METODO DI ANALISI PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO "COMPLESSIVO" CONNESSO AL TRASPORTO STRADALE

Alberto Baudà, Italo Ferrari, Annalisa Nordio, Mario Servetto, Maria Grazia Vignolo

DIMSET - Dipartimento di Macchine Sistemi Energetici e Trasporti - Sezione Trasporti, Università degli Studi di Genova, Facoltà di Ingegneria , Via Montallegro, 1- 16145 Genova, tel.: (+39) 010.353.2465 / fax: (+39) 010.353.2555, email di riferimento: abauda@unige.it, annalisa.nordio@unige.it, vignolo@unige.it.

SOMMARIO

Il presente studio si inserisce in un quadro teorico ed applicativo di approfondimento dei metodi per l'analisi del rischio connesso alla sicurezza dell'infrastruttura stradale.

La ricerca, svolta dalla Sezione Trasporti del DIMSET dell'Università degli Studi di Genova per conto della Provincia di Savona – Settore della Protezione Civile, ha cercato di proporre una metodologia originale, teorico-operativa, applicabile "a livelli" successivi di approfondimento dei dati disponibili, in grado di analizzare il rischio "complessivo", ossia, il rischio connesso ai vari aspetti, più o meno naturali (insediamento, ambiente, infrastrutture, incidentalità, ecc.), che compongono il territorio in studio, al fine di comprendere le cause di rottura dell'equilibrio del sistema ed "organizzare" il sistema stesso con interventi di prevenzione e mitigazione del rischio.

La metodologia proposta rappresenta un vero e proprio Decision Support System, applicabile a diverse realtà territoriali, sia urbane che extraurbane, di differente dimensione; costituisce, dunque, uno strumento di intervento strategico al fine di uno sviluppo della mobilità di tipo "sostenibile".

1. ITER PROCEDURALE DI ANALISI DELLA SICUREZZA STRADALE

L'aspetto trasportistico risulta essere un elemento di collegamento tra tutte le componenti territoriali (insediamento, ambiente, infrastrutture), in quanto, avendo un carattere di "diffusione a rete", coinvolge, condiziona e viene condizionato, qualitativamente e quantitativamente, da tutti gli altri fattori del "sistema complesso territorio", un sistema che deve essere "organizzato". Proprio qui interviene *l'Analisi della Sicurezza Stradale.*

Lo studio qui proposto cerca di andare nella direzione appena descritta, ossia, comprendere il sistema al fine di organizzarlo. A tal proposito si ritengono importanti due risultanze della ricerca: la stesura di un iter procedurale di analisi al fine di comprendere a fondo dove e come si presenta la criticità; la creazione di una metodologia di analisi quantitativa per calcolare il rischio "complessivo".

Si procede dunque con la presentazione del primo risultato.

Secondo quanto appena affermato, per conoscere le interazioni esistenti tra il trasporto stradale ed il territorio in studio, e poter così formulare un primo giudizio di sostenibilità della rete stradale in esame, occorre procedere con una sovrapposizione della rete stessa (schematizzazione, caratteristiche geometriche e di traffico) con la cartografia di sintesi contenuta nel Piano Territoriale di Coordinamento e/o nel Piano Territoriale Regionale della zona di studio, consentendo una "lettura a strati del territorio": ogni strato definisce, in rapporto all'infrastruttura esistente, il grado di sensibilità ambientale del territorio per ciascun assetto (insediativo, geomorfologico, vegetazionale ed ecologico). In caso di conflittualità tra le diverse carte occorre approfondire l'analisi per prevedere, in ultima istanza, una serie di interventi efficienti e coordinati.

Si precisa che l'iter procedurale prevede, prima di iniziare l'analisi sulla zona di studio, di essere in possesso di tutti i dati necessari (flussi stradali, geometria, condizioni ambientali, ecc.).

Dopo aver rappresentato l'intera rete viaria, col fine di creare un quadro generale di riferimento, in considerazione anche degli aspetti paesistico-ambientali, si deve focalizzare l'attenzione sulle strade che presentano le maggiori problematiche.

L'analisi precedente è basata su un confronto "d'insieme" delle componenti scelte: ora occorre andare più nel particolare ed analizzare meglio la geometria, la reale capacità ed i dati di traffico dell'infrastruttura in esame, per comprendere i reali punti di conflittualità.

Per iniziare, per ogni strada individuata, una volta descritta la tipologia (strada comunale, provinciale, statale, autostrada, ecc.) e la funzione che ciascuna assolve, si provvede a dare una valutazione geometrica e di flusso. In funzione delle caratteristiche tecniche (pendenza, larghezza della carreggiata, stato di usura della pavimentazione, raggio di curvatura, ecc.), si suddivide la strada in tratti omogenei; in ogni tratto, poi, si

individuano più sezioni significative.

Per ogni sezione individuata occorrono i dati relativi al flusso veicolare riorganizzati secondo determinati parametri complessivi. I parametri da considerare sono: TGM diurno / notturno / totale riferito alle diverse stagioni, TGM medio annuale, velocità medie, volumi e percentuali di traffico commerciale, ore di punta feriali e weekend (orari e volumi), capacità teorica delle sezioni (come valore di capacità ideale può essere usato quello calcolato dall'Highway Capacity Manual in funzione della diversa tipologia di strada), coefficiente di saturazione equivalente, livelli di servizio dell'ora di punta e medio diurno.

Si sottolinea che il livello di servizio è uno dei fattori più importanti da tenere in considerazione. Esso rappresenta la misura della prestazione della strada nello smaltire flussi di traffico; quindi, tiene conto sia della capacità che del flusso presente sull'arteria. E' interessante, dunque, calcolare sia il livello di servizio dell'ora di punta sia il livello di servizio medio diurno: la maggiore criticità si avrà nei casi in cui il livello di servizio è basso in entrambe le situazioni; viceversa, nei casi in cui il livello di servizio si abbassa solamente nelle ore di punta, a fronte di livelli medi diurni buoni, la criticità é inferiore. Occorre, comunque, sottolineare che un incremento del livello di servizio determinato da un aumento della velocità media di percorrenza della strada implica un aumento del rischio connesso all'incidentalità stradale e, dunque, maggiori costi. E' infatti necessario trovare un compromesso tra le diverse variabili al fine di raggiungere il massimo risultato possibile.

