

Soluzioni Satellitari nel Trasporto di Merci Pericolose

M. Brancati¹, M. Ferrari¹, M. Filauri¹, A. Gambardella², M. Marzoli²

¹ Telespazio S.p.A. – Via Tiburtina, 965, 00156, Roma

² Dipartimento dei Vigili del Fuoco, del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile – Piazzale del Viminale, 1, 00184, Roma

Marco_Brancati@telespazio.it

Marco_Ferrari@telespazio.it

Michele_Filauri@telespazio.it

A.Gambardella.vvf@infinito.it

M.Marzoli.vvf@infinito.it

SOMMARIO

Il mondo del trasporto in generale, e la modalità stradale in particolare, devono urgentemente confrontarsi con la risoluzione di un'esigenza di *sicurezza* che copre tutto il "sistema trasporti". In tale ambito, il controllo del trasporto di merci "pericolose" assume un particolare significato. In queste condizioni, infatti, la domanda di sicurezza diviene una necessità condivisa dalla società, soprattutto contro i rischi che possono derivarne. In tale contesto, le tecnologie di Navigazione Satellitare (EGNOS/Galileo), opportunamente integrate con sistemi di Comunicazione terrestre e satellitare, rappresentano senza dubbio una solida base. Uno scenario in grado di fornire un contributo sostanziale alla sicurezza e all'efficienza del sistema del trasporto deve necessariamente considerare una visione "end-to-end", che comprenda tutti le fasi (analisi, previsione, monitoraggio e controllo del trasporto, gestione delle emergenze), gli elementi (terminali integrati Nav/Com, componenti locali GNSS, infrastrutture distribuite di servizio, sistemi di modellistica / previsione / elaborazione / controllo) e gli attori coinvolti.

1. INTRODUZIONE

Nel nostro Paese il trasporto è un settore economicamente e strategicamente rilevante: si stima, infatti, che il 20% del prodotto interno lordo sia dovuto proprio al trasporto delle merci e delle persone [01]. In particolare, il settore del trasporto merci è in continua crescita, con un tasso che si attesta intorno al 2,5% annuo. Il fatturato annuo del trasporti merci e della logistica nell'anno 2000 superava i 170.000 milioni di Euro. In tale contesto – e malgrado l'auspicata redistribuzione del traffico sulle diverse modalità di trasporto – il trasporto su strada detiene il più alto coefficiente di crescita (4%). Inoltre, secondo dati pubblicati dalla Commissione Europea, nei sei principali paesi dell'UE, nel periodo 1990/2010 la domanda di trasporto crescerà del 70% per la modalità stradale (passeggeri e merci).

Pertanto, il mondo del trasporto in generale, e la modalità stradale in particolare, devono urgentemente confrontarsi con la risoluzione di un problema di capacità ed un'esigenza di sicurezza che copre tutto il "sistema trasporti".

Tali esigenze vengono di fatto annoverate all'interno dei macro-obiettivi di politica economica dei trasporti nei documenti di indirizzo e di programmazione emessi sia in ambito nazionale che europeo, ove la sicurezza dei trasporti, lo sviluppo dell'intermodalità e la sostenibilità economico-ambientale vengono chiaramente identificate come linee prioritarie da perseguire nei prossimi anni.

A conferma di questa esigenza, valgono anche le decisioni - assunte dai Premier del G8 nei lavori conclusi il 27 Giugno 2002 a Kananaskis – Alberta (Canada) – riferite alle misure per incrementare la sicurezza in tutte le modalità di trasporto, attraverso lo sviluppo di un sistema di sicurezza relativo al trasporto ed alla distribuzione di merci pericolose.

A tali problematiche non è però possibile dare una risposta solamente attraverso interventi strutturali mirati ad aumentare le capacità di trasporto delle infrastrutture (a causa dell'incompatibilità ambientale di infrastrutture, dei costi di investimento elevati, soprattutto in presenza di una morfologia del territorio complessa, e dei lunghi tempi di realizzazione) ma occorre intervenire a livello di organizzazione del trasporto in modo da rendere tutti i servizi intermodali più efficienti e competitivi, migliorando – nel contempo – anche la produttività del trasporto su strada, in modo da assorbire parte degli incrementi previsti per il parco automezzi.

In tale scenario, il controllo del trasporto di merci definite come "*pericolose*" (esplosivi, prodotti chimici o infiammabili, prodotti petroliferi, ecc.) assume un particolare significato. In queste condizioni, infatti, la

volontà di rispondere ad una domanda di sicurezza nel trasporto di merci pericolose diviene una necessità condivisa dalla società, soprattutto contro i rischi “in eccesso” causati dal trasporto di tali merci, che rappresentano, secondo alcuni studi, oltre il 20% del totale della movimentazione delle merci effettuata nel nostro Paese. Si stima inoltre, secondo calcoli del Ministero dell'Interno, che 70 mila veicoli adibiti al trasporto di merci classificate come pericolose utilizzino giornalmente la rete autostradale italiana; questi ultimi costituiscono circa il 16% dei 450 mila veicoli pesanti medi giornalieri, che sono a loro volta il 23% del traffico complessivo autostradale medio giornaliero (in termini di unità di veicoli).

Una risposta efficace a tali problemi del trasporto, delle infrastrutture ed in generale della mobilità, può avvenire attraverso soluzioni rese possibili dallo sviluppo tecnologico. L'innovazione tecnologica, infatti, può offrire delle interessanti e concrete opportunità per promuovere l'integrazione modale, incrementare il livello di sicurezza della circolazione, mantenendo la sostenibilità ambientale. In tale ambito l'utilizzo di sistemi e tecnologie di Navigazione Satellitare (EGNOS/Galileo), opportunamente integrati con sistemi di comunicazione terrestre e satellitare, rappresentano senza dubbio una solida base su cui costruire una soluzione efficace. Soprattutto, ove si considerino i requisiti tecnici derivati dalle esigenze suesposte, la navigazione satellitare costituisce l'elemento abilitante per lo sviluppo di applicazioni e servizi in grado di soddisfare tali requisiti, in ragione delle caratteristiche dei sistemi EGNOS e Galileo, che offrono benefici rispetto all'utilizzo del sistema GPS in termini di garanzia del servizio, integrità del segnale ed elevata precisione e disponibilità del dato di posizione. Del resto le soluzioni satellitari si sono sempre dimostrate “vincenti” (se opportunamente complementate con quelle terrestri) in quei contesti applicativi che, per loro natura, richiedano ampie coperture ed elevate affidabilità del servizio. I sistemi GNSS, essendo sistemi di navigazione basati sull'uso di satelliti, consentono di valutare la posizione di un utente mobile su gran parte dell'area di servizio. Tale aspetto tecnologico si riflette in benefici sull'architettura del sistema di gestione del trasporto delle merci pericolose e si manifesta in termini di abbattimento dei costi per le infrastrutture a terra dedicate alle funzionalità di navigazione. In particolari contesti, dove la visibilità dei satelliti può risultare ostacolata dalla presenza di altre strutture già esistenti, o dove è necessario un livello di accuratezza maggiore, è necessaria l'integrazione dei sistemi GNSS con una sua componente locale che comunque continua ad avere un basso impatto sul dimensionamento dell'architettura del sistema finale, grazie alla sua capacità di integrarsi con le strutture di comunicazione già disseminate nel territorio.

