precedenza la disponibilità di tessere o un sistema di segnalazioni che permettano comunque di forzare l'accesso presso una pista privilegiata. Per rispondere operativamente a tali esigenze, si identificano i dati da acquisire e monitorare relativi al veicolo, alla strada o alle condizioni esterne, si prevedono inoltre protocolli di comunicazione adeguati sia in condizioni ordinarie che di emergenza (veicolo – centro di controllo, ditta di trasporto – centro di controllo, diffusione informazioni meteorologiche, utenti – centro di controllo, soccorsi – centro operativo – autorità), quindi si individuano i database necessari per l'archiviazione dei dati e le eventuali procedure di elaborazione (Analisi di sicurezza, Incidentalità, Valutazione del rischio, Algoritmi decisionali, Selezione accessi).

### 7.3 Ipotesi di sviluppo nel lungo periodo

Considerando il futuro sviluppo della telematica da una parte e della logistica dei trasporti dall'altra [21],[22], si può arrivare a ipotizzare un sistema integrato ad ampio respiro che coinvolga davvero tutti i soggetti.

In quest'ottica futura si può prevedere innanzi tutto una pianificazione preventiva dei viaggi (orario partenza, durata, percorso previsto, sostanza trasportata, quantitativo, condizioni di stoccaggio, informazioni sulla sicurezza e gestione emergenza,...) già da parte della ditta che organizza il trasporto, con la supervisione del Responsabile della Sicurezza. La connessione telematica tra i vari soggetti potrebbe consentire di far pervenire in anticipo al gestore autostradale la "Scheda del Transito" in modo che all'ingresso del mezzo sull'arteria questo possa essere seguito in tempo reale stabilendo posizione, condizioni del carico, simulando istante per istante i possibili scenari incidentali. La sala operativa potrebbe quindi assumere il ruolo di un Controllore del Traffico, seguendo ciò che già oggi viene effettuato in campo aeronautico.

In tali condizioni potranno trovare ampio spazio ed utilizzo oltre alle reti e sistemi informatici anche sistemi più specializzati quali il GPS, l'identificazione a corto raggio, l'identificazione automatica di veicolo/carico, come proposto nell'ambito delle attività condotte dall'Unità Operativa del Politecnico di Milano [23].

Chiaramente questo obiettivo è ancora distante anche per la complessità del sistema da gestire e l'ingente numero di trasporti da controllare. Quest'ultimo aspetto potrebbe essere parzialmente risolto stabilendo procedure differenziate a seconda della pericolosità delle sostanze trasportate. Ai problemi citati si aggiungerebbero anche problemi di riservatezza delle informazioni nonché conflitti di competenza che richiederebbero un pesante intervento anche di tipo normativo.

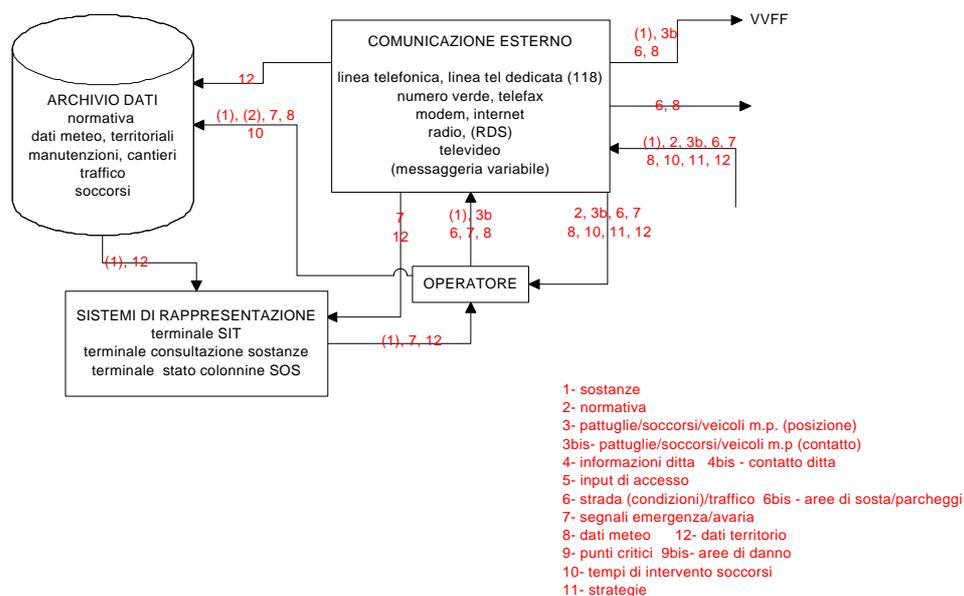


Figura 5: Flussi di dati e apparati: rappresentazione della Sala Operativa attuale