Dalla valutazione puntuale e generale dei parametri tecnici elencati, si possono così trarre considerazioni che evidenziano, in termini assoluti, le caratteristiche di circolazione ed infrastrutturali della strada in oggetto e si può valutare, sia per tratti omogenei sia nella globalità d'insieme, la sostenibilità, anche se non nel senso più ampio del termine, della strada stessa.

A questo punto, al fine di completare l'analisi, occorre fare un passo ulteriore assai importante.

Oltre agli aspetti paesistico-ambientali, geometrici e di flusso, risulta necessario porre l'attenzione sull'incidentalità stradale, per capire le reciproche interrelazioni tra l'evento "incidente" e le componenti appena descritte.

Occorre però specificare quanto segue.

Al momento dell'applicazione della metodologia nel territorio della Provincia di Savona, si è verificata una reale difficoltà nel reperimento dei dati sull'incidentalità stradale. A maggior ragione, ciò è valso per i dati relativi al trasporto di merci pericolose, tipologia di trasporto da considerare a parte a causa delle gravi conseguenze che essa comporta in caso di incidente.

La gravità della questione sta nel fatto che tale carenza è stata rilevata non solo nell'ambito della Provincia in esame, ma addirittura a livello nazionale. La causa di fondo deriva dalla mancanza di una procedura cartacea ed informatizzata comune di rilevamento dei dati sull'incidentalità da far utilizzare ai diversi organismi di Polizia preposti al rilevamento dei sinistri stradali, e dalla conseguente eterogenea modalità qualitativa e quantitativa di archiviazione dei dati. In realtà, in Italia esiste uno schema studiato dall'ISTAT per il rilevamento dei dati statistici, ma questo non viene compilato o viene compilato in maniera parziale. Ci si rende, quindi, conto che per avviare una analisi quantitativa del fenomeno "incidente" in grado di prevenire e mitigare il rischio che ne deriva ed al fine di valutare interventi coerenti ed efficaci, occorre, prima di tutto, creare un DATABASE completo di tutti i dati non solo di incidentalità, ma anche di flusso, infrastrutturali, ambientali, di comportamento dell'utente del sistema e così via. Tale DATABASE dovrebbe, però, essere gestito da un apposito Centro di Archiviazione e Monitoraggio, esterno alle varie Polizie, organizzato a livello provinciale e, poi, a livello regionale (eventualmente comunale, per i Comuni con un elevato numero di abitanti), che sia in grado anche di controllare, in modo continuo, la reale veridicità quantitativa del flusso di dati entranti nel DATABASE.

Premesso quanto scritto sopra, l'iter procedurale prevede, quindi, l'analisi quantitativa per calcolare il rischio "complessivo": seconda risultanza. L'analisi può essere avviata grazie alla disponibilità dei dati archiviati nel DATABASE, consentendo di trarre risultati significativi al fine di determinare interventi utili alla diminuzione del rischio. Anche qui il trasporto di merci pericolose ha bisogno di particolari schemi di intervento, in funzione della normativa esistente ed alle particolari precauzioni nella gestione del fenomeno, sia a livello preventivo, sia nell'immediato accadimento dell'incidente.

Occorre, infine, fare un'osservazione: per dare efficacia organizzativa e strategica alle azioni proponibili, ci si è resi conto che risulta necessario indirizzare qualsiasi analisi metodologica sull'approfondimento dell'intervento in caso di emergenza rischi e della prevenzione stessa.

A tal proposito, in conclusione, la procedura proposta si pone l'obiettivo di conoscere lo stato dell'arte relativamente all'emergenza sul territorio in esame e compilare, quindi, un inventario degli organismi, delle direttive e procedure di soccorso utilizzabili in caso di incidente, con particolare attenzione alle situazioni in cui sono probabili conseguenze di tipo ambientale. Poi, in riferimento alle tratte/chilometriche del territorio a maggior rischio incidente individuate nei livelli metodologici precedenti, intende valutare la vulnerabilità gestionale, ossia, l'effettiva efficacia del possibile intervento, in funzione dell'ubicazione ed organizzazione

dei centri attrezzati (mappatura grafica) e del livello delle attrezzature disponibili. L'analisi della *vulnerabilità* consente, quindi, di evidenziare eventuali modifiche/integrazioni al sistema, al fine dell'elaborazione di uno schema di piano di prevenzione e di emergenza efficaci, coinvolgenti in modo integrato le diverse strutture di Protezione Civile, Vigili del Fuoco, Pubblica Assistenza, e così via.

Grazie anche a quest'ultimo aspetto, la procedura proposta può avere ricadute positive ai fini della prevenzione per una difesa di tipo attivo, in vista di una maggiore sicurezza stradale dell'utente e tutela del territorio, obiettivi fondamentali che consentono anche una notevole diminuzione della spesa pubblica per le elevate conseguenze economiche che un incidente stradale comporta, soprattutto quando questo implica anche problemi di tipo ambientale, come nel caso del trasporto di merci pericolose.

Dopo avere esposto l'iter procedurale di analisi della sicurezza stradale e le problematiche esistenti nel settore a livello generale, nei prossimi paragrafi si descriverà, in maniera assai riassuntiva, un DATABASE originale sulla Sicurezza Stradale creato dagli scriventi mediante il programma informatico Access, e la metodologia innovativa sperimentale di analisi quantitativa del rischio "complessivo". Si sottolinea che è stato possibile verificare quanto proposto sulla realtà territoriale extraurbana della Provincia di Savona, in funzione dei dati a disposizione; si è riusciti a fornire come output una valutazione d'insieme di tipo qualitativo, ed in parte quantitativo, dell'incidentalità stradale nella Provincia, individuando precisamente, sulle strade/autostrade in esame, i tratti o le chilometriche a maggior tasso di incidentalità e mortalità; inoltre, grazie al confronto di tutte le variabili del sistema connesse all'aspetto del trasporto si è potuto valutare la "sostenibilità territoriale".