2. ANALISI DEL CONTESTO APPLICATIVO

2.1 Analisi dei Requisiti

L'ambito operativo legato al trasporto merci pericolose è quanto mai complesso ed articolato. Per far fronte alle esigenze di sicurezza e sostenibilità legate a tale tipo di trasporto, risulta oramai consolidata, sulla base di ricerche svolte in sede comunitaria, la necessità di effettuare un monitoraggio continuo del trasporto mediante un continuo tracciamento sia dei veicoli che dei carichi movimentati. Tale necessità è peculiare in tale tipologia di trasporto: negli altri casi del trasporto merci, infatti, si rivela spesso sufficiente conoscere, oltre che la natura del carico trasportato e la sua quantità, la posizione del veicolo, nel corso del suo trasferimento dall'origine alla destinazione della spedizione; non è invece solitamente necessario avere notizie precise ed aggiornate sullo stato delle merci a bordo, sull'avvenimento di un loro spargimento incontrollato o riversamento nell'ambiente, sugli effetti che tale evento può generare.

E' altresì consolidata la necessità di restringere e regolare la circolazione delle merci pericolose sul territorio, con lo scopo di preservare le persone, le aree abitate, i luoghi ad interesse naturalistico e le infrastrutture logistiche o industriali necessarie al sostentamento dell'economia. Conoscere tempestivamente quando si verificano spargimenti di sostanze inquinanti nell'ambiente è importante; altrettanto importante è, in caso d'incidente, conoscere le sostanze pericolose coinvolte e su quale territorio ed insediamenti sia avvenuto l'evento. Tale conoscenza consente, infatti, l'utilizzo dei mezzi più appropriati per fronteggiare l'emergenza (ad esempio, la sostanza da impiegare per spegnere un incendio), ma anche informazioni fondamentali per la cura di eventuali feriti che possono essere venuti in contatto con le sostanze pericolose presenti. Infine, conoscere la posizione dei veicoli che trasportano merci pericolose può consentire una migliore distribuzione degli stessi sul territorio e, in caso d'incidente, di identificare quelli che si trovano in prossimità del luogo incidentato, deviandoli verso percorsi più sicuri.

Un soluzione in grado di soddisfare efficacemente le suddette esigenze dovrà assolvere alle seguenti funzioni:

- rilevare in tempo reale ed in modo continuo posizione e stato della merce pericolosa trasportata e parametri dei veicoli di interesse;
- autorizzare in modo automatico lo svolgimento di un viaggio in conformità alla normativa vigente e verificare, allo stesso modo, il rispetto delle prescrizioni sul trasporto di merci pericolose;

- generare automaticamente allarmi in caso di variazioni di rotta e/o attraversamento di zone “proibite”;
- supportare l’interazione ed il coordinamento tra trasportatori, Autorità pubbliche, proprietari ed operatori di flotte, gestori di infrastrutture e clienti del trasporto;
- prevenire e ridurre il rischio di incidenti che potrebbero causare disastri naturali ed avvelenamento dell’ambiente;
- supportare le attività di soccorso nel caso di incidenti associati al trasporto di merci pericolose grazie alla possibilità di rifelezionare percorsi alternativi per gli altri trasporti pericolosi in prossimità della zona di emergenza ed alla possibilità di allertare rapidamente le autorità competenti fornendo informazioni utili circa l’intervento.

2.2 Analisi dell’applicazione

Il contesto applicativo qui considerato è focalizzato essenzialmente su tutte le attività che direttamente o indirettamente gravitano attorno alla fase di trasporto delle merci pericolose. La situazione attuale (normativa ed operativa) vede infatti uno scenario nel quale l’attenzione si concentra essenzialmente sulle fasi precedenti il trasporto. Durante la fase di trasporto non vi è di fatto la possibilità di interagire in maniera coordinata rispetto allo stesso. Il primo passo logico per indirizzare correttamente lo sviluppo di una soluzione tecnologica adeguata è quello di razionalizzare le fasi del processo in modo da identificare in maniera univoca le aree di intervento. Si possono a questo scopo identificare le seguenti macro-fasi:

- **Analisi del rischio**, finalizzata alla raccolta, elaborazione ed analisi di differenti tipologie di dati (ambientali, territoriali, agibilità delle infrastrutture, informazioni meteorologiche, demografia, caratteristiche delle sostanze pericolose, ecc.)
- **Prevenzione degli eventi dannosi**, finalizzata alla pianificazione ed assegnazione degli itinerari che comportano il minimo rischio in base a criteri probabilistici e modelli di conseguenza degli eventi dannosi
- **Monitoraggio e Controllo del trasporto**, finalizzata al monitoraggio dei veicoli (diagnostica di bordo, posizione, integrità del carico) tale da consentire l’attuazione di provvedimenti mitigativi quali la variazione di itinerario in presenza di rischi potenziali od effettivi
- **Supporto alla gestione delle Emergenze**, finalizzata alla raccolta, elaborazione e distribuzione di tutte le informazioni utili per garantire una reazione ottimale all’evento incidentale da parte degli attori preposti (e.g. Vigili del Fuoco, Protezione Civile)

La Fase di Analisi del Rischio

La fase di analisi del rischio è essenzialmente una fase off-line. Essa consiste nella raccolta e nella elaborazione, tramite opportuni modelli, di tutti i dati necessari alla definizione e classificazione degli “scenari di rischio” vale a dire quelle “costellazioni critiche” di elementi che, in base a certi criteri, risultano più o meno suscettibili di accadimenti incidentali. I dati e i modelli considerati riguardano essenzialmente:

- **Infrastrutture intermodali di trasporto**: cioè la tipologia, le caratteristiche ed i vincoli delle infrastrutture stesse (e.g. presenza di ponti, gallerie).
- **Gestione del Territorio e Demografia**: cioè dati e modelli relativi alle caratteristiche geo-topografiche dei territori di interesse comprendendo gli insediamenti abitativi, le infrastrutture industriali di merci pericolose, idrografia, etc.
- **Sostanze pericolose**: includendo le loro caratteristiche, il livello di pericolosità, i modelli di dispersione nell’atmosfera ed impatto ambientale etc.
- **Infrastrutture/risorse di emergenza**: cioè la dislocazione di infrastrutture sanitarie/di pronto intervento (e.g. Vigili del Fuoco), dotazioni, tipologia dei mezzi etc.
- **Sistemi NAV/COM**: vale a dire le prestazioni delle infrastrutture di navigazione e di comunicazione (sistemi/terminali) lungo le tratte attraversate, ottenute mediante opportuni modelli e simulatori.

Attraverso tali elementi viene condotta un’analisi di valutazione del rischio associato alle diverse tratte mono/intermodali del territorio, che sono così classificate in base al loro livello di rischiosità (mappe integrate di rischio). Le mappe integrate (o scenari) di rischio dovranno essere costantemente aggiornate ad ogni variazione dei dati di ingresso, che rappresentano le condizioni iniziali ed al contorno degli algoritmi di *risk assessment*.