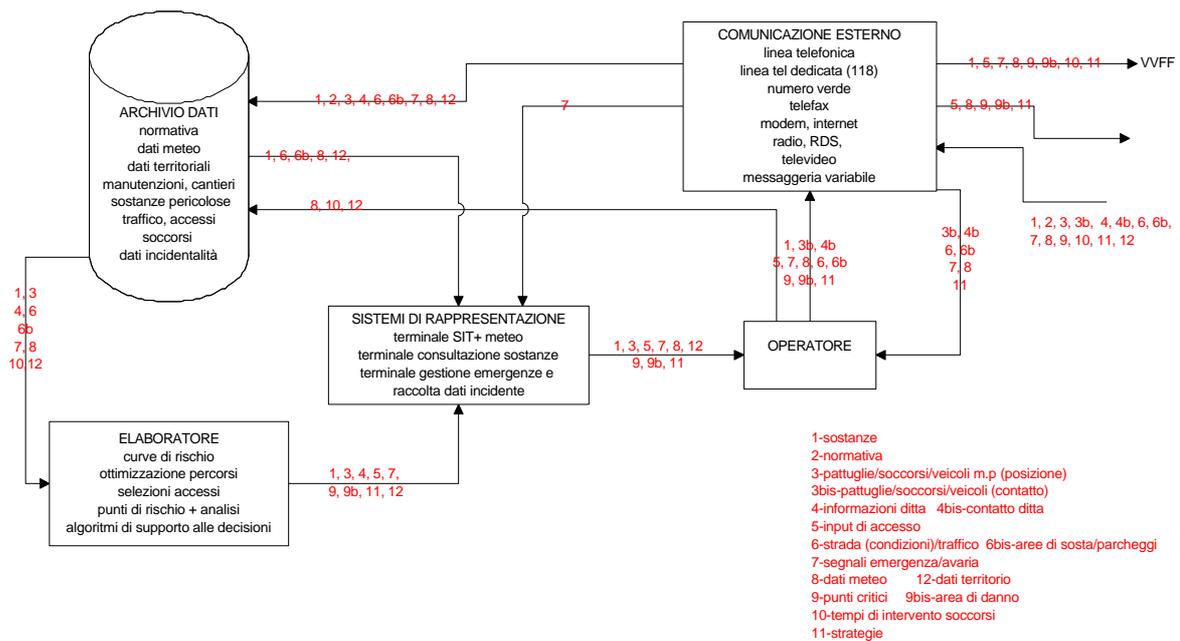


Figura 6: Flussi di dati e apparati: ipotesi di Sala Operativa nel breve periodo

## 8 CONCLUSIONI

Il rischio connesso all'attività dei trasporti di sostanze pericolose non è trascurabile: le indagini storiche mostrano come questo assuma gli stessi ordini di grandezza del rischio associato alle installazioni industriali fisse che trattano sostanze pericolose. Anche nell'ambito dei trasporti pertanto dovrebbe essere applicata una sorta di Direttiva Seveso che permetta di tenere sotto controllo, con un approccio "sistemico", i rischi ed i fattori che li generano proponendo gli strumenti per intervenire in fase sia di prevenzione sia di mitigazione.

Il lavoro condotto cerca di sopperire a questa mancanza proponendo una visione comunque sistemica dell'attività e delle problematiche connesse ed impostando una struttura funzionale (come la Sala Operativa appunto) che, anche con soluzioni che richiedono investimenti contenuti, sia in grado di supportare il gestore autostradale nel suo approccio con il rischio e il trasporto di sostanze pericolose.

L'obiettivo principale è il raggiungimento di una consapevolezza del rischio che comporterà:

- una più dettagliata conoscenza del traffico e della tipologia dell'utenza,
- una più approfondita e puntuale conoscenza del territorio e dell'ambiente esterno,
- la padronanza degli elementi che permettono di valutare l'impatto incidentale sul territorio circostante,
- un'adeguata conoscenza degli effetti che gli incidenti coinvolgenti sostanze pericolose possono provocare in termini di conseguenze immediate ed in funzione della vicinanza,
- una più attenta informazione sulle sostanze pericolose e sulle loro caratteristiche,
- l'introduzione di elementi di supporto alle decisioni anche sulla base dei rischi connessi,
- la possibilità di intervenire regolando il flusso di traffico e scaglionando gli accessi, effettuando quindi il controllo dei transiti secondo criteri di gestione legati al rischio in generale e a fattori contingenti in particolare (condizioni atmosferiche, condizioni della strada, traffico),
- la gestione coordinata dell'emergenza, fornendo gli strumenti per l'attuazione di un intervento mirato.