2. IL DATABASE DELLA SICUREZZA STRADALE

Al fine di poter sviluppare l'intero iter metodologico, e comunque per poter giungere a risultati coerenti con la realtà, occorre avere un notevole numero di dati relativi all'incidentalità, alle infrastrutture stradali, ai flussi di traffico, agli aspetti ambientali, demografici ecc. dei territori in esame. Come anticipato, attualmente, la relativa documentazione risulta assai frammentaria, notevolmente eterogenea ed incompleta, a causa del diverso modo di acquisizione dei dati da parte degli organismi a questo preposti (Polizia Stradale, Polizia Municipale, Carabinieri, Assistenza sanitaria, ecc.), della mancanza di uno schema informatizzato standard per l'inserimento dei dati da elaborare in un successivo momento a quello della raccolta, dell'inesistenza di una struttura efficiente di convogliamento dei dati e controllo degli stessi per le verifiche di completezza ed omogeneità.

Grazie alle direttive del Piano Nazionale della Sicurezza Stradale [1] questa situazione di totale caos statistico sta per essere risolta. Si noti che con la presente base-dati non è possibile non solo applicare la metodologia proposta, ma neanche ottenere risultati plausibili da una banale analisi sul numero di incidenti, morti e feriti, in quanto i dati assoluti risultano incompleti.

Il PNSS è finalizzato a creare le condizioni per una mobilità "sicura e sostenibile", riprendendo le indicazioni del Secondo Programma per la Sicurezza Stradale elaborato nel 1997 dalla Commissione Europea. A tale fine il legislatore italiano ha previsto la costituzione di "centri di pianificazione, programmazione, monitoraggio e gestione, provinciale e comunale dedicati esclusivamente al miglioramento della sicurezza stradale che possano:

a) contribuire al miglioramento della completezza e dell'accuratezza della rilevazione degli incidenti stradali;
b) localizzare gli incidenti in modo puntuale sulla rete stradale urbana ed extraurbana;
c) collaborare all'analisi dei fattori di rischio ed alla definizione di soluzioni atte a rimuoverli o a ridurne significativamente la portata;
d) definire e attuare gli interventi per il miglioramento della sicurezza stradale."

Alla base del funzionamento di un Centro di Monitoraggio, esiste un notevole lavoro di raccolta-dati e la successiva elaborazione degli stessi. Necessita, quindi, la creazione di un unico DATABASE completo, omogeneo, efficiente e coerente con la realtà. Si tratta in sostanza di definire un sistema di regole:

a) condiviso da tutte le fonti (Polizia Municipale, Polizia Stradale, Carabinieri, Servizi sanitari, ecc.);

b) finalizzato ad assicurare una sostanziale *coerenza* al patrimonio informativo attualmente disponibile;

c) in grado di ripartire l'attività di rilevazione e organizzazione dei dati sistematici, evitando sia la duplicazione delle informazioni, sia il determinarsi di lacune conoscitive.

Ciò consentirebbe di riorganizzare la rete degli archivi esistenti, di superare gli attuali limiti di settorialismo, di ridondanza per certi aspetti e di carenza per altri, operando prevalentemente sulle metodologie e sulle procedure di acquisizione dei dati e sui formati di organizzazione degli stessi.

Ovviamente è probabile che la progettazione operativa del sistema evidenzierà limiti specifici che richiedono riconfigurazioni, integrazioni informative, riorganizzazione degli organismi preposti alla raccolta dei dati, ma il fine ultimo di questo strumento è quello di massimizzare le potenzialità descrittivo-interpretative proprie delle basi informative attualmente esistenti.

Dal punto di vista organizzativo, gli Organi che intervengono sul luogo del sinistro e rilevano l'incidente stradale, una volta ricostruite le modalità e le cause dell'incidente stesso, potrebbero collegarsi in rete, utilizzando una parola chiave, col Centro di Monitoraggio di competenza territoriale dell'incidente e compilare un rapporto "incidente stradale" standardizzato ("maschera"), ossia, uguale per tutti gli Organi di rilevamento appartenenti allo stesso territorio amministrativo (come, ad esempio, l'intera Provincia di Savona). In tal modo, il rapporto costruito per ogni incidente, via-via verificatosi nel tempo, andrebbe ad alimentare un DATABASE che presenta tutte le caratteristiche appena elencate e che costituirebbe l'input delle analisi micro/macroterritoriali successive.

Considerando che il lavoro di archiviazione ed elaborazione avviene su un gran numero di dati, si pensa che il programma migliore per creare e gestire il DATABASE sia Access, nato proprio per questi scopi. Comunque, resta inteso, che potrebbe essere usato qualsiasi programma con le stesse caratteristiche.

Oggi esiste un rapporto cartaceo, molto dettagliato, che dovrebbe redigere l'organo di rilevazione dell'incidente, al termine dell'indagine, e che dovrebbe essere spedito all'Istat di Roma a scadenze fisse.

Le novità della procedura organizzativa proposta consistono nell'utilizzare un rapporto informatico, e non cartaceo come, invece, esiste al momento ed, inoltre, nel redigerlo non a scadenze fisse, ma durante le fasi di indagine o al termine dell'indagine stessa. In tal modo si spera che la regolarità e la completezza dei dati migliorino. A tal proposito, sarebbe opportuno un breve corso di istruzione degli operatori addetti all'inserimento dei dati.

Dal DATABASE, formato dai rapporti relativi al totale di incidenti avvenuti sulle strade del territorio provinciale, ed integrato con i dati descritti in precedenza (flussi stradali, infrastrutture, uso del suolo, demografia, condizioni paesaggistico-ambientali, ecc.), si possono trarre tutte le informazioni necessarie per, ad esempio, calcolare indici relativi, quali rapporto di mortalità stradale, rapporto di lesività, indicatori di pericolosità, per avviare le successive analisi micro / macroterritoriali, per creare mappe digitali sui "punti neri" per incidentalità e traffico da mettere a confronto, per individuare eventuali percorsi alternativi in base all'analisi di rischio, per comprendere possibili interventi al fine di migliorare la sicurezza stradale. Le conclusioni numeriche risultanti a livello provinciale potrebbero, a loro volta, essere inserite in un altro DATABASE, di livello regionale, per poter essere trattate, con una uguale o differente metodologia da quella che si va a proporre, al fine di avere una panoramica regionale sulla sicurezza "complessiva", non solo a livello di strade ma anche a livello di territorio. Anche questo è un elemento di originalità del progetto, ossia, considerare la strada all'interno di un ben determinato contesto territoriale.