La Fase di Prevenzione degli Eventi Dannosi

La fase di Prevenzione degli Eventi Dannosi nasce anch'essa come fase off-line, ma assume la valenza di una attività da svolgere in real-time nel momento in cui le condizioni al contorno cambiano improvvisamente ed è necessario reagire di conseguenza.

Tale fase consiste essenzialmente nella *Pianificazione degli Itinerari a rischio minimo*, con l'identificazione dell'itinerario "ottimale" (cioè a rischio minimo) per ogni singolo viaggio. Ciò comporta l'aggregazione delle diverse tratte inter-modali attraverso un processo di analisi del rischio condotto su uno strato superiore di dati e modelli che tengono conto sia della dinamicità dello scenario che di aspetti più propriamente legati al contesto operativo del trasporto. La corretta pianificazione degli itinerari ottimali è una fase particolarmente strategica del processo; qui infatti occorre considerare non solo i rischi tecnici associati al trasporto (che comunque rappresentano il driver primario) ma anche i benefici ottenibili in termini di efficienza delle operazioni, sostenibilità economica, impatti sul processo produttivo-logistico e sulla regolamentazione. I dati e modelli considerati nella fase di prevenzione riguardano essenzialmente:

- *Infrastrutture intermodali di trasporto*: in questo caso vengono considerate informazioni dinamiche, relative allo stato di agibilità delle infrastrutture (stradali, ferroviarie, marittime, fluviali) dovuto ad eventuali situazioni anomale (e.g. intenso traffico rilevato o previsto, lavori in corso, inagibilità temporanea dovuta ad incidenti) presenti nelle stesse.
- *Previsione/situazione Meteorologica*: attraverso modelli e sistemi avanzati che consentano una elevata risoluzione spazio-temporale della previsione/situazione
- *Sistemi NAV/COM*: vale a dire eventuali anomalie (rilevate o previste) e contingenze dei sistemi che possono portare ad un degrado delle prestazioni nominali
- *Indicatori Economici*: cioè dati e modelli legati al ciclo economico produttivo e di mercato delle sostanze pericolose, ivi compresi i costi (per il pubblico ed il privato) legati al verificarsi di un evento dannoso etc.
- *Indicatori del Trasporto*: vale a dire dati e modelli legati al ciclo del trasporto intermodale, quali la tipologia dei mezzi impiegati, il costo del trasporto, le possibili combinazioni modali etc.
- *Modelli di Conseguenza*: degli eventi dannosi in particolare relativamente agli impatti sulle infrastrutture, sul territorio/ambiente, sulla popolazione etc.

Attraverso i suddetti elementi viene condotta un'analisi decisionale multi-criterio che consente di comparare diverse "strutture" di rischio (e.g. alta probabilità/lievi conseguenze vs. bassa probabilità/gravi conseguenze) e di determinare conseguentemente i percorsi ottimali; il processo, per come è stato descritto, consente di ottenere una pianificazione "dinamica", cioè che tiene conto delle variazioni di stato delle variabili prese in considerazione (e.g. un evento franoso che rende un tratto di strada inagibile). Occorre dunque prevedere una fase di *validazione* (e conseguente autorizzazione) dei percorsi, vale a dire la verifica della rispondenza del percorso totale con la situazione di rischio aggiornata per le diverse tratte inter-modali. Il processo di pianificazione non è solo precedente alla fase del trasporto bensì deve essere in grado di svolgersi anche durante l'effettuazione del trasporto stesso, quando sia necessario, in tempo reale, eseguire una *ri-pianificazione* dei percorsi volta a ridurre altri pericoli generati dal possibile sopraggiungere di altri veicoli ed a facilitare gli interventi di gestione dell'emergenza. La ri-pianificazione può vedersi, in termini elementari, come una pianificazione che si svolge su uno scenario informativo aggiornato ed integrato con altri tipi di sorgenti di dati.

La Fase di Monitoraggio e Controllo del Trasporto

Durante lo svolgimento del trasporto occorre effettuare un monitoraggio "on-line" continuo dello stesso in modo da rilevare rapidamente situazioni anomale o di allarme che richiedano l'attuazione di provvedimenti mitigativi.

Il monitoraggio del trasporto consiste nella raccolta ed analisi dei dati relativi a parametri identificati come critici, vale a dire che possono incidere sulla valutazione del rischio o provocare una situazione di allarme.

Tali parametri riguardano primariamente i mezzi e le merci in movimento (posizione e velocità, rispondenza del percorso effettuato con quello pianificato, integrità del veicolo e della merce), ma anche le informazioni dinamiche considerate nella fase di pianificazione dei percorsi, cioè le infrastrutture, il traffico, l'integrità dei sistemi di navigazione etc. E' importante pertanto definire i requisiti di monitoraggio, come ad esempio l'accuratezza, la latenza e la frequenza con cui è necessario reperire tali dati per assicurare livelli accettabili di sicurezza del trasporto pericoloso.

Un elemento fondamentale del processo di monitoraggio è la capacità di rilevare, automaticamente ed in tempo reale, situazioni di allarme sia a livello di infrastrutture e di territorio che, soprattutto, relativamente ai

veicoli ed alle merci trasportate. L'allarme deve essere rilevabile da remoto sulla base delle informazioni provenienti dalle infrastrutture di monitoraggio (sensori, terminali di bordo etc.) in base a logiche applicative implementate a livello di centro servizi/di controllo o di terminale, in relazione alla tipologia di allarme.

Quando viene attivata una situazione di emergenza occorre porre in atto una serie di provvedimenti mitigativi di *controllo* del processo di trasporto. In primo luogo, sulla base del tipo di emergenza, occorrerà effettuare un'analisi (in tempo quasi-reale) delle conseguenze. Tale analisi, adeguatamente supportata da opportuni modelli, consente di valutare l'impatto e la gravità dell'evento dannoso e di conseguenza fornisce le basi per l'attuazione di provvedimenti mitigativi. In particolare, relativamente al controllo del trasporto (delle emergenze si parlerà nella sezione successiva), occorre intervenire sul traffico dei mezzi transitanti in zona o che si prevede possano transitare in zona, sia quelli "ordinari" che quelli che trasportano merci pericolose. Per questi ultimi in particolare occorrerà effettuare una ri-pianificazione dell'itinerario nelle modalità descritte nella sezione precedente. La ri-pianificazione dovrà tenere conto sia della stima delle conseguenze che dei dati dinamici legati alla fase di risposta all'emergenza (e.g. l'ampiezza della zona interdotta alla circolazione, i tempi di ripristino stimati dagli operatori di emergenza e dai gestori dell'infrastruttura, etc.). La fase di controllo del trasporto avviene in maniera contestuale alla fase di supporto alla gestione delle emergenze e dovrebbe, per quanto possibile, integrarsi con questa in modo da assicurare una risposta efficace e coordinata all'evento dannoso.