Lo schema di Sala Operativa impostato permette così di considerare un maggiore spettro di parametri connessi non soltanto agli aspetti economici della gestione, ma anche a quelli di sicurezza, intesa come prevenzione e mitigazione da effettuare all'interno del sistema autostrada stesso, ma anche come riduzione dell'impatto ambientale all'esterno del sistema.

Il rischio connesso alle sostanze pericolose infatti coinvolge anche il territorio circostante l'autostrada e con esso l'ente gestore deve relazionarsi: le valutazioni di rischio, proprio del sistema o esteso all'ambito territoriale, vengono inserite tra gli strumenti di supporto alle decisioni con la stessa dignità e funzionalità delle valutazioni economiche.

Il gestore autostradale viene guidato a prendere sempre più coscienza dei fattori esterni che possono influenzare gli eventi e della tipologia dei veicoli in transito; di conseguenza può predisporre dei piani di prevenzione e mitigazione che coinvolgono anche gli enti esterni. In particolare, la soluzione proposta di Sala Operativa permette di ottimizzare la gestione delle procedure e delle informazioni per coordinare gli

interventi soprattutto in funzione dei Vigili del Fuoco (le autorità effettivamente responsabili per le legge), che devono poter operare in caso di incidente conoscendo quante più informazioni nel minor tempo possibile.

## 9 BIBLIOGRAFIA

- [1] Vilchez J, Sevilla S., Montiel H., Casal J, 1Historical analysis of accidents in chemical plants and in transportation of hazardous materials, Loss Prevention Process Industry vol.8, n.2, 1995
- [2] D. Egidi, F. P. Foraboschi, G. Spadoni, A. Amendola, The ARIPAR project: analysis of the major accident risk connected with industrial and transportation activities in the Ravenna area, Reliability Engineering and System Safety, 49 (1995), 75-89.
- [3] Bello G., Galatola E., L'analisi dei rischi nell'area industriale di Trieste e le relative implicazioni nella programmazione d'uso del territorio, X Convegno 3ASI, 15 novembre 1994, Milano.
- [4] Federchimica, 5° Rapporto Responsible Care 1998
- [5] Bertelle A. Haastrup P., Trasporto di merci pericolose, (Cineas CCr, Il sole 24 ore Libri) 1996
- [6] Davies P.A. and F.P.Lees, The assesment of major hazards: the road transport enviroments for conveyance oh hazardous materials in Great Britain, Journal of Hazardous Materials, n 32, 1992
- [7] Haastrup P. e. Romer H., An analysis of the database coverage of industrial accidents involving hazardous materials in Europe, Loss Prevention Process Industry vol.8, n.2, 1995
- [8] ECOPLAN, Carpignano A., Donna Bianco P.A., Montrucchio M., Rabino G., Studio sull'incidentalità Autostrada A6, 1996
- [9] ADR, accord european relatif au transport international des marchandises dangereuses par route et protocoles de signature, 1993
- [10] ADR, progetto emendamenti, 1999
- [11] EGAF, Codice della strada con giurisprudenza, regolamenti di esecuzione, norme complementari (Forli edizioni)
- [12] OTC Corso di formazione professionale per i conducenti di autoveicoli per merci pericolose su strada, 1995
- [13] UNI Sistemi di Qualità, Linee Guida n.4 per l'applicazione della norma ISO 9002
- [14] CEFIC SQAS – Trasporto su strada: Linee guida per il valutatore
- [15] Federchimica, SET: obiettivi e modalità operative, 1998 [1]
- [16] Federchimica, SET: procedure operative per punti di contatto aziendali, 1998 [2]
- [17] AIChE, Guidelines for chemical process quantitative risk analysis, Center for Chemical Process Safety of AIChE, New York, 1989
- [18] Carpignano A., Sicurezza ed analisi di rischio, metodologie di analisi, Politecnico di Torino, 1995
- [19] Leonelli P., Bonvicini S., Spadoni G., Il rischio nel trasporto di sostanze pericolose (un codice di calcolo per l'analisi quantitativa e l'ottimizzazione vincolata del percorso), Università di Bologna, 1998
- [20] Mazzarotta B., Sviluppo linee guida per la valutazione del rischio nel trasporto di sostanze pericolose (progetto di ricerca), 1998
- [21] Borgia R., Verso un sistema logistico dei trasporti, Qualità &...De qualitate n.3, 1996
- [22] Dalla Chiara B., I sistemi informativi territoriali nella pianificazione e gestione dei trasporti, Trasporti Industriali, n.462, 1998
- [23] Maja R., Un sistema per il controllo del trasporto di merci pericolose (TRMP)