In definitiva, dopo l'inserimento dei dati, grazie al DATABASE INCIDENTI STRADALI, utilizzando dei campi "chiave" a cui sono connesse informazioni di diversa natura, è possibile ottenere statistiche tematiche di diverso genere (es. analisi sugli "utenti deboli" di tipo pedoni; classifica delle strade - stagioni - mesi - giorni - ore col maggior numero di morti e feriti; ecc.), stampare l'archivio annuale / mensile degli incidenti, stampare il report del singolo incidente con tutti i dati inseriti, avviare analisi sui dati assoluti per ottenere indicatori relativi, avviare successive analisi micro/macroterritoriali.

Naturalmente, le relazioni tra i vari campi vanno create in base ai risultati che sono richiesti dalla metodologia sperimentale che si propone.

Per quanto riguarda gli indicatori relativi (riferiti ad un certo periodo di tempo ed ad una certa parte di territorio/strada), a titolo di esempio, sono calcolabili direttamente da programma cliccando sul tasto corrispondente:

Incidenti per km

I_{km} = *Incidenti / estesa chilometrica della strada* (1)

Rapporto di mortalità standardizzato

R_m = *(Morti / Incidenti) * 1.000* (2)

Rapporti di lesività standardizzato

R_{f1} = *(Feriti/Incidenti) * 1.000* (3)

R_{f2} = *[(Morti + Feriti)/Incidenti] * 1.000* (4)

Indicatore di pericolosità

R_{p1} =*[(Morti/(Morti + Feriti)] * 1.000* *Indice di gravità* (5)

Rischio di incidente e Rischio mortalità (6)

Rapporto tra tassi specifici (es. per strada) e tassi generici (es. Provincia) rispettivamente di incidenti per km e tasso di mortalità

Tali tassi sono previsti dall'Ispettorato Generale per la Circolazione e la Sicurezza Stradale.

Occorre sottolineare che se gli Organismi preposti al rilevamento avessero un computer portatile con cui registrare i dati già sul luogo del sinistro, il tempo totale dedicato all'inserimento dei dati stessi diminuirebbe; inoltre, potrebbero essere fatte delle stampe dei verbali, in tempo reale, direttamente sul posto. Sarebbe utile avere anche delle fotocamere digitali per poter fare le triangolazioni necessarie per ricostruire la scena del sinistro mediante la fotogrammetria. Infine, in un secondo momento, con l'utilizzo di programmi di simulazione appositi, potrebbe essere ricostruita a computer la dinamica del sinistro, per verificare i risultati ottenuti con i calcoli tradizionali. Ci si rende conto, però, che la realizzazione di tale prospettiva risulta essere ancora prematura, anche se la direzione in cui le Amministrazioni pubbliche si stanno avviando è proprio quella appena descritta.

Resta inteso che il database è modificabile, in modo semplice, in base alle esigenze del momento; per cui, al fine della reale utilizzazione dello stesso da parte degli organi di rilevamento, si pensa sia meglio procedere per gradi.

Riassumendo, lo schema di funzionamento generale del "sistema sicurezza stradale", considerando di poter disporre in modo completo di tutti i DATABASE inerenti i diversi aspetti di analisi, è il seguente:

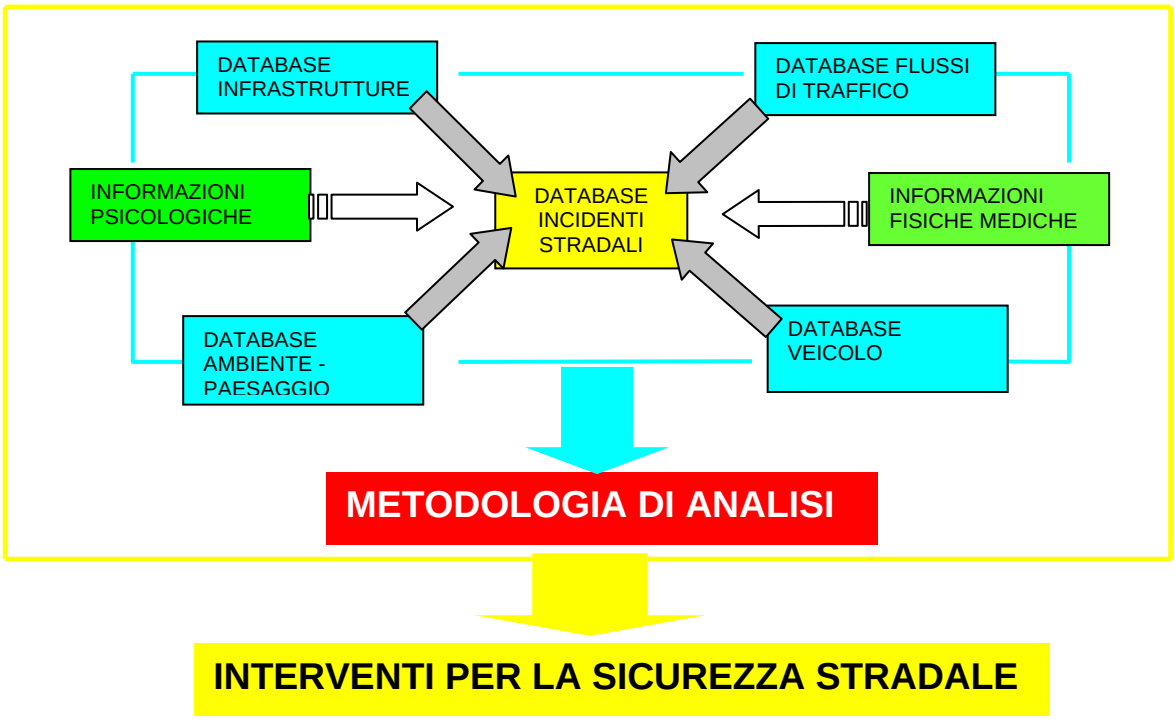

Figura 1. Funzionamento generale del Sistema Sicurezza Stradale.