La Fase di Supporto alla Gestione dell'emergenza

Il supporto alla gestione delle emergenze si avvale delle informazioni e dei modelli utilizzati nelle altre fasi (in particolare la fase di prevenzione) in modo da fornire lo scenario informativo necessario ad assicurare un intervento efficace da parte degli operatori di emergenza. In particolare:

- L'analisi delle conseguenze fornisce una stima del danno ed aiuta a valutarne gli impatti (sulla popolazione, sull'ambiente, sulle infrastrutture)
- Il monitoraggio ed il controllo del trasporto consente agli operatori di emergenza di disporre della situazione aggiornata circa le caratteristiche territoriali dell'evento dannoso (e.g. la situazione idrografica - laghi, fiumi, falde acquifere), la posizione dei veicoli coinvolti, lo stato della merce trasportata (e.g. temperatura), etc.

Tali informazioni forniscono un efficace supporto al processo decisionale di intervento. Occorre qui osservare che tale fase può integrarsi a diversi livelli con le fasi ed i processi precedentemente descritti. Si può infatti, come casi estremi, immaginare uno scenario (cioè una soluzione) che veda la gestione dell'emergenza come un collettore di informazioni delle fasi di analisi del rischio, prevenzione e monitoraggio del trasporto, oppure pensare di realizzare un sistema integrato dove i vari processi condividono informazioni e modelli: la gestione dell'emergenza potrebbe fornire informazioni utili alla ri-pianificazione dei percorsi ed alla valutazione del rischio; l'analisi delle conseguenze potrebbe efficacemente alimentare dei nuovi e più accurati modelli di risposta (procedure operative di emergenza) all'evento dannoso. Uno schema logico-funzionale che mostra le inter-relazioni fra le attività previste nelle varie fasi è riportato in figura 1.

3. LA SOLUZIONE:APPROCCIO, SISTEMI E TECNOLOGIE

3.1 Descrizione dell'approccio

Dall'analisi che precede è facile rendersi conto come il processo dei trasporti pericolosi sia molto complesso sia da un punto di vista tecnico che organizzativo. Tale processo non può né essere gestito a livello centrale né d'altra parte essere delegato alla responsabilità delle sole aziende di trasporto: la partecipazione di numerosi soggetti nell'attuazione del trasporto e delle relative emergenze, la necessità di ricorrere a soluzioni innovative di sistemi/tecnologie/servizi e l'esigenza di integrare nella soluzione infrastrutture e scenari operativi esistenti, richiedono invero la presenza di una struttura complessa e ben organizzata. L'approccio da seguire è quello di riferirsi ad una architettura distribuita sul territorio che consenta la condivisione da più parti sia degli scenari informativi che dei risultati delle analisi di rischio, per le funzioni necessarie alle attività di prevenzione e supporto alla gestione delle emergenze.

La necessità di realizzare un'architettura (logico-funzionale, fisica organizzativa), che consenta peraltro di riutilizzare infrastrutture già esistenti si traduce in termini tecnici in un'architettura di componenti basata su *middleware* capace di supportare interazioni tra diverse organizzazioni, di creare dinamicamente servizi e condividere qualsiasi tipo di informazione che si necessita. Un esempio di ciò è mostrato in figura 2.

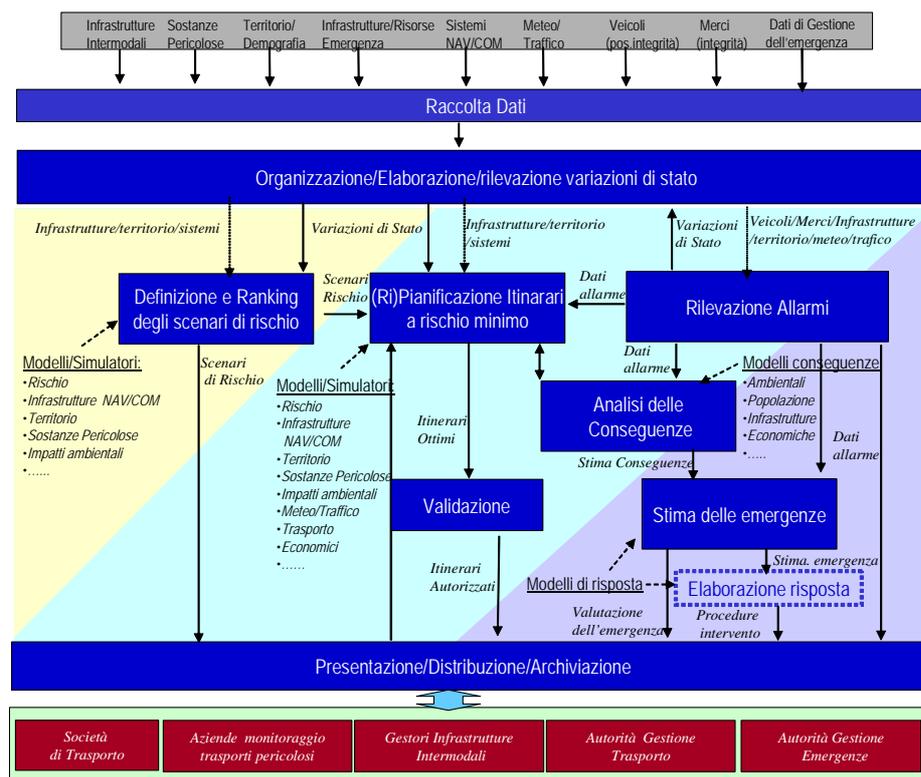


Figura 1. Schema Logico-Funzionale del Contesto Applicativo

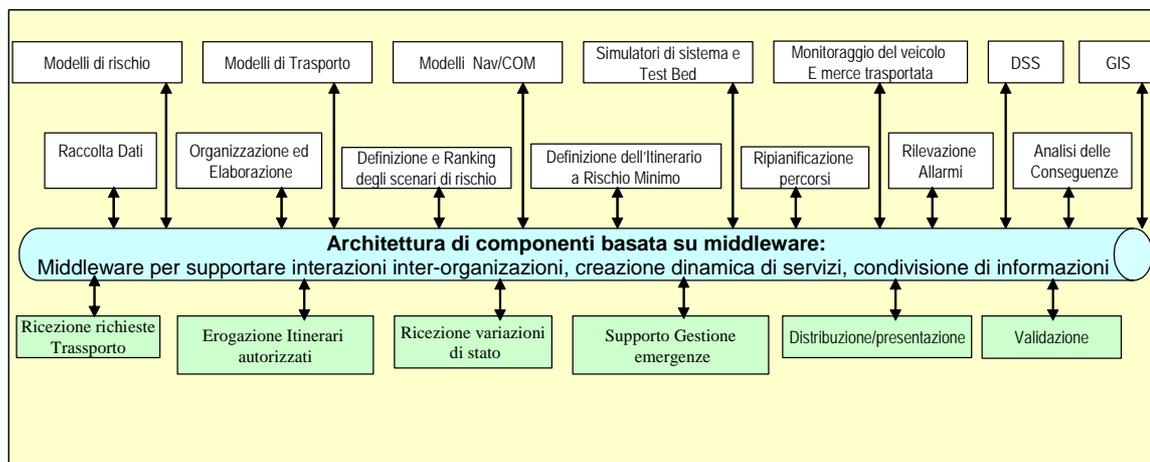


Figura 2. Architettura Distribuita

Tale “backbone” deve essere considerato un insieme di elementi comuni per creare servizi in modalità omogenea. Il principale di tali elementi è costituito dalle componenti di localizzazione/navigazione in quanto esigenza comune a tutti gli scenari identificabili. In questo contesto tali componenti, che basano la creazione di servizi sui sistemi satellitari GNSS di prossima generazione, possono ben costituire una piattaforma trasversale rispetto alle tematiche del trasporto fornendo un sistema omogeneo ed all'avanguardia tecnologica.

Tale piattaforma dovrà essere in grado di creare servizi in modo distribuito e quasi indipendente dal contesto ambientale. Ad esempio, come accennato in precedenza in ambiente urbano, o in situazioni particolari (gallerie), diventa critica l'acquisizione di segnali satellitari (*shadowing*) ed al contempo è necessario il coordinamento delle risorse sul campo, attraverso una localizzazione affidabile delle stesse, per minimizzare i tempi di intervento. Varie metodologie sono possibili (tecniche locali di *augmentation: network assisted*, differenziali, etc.), ma in relazione a particolari situazioni deve essere possibile identificare la più rispondente ai requisiti. L'identificazione può essere demandata alla “piattaforma” che potrebbe ad

esempio effettuare un'elaborazione remota, basandosi sulle sole misure provenienti dal ricevitore per localizzarlo, integrando anche le informazioni derivate dai parametri del sistema EGNOS; ciò al fine di valutare l'integrità della determinazione e migliorarne l'accuratezza di localizzazione.

Elementi simili in prospettiva Galileo devono essere investigati al fine di preparare le basi per creare componenti con elevato valore competitivo. Tali elementi possono essere integrati nell'architettura delle componenti locali GNSS con forti ricadute sia a livello prestazionale, nel settore specifico dei trasporti pericolosi, che per gli altri settori indirizzabili. Inoltre, non deve essere sottovalutato che l'accessibilità di tali strumenti non può essere limitata ad un utilizzo sperimentale circoscritto, ma deve essere esteso e distribuito in modo da fornire servizi di navigazione ad altri componenti che costituiranno il valore aggiunto ai sistemi EGNOS/Galileo.

Da un'analisi delle ultime tecnologie, lo strumento che più può realizzare un'architettura di questo tipo è la tecnologia basata sui *web services* che consentono di collezionare informazioni e processi a cui possono accedere diversi sistemi localizzati in qualsiasi postazione geografica e strutturati in diverse maniere. Questi servizi rappresentano la convergenza tra i così detti SOA (*Service-Oriented Architecture*) ed il web e basano la comunicazione tra i diversi moduli all'interno dell'architettura sul linguaggio XML (*Extensible Markup Language*). Questi servizi rendono il loro utilizzo facilmente accessibile ad una larga utenza in quanto si può accedere ad essi tramite un normale browser.

Nel seguito vengono descritti i principali elementi di tale architettura distribuita, con particolare riferimento alle opportunità offerte da sviluppi innovativi legati ai sistemi satellitari GNSS presenti e futuri (Galileo).

3.2 Sistemi per il supporto alla Gestione del Rischio (Fasi di analisi del rischio e prevenzione)

Tali sistemi risultano composti dalla combinazione di opportuni algoritmi e modelli, simulatori e SW applicativi per la collezione, l'aggiornamento, la manipolazione e la visualizzazione di grandi volumi di dati. Un elemento importante è la *gestione avanzata dell'informazione* attraverso lo sviluppo di un ambiente GIS *quasi-real-time*, per favorire una rapida ed immediata comprensione di scenari complessi da parte dei diversi attori coinvolti.

Opportuni *Sistemi di Supporto alle Decisioni (DSS)* multi-criterio devono consentire la gestione del rischio associato al trasporto in termini di pianificazione ed attuazione di provvedimenti mitigativi (e.g. ri-pianificazione). La funzionalità di deviazione dei trasporti pericolosi dall'area di crisi può essere gestita ordinariamente attraverso procedure SW di gestione automatica o semi-automatica; tuttavia deve essere possibile intervenire su tali procedure, sulla base dell'evolversi dell'emergenza e del verificarsi di scenari imprevisi. L'implementazione dei modelli deve essere realizzata con strumenti software in grado di integrarsi con le diverse componenti previste all'interno del sistema, in particolare con i sistemi e le procedure di localizzazione di veicoli e merci.

3.3 Sistemi per il supporto alla Gestione delle Emergenze

Tali sistemi, funzionalmente simili ed eventualmente integrabili con i precedenti, hanno il compito di fornire supporto alle autorità competenti per la gestione dell'emergenza. Come tali, dovranno garantire ai suddetti attori un'agevole ed immediata comprensione (ambiente GIS in tempo quasi-reale) dello scenario accidentale, includendo informazioni circa il territorio nel quale è avvenuto l'incidente, i mezzi coinvolti, i trasporti pericolosi nell'intorno dell'area "calda" con aggiornamento frequente, la stima dell'evento dannoso (attraverso modelli di conseguenza e simulatori di scenario) ed eventualmente anche il tipo di intervento e le procedure da adottare.

Da un punto di vista di modellistica l'aspetto innovativo riguarda l'elaborazione di un Sistema di Supporto alle Decisioni multicriterio che permetta di elaborare il piano di emergenza più appropriato in funzione della tipologia di emergenza e delle informazioni acquisite dal centro di gestione durante questa fase.

3.4 Sistemi per il Monitoraggio e Controllo di mezzi di trasporto e merci

Tali sistemi dovranno garantire il necessario supporto e l'attuazione delle funzionalità relative alle fasi di prevenzione e supporto alla gestione emergenze, e dovranno essere quindi in grado di garantire il pieno monitoraggio e controllo delle operazioni di trasporto; possono considerarsi composti dai seguenti elementi:

- ***Componenti Distribuite per Servizi di Monitoraggio e Controllo*** dei mezzi di trasporto e delle merci. Tali elementi implementano la logica di attuazione delle fasi di prevenzione e supporto alle emergenze gestendo, a livello applicativo, il dialogo con i terminali mobili, con i Centri Operativi dei gestori delle

infrastrutture di trasporto stradale, ferroviario e marittimo/portuale, fluviale, interportuale e con le infrastrutture telematiche di monitoraggio. Tali elementi sono responsabili di fornire in tempo reale a tutti gli attori coinvolti nel processo la situazione aggiornata, relativa ai veicoli/merci in transito. In particolare, occorrerà sviluppare delle logiche e soluzioni applicative innovative volte alla *rilevazione automatica* di situazioni di allarme (deviazione dai percorsi pianificati, anomalie nei parametri di monitoraggio del veicolo o merce, variazione della mutua distanza tra i veicoli, incidenti....) secondo i requisiti definiti e tenendo conto della sostenibilità dei costi (e.g. di comunicazione).

Un'altra funzione di tali elementi è quella di attuare i provvedimenti mitigativi di controllo provenienti dalle infrastrutture di gestione del rischio/emergenza. A tal fine occorrerà implementare dei SW applicativi in grado di interpretare tali disposizioni e tradurle automaticamente in messaggi verso i terminali.