Quindi, i DATABASE Infrastrutture, Flussi di traffico, Ambiente-Paesaggio, Veicolo, comprese le informazioni che si possono trarre dal campo medico sulle condizioni psico-fisiche dei conducenti dei veicoli, forniscono dati al DATABASE INCIDENTI STRADALI, costruito in base ai rilevamenti ed indagini dei vari organi a questo preposti. Tale sistema di dati rappresenta l'input della METODOLOGIA DI ANALISI prescelta che, grazie alle varie rielaborazioni, consente di comprendere qualitativamente e quantitativamente gli INTERVENTI da attuare per migliorare la SICUREZZA STRADALE.

Si aggiunge, ancora, che, una volta acquisiti i dati, il sistema informatico potrebbe permettere anche la localizzazione dei vari incidenti sulle infrastrutture stradali mediante un Sistema Informativo Territoriale di tipo G.I.S.. In pratica, utilizzando il DATABASE creato, si possono individuare, su una mappa digitalizzata della maglia stradale considerata, i punti "neri" della rete. Per ogni vettore "punto nero" si conoscono, così, tutte le informazioni relative agli incidenti avvenuti nello stesso luogo, con archiviazione separata tra i dati strettamente legati al sinistro stradale da quelli relativi alle cause di incidente connesse con la rete stradale (infrastrutture e flussi di traffico). Si possono, quindi, individuare le cause di incidente più frequenti nello stesso nodo, al fine di ridurne la pericolosità.

Si precisa infine che, comunque, il DATABASE INCIDENTALITA' STRADALE, così come è stato creato, anche senza il pieno supporto degli altri DATABASE, rappresenta lui stesso un sistema completo, con indicazioni, anche sulle infrastrutture, sul traffico, sul paesaggio e l'ambiente, sullo stato psico-fisico del conducente; un sistema pienamente coerente con i principi-guida dettati dal Piano Nazionale della Sicurezza Stradale, utilizzabile per migliorare effettivamente la sicurezza.

3. METODOLOGIA SPERIMENTALE DI ANALISI DEL RISCHIO "COMPLESSIVO" PER LA PREVENZIONE E MITIGAZIONE DEL RISCHIO STESSO

Nel Libro Bianco "La politica europea dei trasporti fino al 2010: il momento delle scelte" (Bruxelles, 2001) [2] si legge: "I problemi di congestione rischiano di minare seriamente la competitività dell'economia europea …". Da ciò si comprende come lo sviluppo socio-economico di un paese dipenda strettamente dalla sostenibilità del territorio in esso compreso. Si pensi, infatti, che, secondo recenti studi, i costi esterni della congestione legati al solo traffico stradale sono pari allo 0,5% circa del PIL comunitario e sono destinati a salire fino all'1% entro il 2010.

Gli obiettivi di sostenibilità ambientale fissati dall'AGENDA 21 e ripresi dagli accordi di Kyoto, sono stati accolti in Italia nel Nuovo Piano Generale dei Trasporti e della Logistica. Il PGT delinea indirizzi ben precisi da perseguire in materia di politica dei trasporti: il riequilibrio territoriale, l'integrazione e il riequilibrio modale, la mobilità e la vivibilità delle grandi aree urbane, le misure per la sostenibilità ambientale e gli interventi per la sicurezza nei trasporti.

In tale contesto, si inserisce la metodologia innovativa sperimentale di analisi del rischio "incidente", la quale presenta un elemento di notevole importanza ed attualità: il rispetto dei principi-guida alla base del PNSS. Si tratta di una metodologia teorico-operativa, riguardante lo sfruttamento dei dati disponibili o ricavabili, al fine di: valutare il rischio "incidente" in rapporto alle diverse variabili infrastrutturali, di flusso, ambientali; prevedere interventi per la prevenzione e mitigazione del rischio stesso, in funzione della tipologia di rischio. Tale metodologia comprende anche l'aspetto del trasporto di merci pericolose, per cui ogni analisi che nel seguito verrà indicata come valevole per la totalità degli incidenti, può essere applicata anche esclusivamente sul trasporto di merci pericolose o per individuare i reciproci rapporti al fine della determinazione del rischio "complessivo".

La metodologia sperimentale di DDS (Decision Support System) è strutturata su più livelli di analisi, raggiungibili in base ai dati disponibili ed agli obiettivi prefissati.

Nello schema che segue si riporta l'intera metodologia con l'indicazione anche dei dati necessari per affrontare ogni livello. Si sottolinea che ogni livello ha bisogno, per i calcoli, anche dei dati di quelli precedenti. Per avere una certa validità statistica occorrono dati riferiti ad almeno 5 anni: tale limite temporale è posto come ideale dal PNSS.

Si precisa che tale metodologia può essere applicata sia in ambito urbano che extraurbano ed in qualsiasi ambito amministrativo (Comune, Provincia, Regione ed aggregazioni).

Livelli	**Dati necessari (periodo di almeno 5 anni)**
1° Livello: Analisi Statistica sull'incidentalità stradale (creata da veicoli leggeri e pesanti) nella zona di studio. **Azioni** - Individuazione delle principali strade della rete viaria urbana / extra-urbana dell'area di studio. - Raccolta e rielaborazione grafica dei dati relativi all'evento "incidente" relativamente alle strade di cui al punto precedente, in un periodo temporale di circa 5 anni, con separazione tra incidenti in cui risultano coinvolti: ➢ solo auto/motoveicoli/velocipedi ➢ veicoli pesanti ➢ veicoli pesanti con trasporto di merci pericolose. **Risultati:** • Breve descrizione della rete stradale presa in considerazione. • Elaborati grafici, con separazione tra strade urbane ed extraurbane, e separazione tra le varie tipologie di veicoli (vedi sopra), su:	- Cartografia cartacea e vettoriale in scala 1:5.000 della rete viaria (strade e ferrovie) in esame, su cui dovrebbero essere indicati anche i limiti amministrativi. - Elenco delle maggiori strade urbane / extraurbane di collegamento viario, con una breve descrizione funzionale. - N° complessivo di incidenti, morti, feriti all'anno per 5 anni. - Per ogni incidente avvenuto sulla rete viaria in esame nel periodo di riferimento occorrono i seguenti dati: • Nome della strada in cui è avvenuto; • N° di veicoli coinvolti; • Tipologia dei veicoli coinvolti (motoveicoli, autoveicoli, veicoli pesanti con/senza rimorchio, veicoli per trasporto merci pericolose, ecc.); • Persone coinvolte nell'incidente (numero coinvolti, numero di morti, numero di feriti e per ognuno di essi età e sesso, specificando se