- Componenti Locali di Navigazione eventualmente integrabili, a livello di centro servizi, con i precedenti, saranno dedicati a migliorare le prestazioni dei sistemi di navigazione satellitare garantendo quindi il monitoraggio ed il controllo dei veicoli e delle merci secondo i requisiti tecnici definiti. Studi condotti in seno al Programma Galileo (GALA, Galilei) hanno definito dei requisiti di navigazione per il trasporto merci pericolose (inclusa la notifica di incidenti) piuttosto stringenti, soprattutto in termini di accuratezza, integrità e disponibilità del servizio. Ciò appare chiaro ove si pensi alle esigenze operative degli attori direttamente coinvolti nella gestione delle emergenze (ad esempio le emergenze in galleria costituiscono una delle priorità del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco: è importante che i trasporti pericolosi possano essere tracciati anche in galleria o perlomeno che se ne possa registrare entrata e uscita). I componenti locali ed i relativi servizi di *augmentation* rappresentano dunque l'elemento abilitante l'adozione di sistemi GNSS nell'intero processo del trasporto. Tali componenti, che comprendono le reti locali di *augmentation* (e.g. stazioni di riferimento DGNSS), faranno riferimento a delle infrastrutture per la fornitura dei servizi che provvederanno eventualmente anche alla gestione delle reti stesse ed al rilascio dei servizi di navigazione tramite i canali di comunicazione (terrestre/satellitare) più appropriati in relazione ai diversi contesti operativi intermodali. Inoltre, tali infrastrutture dovranno fornire a tutti gli attori coinvolti informazioni circa il funzionamento secondo specifiche dei sistemi satellitari e delle reti locali stesse, allertando le infrastrutture di gestione del rischio/emergenza qualora si verificino situazioni anomale (previste o contingenti). Le tecniche di *augmentation* implementate ed i relativi algoritmi di processamento ed applicativi per la fornitura del servizio (DGNSS, Posizionamento Network Assisted, broadcast del segnale EGNOS via reti terrestri, etc.) discendono dall'analisi dei requisiti, tenendo anche in considerazione gli aspetti legati agli impatti (economici, ambientali) delle infrastrutture.

- Terminali/Sensori

Lo sviluppo di terminali utente NAV/COM costituisce uno degli elementi chiave della soluzione. La complessità dello scenario operativo dei trasporti pericolosi e le esigenze di garantire un adeguato livello di sicurezza si riflettono in requisiti molto stringenti per i terminali sia da un punto di vista HW che SW. Per quanto riguarda gli aspetti di navigazione, i terminali dovranno primariamente garantire al sistema la continua disponibilità di dati di localizzazione accurati ed affidabili. Ciò ha impatti sulle tecniche di acquisizione e processamento dei segnali GNSS, sulla capacità di passare a sistemi secondari qualora vengano rilevate anomalie nei segnali GNSS (da ricevitore mediante tecniche RAIM - *Receiver Autonomous Integrity Monitoring* ed FDE - *Fault Detection and Exclusion* - o dalle componenti locali o regionali di *augmentation*) e sulle tecniche e gli algoritmi di *augmentation* locale. Altrettanto complessi sono gli aspetti di comunicazione; in relazione ai requisiti di monitoraggio e controllo dei mezzi identificati ed alla quantità di dati si dovranno definire le componenti di più appropriate sia per la trasmissione bi-direzionale di dati che per la ricezione di *augmentations* e di telecomandi. Lo scambio di informazioni con il centro servizi dovrà essere assicurato da reti di telecomunicazione terrestri, satellitari, ed in ambito locale da sistemi Bluetooth o WiFi. La sinergia e complementarietà delle diverse reti di telecomunicazione terrestri e satellitari è in grado di garantire una efficace ed affidabile copertura di tutto il territorio, anche nelle situazioni critiche in aree disagiate. La selezione di ciascuna rete da parte del terminale deve poter avvenire in maniera automatica o anche manuale in caso di particolari necessità. In particolare, in caso di situazioni di allarme il terminale deve adottare automaticamente i sistemi di comunicazione più affidabili in funzione del contesto operativo (e di rischio).

I terminali installati a bordo dei veicoli devono essere opportunamente integrati con periferiche esterne funzionali all'applicazione in grado di rilevare stati, misure ed allarmi, relativi ai parametri sensibili quali stato di usura di particolari organi meccanici, informazioni sullo stato del carico come pressione, temperatura, peso, entità di vibrazioni etc. Nel campo della sensoristica, elementi innovativi da analizzare riguardano sensori specifici per il supporto alle emergenze (ad esempio sensori di stato del carico resistenti al fuoco ed in grado di rimanere attivi durante l'evento dannoso, per rendere più sicura

ed efficace l'azione dei Vigili del Fuoco). L'acquisizione di tutte le informazioni richieste potrà essere affidata ad opportuni sensori e trasduttori o all'ispezione visiva degli operatori sul campo.

A livello SW/applicativo il terminale deve dunque implementare tutti i moduli specifici funzionali alle applicazioni necessarie alla prevenzione e supporto emergenze (monitoraggio del carico, *route tracking and guidance*, rilevazione automatica e notifica anomalie/allarmi); in particolare dovrà essere in grado di gestire autonomamente situazioni di allarme, anche a livello di interfaccia MMI.

Analogamente alle procedure di acquisizione dati per la organizzazione del trasporto, il terminale può essere utilmente impiegato anche nella gestione ed automazione delle operazioni di scarico per una efficace rendicontazione. Infine, il terminale potrà costituire un valido supporto alle squadre di intervento nella raccolta di dati ambientali, come la presenza di particolari sostanze tossiche, attraverso l'impiego di opportuni sensori, e la localizzazione di personale di soccorso, di feriti e la distribuzione del carico eventualmente perso dall'automezzo in caso di incidente. I terminali potrebbero anche ricevere dai centri servizi informazioni dettagliate circa il luogo dell'intervento (come mappe) o eventuali punti di interesse particolare (come la presenza di condutture, tubazioni, etc.) oppure particolari software di analisi di dati, ad esempio per un'analisi rapida di campioni di sostanze ritenute tossiche. Le stesse tecnologie descritte, sono adeguate ed efficacemente utilizzabili anche dalle squadre di sorveglianza impiegate nel controllo delle infrastrutture per la raccolta di dati relativi allo stato delle infrastrutture stesse ed alla segnalazione di situazioni anomale ed incidenti.

Il driver primario nello sviluppo dei terminali deve essere la modularità dell'architettura, in modo da consentire sia una implementazione graduale di componenti innovative sia di differenziarne le tipologie sulla base delle applicazioni e dei servizi definiti.

- **Infrastruttura di Comunicazione**

Elemento fondamentale della soluzione è lo sviluppo di una rete di telecomunicazione che garantisca il collegamento *sicuro, affidabile e real-time* tra le diverse infrastrutture operative. Ciò è necessario per assicurare un efficiente ed efficace svolgimento dei processi decisionali collaborativi, per garantire che le fasi di prevenzione e supporto alle emergenze si svolgano in tempi rapidi e, non da ultimo, per assicurare la riservatezza e l'integrità delle informazioni scambiate. Relativamente a quest'ultimo aspetto si osservi che le informazioni relative ai trasporti pericolosi ed alle relative emergenze sono quanto mai "sensibili" e devono essere protette da interferenze intenzionali o casuali da parte di ignoti.

Come già accennato, a seconda delle necessità e degli scenari operativi e di utilizzo del sistema, tale infrastruttura potrà avvalersi dell'utilizzo di reti di telecomunicazione terrestri, satellitari e - in ambito locale - di sistemi Bluetooth o WiFi.

L'infrastruttura di comunicazione dovrà, con diversi livelli di prestazione, interconnettere i diversi componenti dell'architettura sia con attori "esterni" (quali ad esempio fornitori di contenuti e servizi in grado di fornire informazioni e di generare servizi a valore aggiunto) che tra i sistemi e le infrastrutture che direttamente concorrono alla gestione del rischio e delle emergenze. La specificità di ciascuna tipologia di servizio guiderà la scelta verso soluzioni terrestri (e.g. IP, VPN) o satellitari (e.g. WAN satellitare).

Gli elementi sopra descritti rappresentano "il cuore" del sistema. Altri componenti di rilievo che dovranno interagire, a diversi livelli, con il sistema stesso sono:

- Centri Servizi Informativi (Meteo, Traffico)
- Centri Operativi di Gestori delle infrastrutture intermodali (stradali, marittimo/portuale, fluviali, ferroviarie e gestori di flotte)
- Infrastrutture Telematiche (ad esempio di identificazione automatica veicoli e merci)
- Centri di Servizi a valore aggiunto

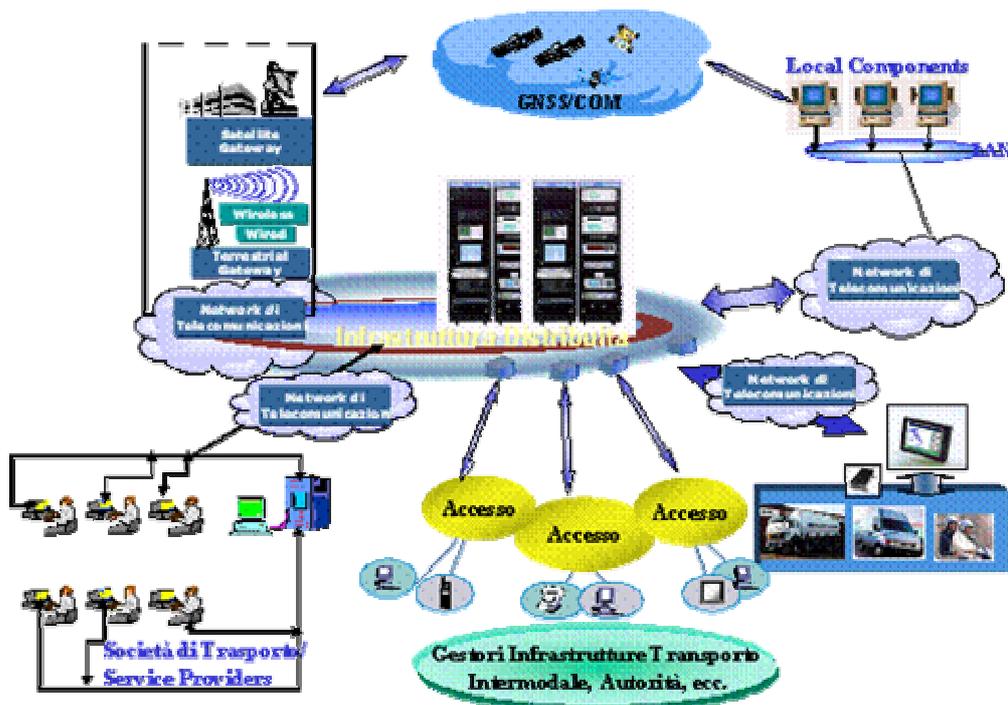


Figura 3. Lo scenario architetturale della soluzione proposta

4. SCENARIO TECNOLOGICO

Varie tecnologie di Navigazione e Comunicazione adatte agli scopi descritti in precedenza sono attualmente disponibili, o in via di sviluppo, sia su scala nazionale che europea/ mondiale. La tabella seguente riassume le implicazioni tecnologiche della realizzazione del sistema descritto, finalizzato alla sicurezza del trasporto di merci pericolose.

Per molte di tali infrastrutture tecnologiche è facile evidenziarne la trasversalità rispetto agli obiettivi considerati, e ciò consente di rispondere all'esigenza di sviluppo di una piattaforma di servizi aperta, in grado di garantire l'espansibilità verso nuove applicazioni e nel contempo la flessibilità dei prodotti applicativi, che non sono direttamente vincolati al supporto di infrastrutture specifiche o proprietarie.

5. BENEFICI INDOTTI ED OPPORTUNITA'

Le tecnologie satellitari e telematiche possono rappresentare le tecniche abilitanti con cui far evolvere ed ottimizzare i processi del trasporto, del ciclo produttivo e della sicurezza, rendendoli sempre più efficienti. Tali tecnologie, infatti, possono – oltre a garantire la necessaria sicurezza - trasferire le informazioni sullo stato dei mezzi, delle unità di carico e delle merci in tempo reale, semplificando i processi amministrativi ed operativi, migliorando sostanzialmente l'efficienza complessiva del sistema trasporti del nostro Paese. Tutto ciò anche per effetto del raggiungimento di una rilevante "massa critica" dovuta alla particolarità del trasporto specifico, alle implicazioni che lo stesso determina sul territorio e sull'ambiente e che - per logica conclusione - consentirà l'utilizzo delle applicazioni con costi notevolmente più bassi.

Oltre a ciò, la riservatezza delle informazioni di localizzazione dei trasporti pericolosi e dei messaggi operativi può contribuire ad impedire la pianificazione di furti o attentati terroristici a trasporti sensibili (sostanze radioattive o particolarmente tossiche).

I benefici del sistema nella gestione delle emergenze non si limitano alla possibilità di allontanare ulteriori trasporti pericolosi dall'area interessata dall'emergenza ai fini della riduzione del rischio, ma possono investire la stessa pianificazione della distribuzione delle risorse di emergenza. Ad esempio, utilizzando le conseguenti analisi statistiche sulla densità di "transito pericoloso" per ciascun tratto della rete stradale, in modo tale da dislocarvi mezzi appositamente attrezzati per le tipologie di emergenze più frequenti localmente (particolari tipologie o quantità di estinguenti o dispositivi di protezione individuale, ecc.).

Inoltre, la conoscenza di tipologia, quantità e stato del carico, nonché dei modelli di conseguenza dell'evento dannoso permette al personale di emergenza di operare in sicurezza: la squadra dei Vigili del

Fuoco, conoscendo lo stato del carico al momento dell'arrivo sul posto, può scegliere la tattica più opportuna per minimizzare il rischio (ad esempio, in caso di imminenza di un'esplosione, decidendo di operare a distanza di sicurezza), mentre la Centrale Operativa potrà concentrare sull'emergenza le risorse necessarie in funzione della gravità e dell'evoluzione della situazione.

La conoscenza dello stato e della quantità della sostanza interessata permette inoltre di calcolarne l'eventuale spargimento e versamento in falda (grazie a tali informazioni i Vigili del Fuoco potrebbero decidere di non usare acqua, al fine di minimizzare il versamento in falda).