- Andamento annuale del n° di incidenti, morti e feriti nell'ambito considerato. - Distribuzione mensile incidenti, morti, feriti. - Distribuzione incidenti, morti, feriti per giorni della settimana. - Distribuzione percentuale incidenti, morti, feriti all'ora. - Distribuzione incidenti, morti, feriti per fasce di età. - Distribuzione incidenti, morti, feriti per sesso. - Distribuzione incidenti, morti, feriti sul territorio studiato. • Rielaborazione dei dati assoluti per ottenere indicatori relativi significativi (rapporto di mortalità stradale, rapporto di lesività, indicatori di pericolosità). • Relazione tecnico-descrittiva sull'incidentalità: comprensione iniziale delle relazioni di causa che legano le variabili statistiche di cui sopra, sulla base dei dati assoluti e degli indicatori relativi.	sono pedoni, passeggeri, conducenti); • Data e ora in cui è avvenuto l'incidente. • Inoltre: - cause incidente; - condizioni meteorologiche al momento dei fatti; - condizioni di visibilità; - condizioni psico-fisiche del guidatore; - fenomeni verificatisi (incendio, esplosione, rilasci di sostanze tossiche); - traffico medio orario al momento del sinistro. - Parco circolante per ogni strada urbana / extra-urbana, con la classificazione della tipologia di veicolo (non si dimentichi la separazione tra veicoli pesanti e veicoli per il trasporto di merci pericolose).
2° Livello: Analisi Microterritoriale **<u>Risultati:</u>** • Mappa dei "punti neri", ossia, localizzazione dei punti individuati nell'area di studio, derivanti da un maggior numero di incidenti, morti, feriti. • Calcolo ed analisi degli "indicatori relativi" dell'incidentalità riferiti ai punti neri, per individuare i "punti neri" più critici.	Per ogni incidente avvenuto sulla rete viaria in esame nel periodo di riferimento occorre conoscere: • il punto specifico della rete in cui è avvenuto.
3° Livello: Analisi Macroterritoriale aggregata: relazione tra incidentalità e flussi stradali **<u>Risultati:</u>** • Relazione tra incidentalità (veicoli pesanti e non) e flussi con eventuale indicazione grafica della relazione. • Classificazione dei tratti/strade in base al rapporto morti su milione di veicoli-km, feriti su milione di veicoli-km, incidenti su milione di veicoli-km.	- TGM (Traffico Giornaliero Medio) per 5 anni per ogni tratto della rete in esame, suddiviso per tipologia di veicolo. - Rilevazione dei veicoli/ora per lo stesso periodo di riferimento. - Mappatura della rete stradale interessata da trasporto di merci pericolose. - Lunghezza di ogni strada
4° Livello: Individuazione dei percorsi alternativi in base all'Analisi del rischio "locale", ossia, il rischio associato ad ogni strada della rete considerata [euro/km percorso]. Analisi Macroterritoriale disaggregata. **<u>Risultati:</u>** • Classificazione delle strade in base alla "pericolosità locale", calcolata considerando un tasso di pericolosità maggiore per i flussi di merci pericolose rispetto al resto del flusso. • Carta della "pericolosità locale": individuazione delle strade o tratte con un colore diverso a seconda della pericolosità calcolata. • Individuazione delle eventuali alternative di percorso in base alla classifica del rischio locale.	- Impatto dei costi derivanti dall'incidentalità di veicoli che trasportano merci pericolose sul PIL italiano. - TGM (Traffico Giornaliero Medio) per 5 anni per ogni tratto della rete in esame, suddiviso per tipologia di veicolo (motrice, motrice+rimorchio, autoarticolato, cisterne cassone, pianale, ecc.). - Rilevazione di veicoli/ora per lo stesso periodo di riferimento. - Lunghezza di ogni strada. - N° complessivo di incidenti, morti, feriti all'anno per 5 anni. Inoltre, occorre avere tale dato riferito ai diversi tratti (o a km) di una stessa strada., per ricavare una classificazione della "pericolosità