Circa, poi, la gestione delle perdite liquide da cisterne contenenti sostanze pericolose - piuttosto frequente - la procedura attuale di intervento prevede il travaso del liquido ad altre cisterne idonee al trasporto della stessa sostanza e di capienza residua adeguata. In questi casi, il sistema allo studio permetterebbe di individuare le cisterne idonee più vicine e di farle convergere sul posto velocemente con una conseguente notevole riduzione della quantità di liquido disperso. Senza contare i benefici della conseguente riduzione dei tempi di impegno della squadra di Vigili del Fuoco sul posto e di blocco della circolazione per fini preventivi.

Oltre ai benefici direttamente ottenibili, come sopra esemplificato, vanno poi considerati i benefici indiretti e le ricadute derivanti dalla presenza di un tale sistema. L'interesse degli Enti Istituzionali per una soluzione del tipo di quella descritta risulterebbe certamente garantito anche in considerazione dei benefici economici e sociali indotti, quali ad esempio:

- la riduzione del numero di incidenti e, quindi, una corrispondente riduzione dei costi per i soggetti interessati e per la collettività, anche grazie al fatto che il controllo puntuale indurrà un comportamento più corretto e responsabile nei conducenti degli automezzi;
- la riduzione - se non addirittura eliminazione - del blocco per tempi indeterminati delle attività in nodi ed infrastrutture stradali e ferroviarie (come si è già verificato, ad esempio, nel traforo de Monte Bianco);
- una miglior organizzazione del trasporto intermodale, e quindi un più efficiente equilibrio modale ed un migliore utilizzo delle infrastrutture e dei mezzi di trasporto;
- una migliore pianificazione ed organizzazione del trasporto stradale dovuta alla tempestività delle informazioni da e per le infrastrutture stradali relative a incidenti, lavori in corso, ecc.
- l'acquisizione di dati statistici fondamentali per una migliore comprensione dei bisogni e pianificazione degli interventi infrastrutturali a sostegno del trasporto delle merci.

Prodotto applicativo	Eventuali altre applicazioni convergenti	Requisiti per l'infrastruttura tecnologica strumentale all'applicazione			
		Tecnologie esistenti		Tecnologie da sviluppare	
Servizi telematici distribuiti in rete (Nav, Com, IT).	Logistica integrata, movimentazione merci infomobilità (servizi ai passeggeri, ad utenti mobili) trasporto passeggeri in aree delimitate (e.g. aeroporti, porti)	Navigazione: GPS, Reti DGPS, EGNOS (fase corrente) Comunicazioni PSTN, GSM, GPRS		Navigazione: Local components, sistema Galileo, EGNOS (definitivo) Comunicazioni UMTS, S-UMTS/S-DAB, sistemi Broadband (anche satellitari), Reti WiFi	
Applicazioni SW distribuite in un sistema integrato di gestione cooperativa del trasporto merci pericolose	trasporto marittimo	Navigazione: GPS, EGNOS (fase corrente)	Comunicazioni Reti TLC satellitari	Navigazione sistema Galileo, EGNOS (definitivo)	Comunicazioni: Reti TLC: S-UMTS/S-DAB sistemi Broadband satellitari
	organizzazione delle attività lavorative che necessitano mobilità		Navigazione: Reti DGPS Comunicazioni: PSTN, GSM, GPRS		Local component Rete TLC: T-UMTS/T-DAB, Reti WiFi
Terminale integrato Nav/Com		Navigazione: GPS, Reti DGPS, EGNOS (fase corrente). Comunicazioni: PSTN, GSM, GPRS		Navigazione: Local components, sistema Galileo, EGNOS (definitivo) Comunicazioni: UMTS, S-UMTS/S-DAB, sistemi Broadband (anche satellitari), Reti WiFi	

Tabella 1: Scenario tecnologico per il supporto delle soluzione considerata

6. CONCLUSIONI

Il Piano Spaziale Nazionale 2003-2005 recita: *”Per aumentare l’efficienza delle infrastrutture di gestione del traffico la tecnologia satellitare può fornire un valido ausilio: la localizzazione via satellite, opportunamente integrata con sistemi di comunicazione e dati rilevati dai satelliti di osservazione terrestre, può fornire un contributo essenziale nel settore della sicurezza, delle emergenze e nel settore della gestione dei trasporti.”*. Il Piano Generale dei Trasporti e della Logistica annovera *“l’incremento della sicurezza dei trasporti”* tra i suoi grandi obiettivi strategici. La complementarità degli indirizzi e la convergenza delle visioni espresse in seno a tali documenti programmatici possono fornire un’immediata e diretta comprensione della rilevanza, nazionale e comunitaria, di tale problematica e dell’urgenza di porre in atto una soluzione sostenibile.

Nel presente articolo si è cercato di fornire le linee guida per la definizione, sviluppo e sperimentazione di un sistema aperto e distribuito per il supporto alla gestione dei trasporti pericolosi, basato primariamente su sistemi e tecnologie satellitari: attraverso la realizzazione di uno scenario “end-to-end”, che comprenda tutti gli attori coinvolti nella catena del valore, si potrà fornire un contributo sostanziale alla sicurezza e all’efficienza del sistema del trasporto creando al contempo le basi, in termini di capacità acquisite e di benefici ed opportunità commerciali per un forte sviluppo della filiera produttiva nazionale.

Dalla disamina preliminare del contesto logico funzionale in cui l’applicazione è articolata è facile rendersi conto di come il processo dei trasporti pericolosi sia molto complesso sia dal punto di vista tecnico che organizzativo. Tale processo non può quindi essere gestito né a livello centrale né d’altra parte delegato alla responsabilità delle sole aziende di trasporto: la partecipazione di numerosi soggetti nell’attuazione del trasporto e delle relative emergenze, la necessità di ricorrere a soluzioni innovative di sistemi, tecnologie e servizi e l’esigenza di integrare nella soluzione infrastrutture e scenari operativi esistenti, richiedono invero la presenza di una struttura complessa e ben organizzata. L’approccio da seguire è quello di riferirsi ad una architettura distribuita sul territorio, che consenta la condivisione da più parti di dati, informazioni e responsabilità. In estrema sintesi occorre porre in essere uno scenario che consenta l’attuarsi di *filosofie collaborative* nel processo di supporto alla gestione dei trasporti pericolosi e delle relative emergenze.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Piano Generale dei Trasporti e della Logistica ed Appendice A 12.3 del Capitolo 12: telematica al servizio del Trasporto Merci Pericolose Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, Luglio 2000
- [2] Progetto ARTIST: Architettura Telematica Italiana per il Sistema dei Trasporti - Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, Gennaio 2003
- [3] European Transport Policy for 2010: Time to Decide, EC White Paper
- [4] Commission recommendation on the development of a legal and business framework for participation of the private sector in deploying telematics-based Traffic and Travel Information (TTI) services in Europe EC Recommendation – 04.07.01
- [5] Progetti PORTICO ed ARTIS-7, in Proceedings of the first world congress on Application of Transport Telematics and Intelligent Vehicle Highway Systems, Ertico, Bruselles,1995
- [6] Documentazione Progetto “Galilei”, Commissione Europea 2003