	locale" per tratti stradali (o a km). - Mappatura della rete stradale interessata da trasporto di merci pericolose.
5° Livello: Individuazione di percorsi alternativi al fine di ridurre il rischio di incidente e mitigarne le conseguenze (per esempio, per il trasporto di merci pericolose) in base ad analisi complesse. **Analisi Macroterritoriale disaggregata.** **<u>Azioni:</u>** • Individuazione delle "strade/tratte sensibili" in base al "rischio locale" calcolato ed ai rischi riferiti alle diverse fonti di rischio (pendenza della strada, tipo di asfalto, comportamento del conducente, ecc.). Se le fonti di rischio non sono individuabili in modo semplice, si propone di compilare una "check list" in seguito ad un sopralluogo. Si tratta quindi di avviare una analisi di tipo *safety review*, basata su predefiniti indicatori e soglie di sicurezza (limiti di tollerabilità) che permettono di individuare i gradi di esposizione al rischio. In tal modo, sovrapponendo il piano di vulnerabilità (strade sensibili) con quello di esposizione (determinato da distribuzione territoriale della popolazione, distribuzione vegetazione, urbanizzazione, ecc.), si individuano anche gli eventuali scenari incidentali che si possono verificare variando uno o più variabili del sistema. Non si dimentichi, nella valutazione complessiva, il *calcolo del rischio ambientale connesso al rischio chimico per il trasporto di merci pericolose*, per il quale occorrono metodologie specifiche integrative . • Determinazione della probabilità di accadimento attesa per ogni scenario: utilizzo dell'albero degli eventi. • Determinazione della magnitudo per ogni scenario. • Calcolo, per ogni tratto, del rischio come prodotto della Magnitudo per la Frequenza: matrice di rischio. • Generazione di un insieme di itinerari alternativi in base alla matrice di rischio calcolato. • Analisi Multicriteria per la valutazione degli itinerari migliori. **<u>Risultati:</u>** • Individuazione e classificazione delle strade/tratte che presentano un certo rischio "complessivo" calcolato in base alle diverse fonti di rischio. • Individuazione percorsi alternativi.	- Carte tematiche, cartacee e digitalizzate, del territorio (tipologia e disposizione delle attività industriali e commerciali, distribuzione demografica, vegetazione, idrografia, precipitazioni, uso del suolo, geomorfologia, urbanizzazione - edifici privati e pubblici -, presenza di aree protette, aree inondate, aree a rischio di frana, ecc.). - Livelli di inquinamento atmosferico ed acustico. - Quota di transito dei trasporti pericolosi attraverso la Provincia (o qualsiasi altra entità amministrativa), quota generata all'interno della stessa, quota con destinazione la Provincia (centri O/D). - Quantità e classificazione qualitativa delle merci pericolose trasportate nella Provincia. - Per ogni strada: andamento plano-altimetrico, tipo di pavimentazione, n° di corsie, gallerie, ponti, geometria del tracciato (lunghezza, larghezza, pendenza, curve), stato di manutenzione, sensi di marcia, segnaletica presente, aree di sosta, tipologia di illuminazione notturna; nel caso di strade urbane, anche attraversamenti pedonali e posizione, temporizzazione dei semafori, n° di intersezioni stradali, n° di accessi privati. - Per ogni incidente accaduto qui occorre conoscere anche la <u>causa dell'incidente</u> (pendenza pericolosa, curva stretta, fattore umano, malfunzionamento del veicolo stesso, condizioni atmosferiche, illuminazione, velocità, ecc.).
6° Livello: Interventi operativi ai fini della prevenzione e mitigazione del rischio **<u>Risultati:</u>** • Eventuali proposte di intervento, con indicazione delle priorità (studio della matrice di rischio), per diminuire i rischi nei tratti in cui il rischio è maggiore del rischio accettabile (R>Ra), in base ai risultati ottenuti nei livelli precedenti.	Dati e risultati di tutti o alcuni dei livelli precedenti.
7° Livello: Valutazione situazione attuale in	- Mappa con punti di assistenza sul territorio (Vigili

termini di intervento in caso di emergenza rischi. **<u>Risultati:</u>** • Analisi e valutazione situazione attuale in termini di intervento in caso di emergenza rischi. • Eventuali suggerimenti di modifiche/integrazioni al sistema.	Urbani, Vigili del Fuoco, USL, Ospedali, Protezione Civile, punti SET, VAB, ecc.). - Organizzazione amministrativa ed operativa nell'emergenza sul territorio (disponibilità di mezzi e personale per affrontare le emergenze, gerarchia degli organismi di comunicazione ed intervento).

Tabella 1. Schematizzazione della metodologia sperimentale proposta di DDS (Decision Support System) di analisi della Sicurezza Stradale.

Occorre a questo punto dare qualche definizione e fare alcune precisazioni.

Risulta importante dare, prima di tutto, la definizione tecnica del termine "incidente", definizione che rientra completamente nel linguaggio della Modellistica. Un "incidente stradale" è un evento perturbativo delle condizioni ordinarie di deflusso coinvolgente uno o più veicoli, provocando danni a cose e/o persone. Oggi, è sempre più diffusa la separazione del concetto di "incidente" da quella di "accidente". Il secondo termine è più generale e comprende tutti gli eventi generatori di perturbazioni sul deflusso veicolare, siano essi prodotti da elementi della corrente, siano essi prodotti da fattori esterni, quali, ad esempio, una frana o una riduzione di capacità viaria causata da lavori in corso. L'incidente stradale si caratterizza, dunque, come una particolare categoria di accidente. Nel seguito si rinuncia alla differenziazione fra "accidente" ed "incidente", dato che l'accezione più diffusa in Italia, a prescindere dagli effetti, è quella di "incidente stradale". Occorre ora definire le Analisi Micro/Macroterritoriali.

Nell'*Analisi Microterritoriale* si focalizza l'attenzione sul singolo incidente, ossia, sulle cause ed effetti rilevabili o desumibili; si individuano tronchi o punti specifici di strade in cui si riscontra una elevata frequenza di incidenti (punti "neri" o "critici"). Quindi, utilizzando il DATABASE descritto in precedenza, si possono individuare, su una mappa digitalizzata della maglia stradale considerata, i punti "neri" della rete. Per ogni vettore "punto nero" si conoscono, così, tutte le informazioni relative agli incidenti avvenuti nello stesso luogo, con archiviazione separata tra i dati strettamente legati al sinistro stradale da quelli relativi alle cause di incidente connesse con la rete stradale (infrastrutture e flussi di traffico). Si possono, quindi, individuare le cause di incidente più frequenti nello stesso nodo, al fine di ridurne la pericolosità.

L'*Analisi Macroterritoriale* mira a creare la base informativa necessaria a comprendere e prevedere il "rischio incidente". Per fare ciò occorre, però, una notevole banca-dati relativa al volume di traffico; questo punto ha costituito, fin'ora, il lato debole del sistema informativo sulla sicurezza stradale. I modelli Macroterritoriali si suddividono in modelli *aggregati* e modelli *disaggregati*. I primi esprimono globalmente le relazioni tra i parametri territoriali (popolazione, numero veicoli, traffico ecc.) e la sicurezza (numero di incidenti). Sono modelli di previsione degli incidenti da traffico. I modelli disaggregati, viceversa, mirano a capire e valutare le conseguenze sulla rete viaria degli incidenti, visti come eventi perturbatori che causano riduzione della capacità della strada e dunque ritardi nella circolazione. L'interesse è rivolto a determinare efficaci Piani di Intervento, considerando gli scenari più probabili o maggiormente critici dell'incidentalità.

Per avere una valutazione complessiva del fenomeno "macroterritoriale" occorre costruire un Modello di valutazione del rischio "incidente" facente parte di un Decision Support System, ossia, di un sistema più ampio di supporto alle decisioni relativo al campo della mobilità.

La costruzione di scenari di intervento comporta, poi, la selezione di interventi che consentano il raggiungimento degli obiettivi per fasi successive e per ogni scenario devono essere valutati gli effetti quantitativi di tali progressi verso gli obiettivi. Anche la scelta delle priorità di realizzazione degli interventi nello scenario definitivo risulta particolarmente importante.

Per analizzare gli impatti nei diversi scenari di intervento è necessario tenere conto della evoluzione delle principali variabili socio-economiche e territoriali dell'intera area di studio. Particolare attenzione deve essere posta, infine, alla valutazione degli effetti derivanti dall'insieme delle opere infrastrutturali previste, dalle politiche di controllo della mobilità e di gestione del sistema.

Per la valutazione del rischio ai fini della prevenzione e mitigazione dello stesso, anche nell'intento di individuare percorsi alternativi, occorre fare due analisi successive: l'analisi del rischio "locale" [3,4] e l'analisi del rischio "complessivo" di tipo safety review (da un Progetto Pilota avviato e concluso dall'ACI) [5], basata su predefiniti indicatori e soglie di sicurezza che permettono di considerare le diverse fonti di rischio (ambientali, infrastrutturali, di flusso, ecc.).

Il ***rischio "locale"*** è il rischio a cui è esposto il conducente di un veicolo, sia leggero che pesante, che percorre un ben preciso ramo della rete stradale. Il primo passo, indispensabile per valutare un rischio oggettivo e misurabile, è la valutazione economica su scala italiana delle conseguenze degli incidenti. Attribuendo le voci dei costi, derivanti dai dati Istat per l'incidentalità e dai dati Censis, ai tre tipi di evento

"incidente", "ferimento", "decesso" e dividendo per il totale degli eventi, si è riusciti ad attribuire un costo economico al singolo incidente (35.000 € circa), ferimento (22.000 € circa), decesso (1.000.000 € circa). A questo punto, il rischio locale viene calcolato come la sommatoria delle probabilità di essere coinvolto in un incidente (p_i), di rimanere ferito (p_f) o ucciso (p_d) in conseguenza del sinistro, moltiplicato per i relativi costi medi ($d_{i,f,d}$) dovuti a tali eventi:

$$\textbf{Rischio Locale} = p_i * d_i + p_d * d_d + p_f * d_f \quad (7)$$

Il rischio RL così calcolato, in euro/km percorso, una volta stabiliti opportuni livelli di pericolosità (ad ogni strada/tratta della maglia stradale si associa un colore corrispondente al relativo livello di pericolosità, ad esempio, verde chiaro➔R=0, verde➔0<R≤0,03 euro/km, giallo➔0,03<R≤0,09 euro/km ecc.), consente di elaborare una *carta della pericolosità locale* delle vie considerate, di immediata lettura. Il rischio locale, infatti, non è uniformemente diffuso sul territorio, ma focalizzato sul singolo elemento della rete, e pertanto consente di indirizzare successivi studi di dettaglio sulle criticità individuate dalle analisi precedenti.

L'analisi del rischio "complessivo" è frutto dell'aggregazione di più indicatori utilizzando una analisi qualitativa del tipo multicriteria. Gli aspetti *statici* (caratteristiche infrastrutturali e territoriali) e *dinamici* (traffico ed incidentalità), propri di una certa strada, vengono attribuiti in modo univoco ad una serie di indicatori ben individuati, di cui viene valutato il *grado* di qualità legato alla sicurezza stradale in una scala di 5 gradi. Per ogni indicatore si calcola, poi, la media ponderale dei gradi individuati; la media viene, infine, fatta corrispondere ad un *livello*, graduato su 4 valori, che rappresenta la qualità misurata nella specifica classe.

Grado	Livello
1÷2	A
2÷3	B
3÷4	C
4÷5	D

Tabella 2. Corrispondenza grado-livello.

La classificazione così ottenuta non è meramente tipologica, ma si può considerare funzionale, in quanto tiene conto di tutti gli aspetti della sicurezza.

Tale metodologia prevede anche la possibilità di individuare una serie di interventi puntuali e diffusi valutando il costo, i benefici e la realizzabilità.

A proposito di interventi occorre elencarne la possibile tipologia.

Gli interventi possono essere classificati in infrastrutturali, di prevenzione e controllo, di sensibilizzazione dell'utenza, direttamente connessi col veicolo.

Gli interventi *infrastrutturali* comprendono:

- una corretta progettazione delle nuove infrastrutture;
- un adeguamento geometrico delle infrastrutture esistenti con analisi dei fattori di rischio, delle cause di incidentalità e dei possibili interventi per migliorare la sicurezza;
- una efficiente organizzazione per la gestione del traffico e l'assistenza agli utenti;
- l'uso di dispositivi stradali di ritenuta;
- la segnaletica, che deve informare in tempo reale, ossia all'avanzare del veicolo, sulle opportunità di manovra e movimento offerte;
- l'illuminazione;
- la manutenzione della pavimentazione (ad esempio, le pavimentazioni drenanti, favorendo la penetrazione dell'acqua all'interno delle stesse, evitano il fenomeno dell'hydroplaning).

Gli interventi di *prevenzione e controllo* dei comportamenti a rischio degli utenti comprendono:

- l'utilizzo delle cinture di sicurezza;
- la riduzione della velocità;
- il rispetto delle distanze di sicurezza;
- il controllo della guida in stato di ebrezza;
- il trattamento dei guidatori a rischio.

Gli interventi di *sensibilizzazione dell'utenza* comprendono:

- campagne informative;
- informazione stradale, la quale deve essere tempestiva e consentire agli utenti di modificare i propri comportamenti; ad esempio, per una buona informazione risultano efficaci i pannelli a messaggio variabile,

punti di informazione, notiziari sulla viabilità trasmessi via radio, su teletext, via internet, eccetera.

Gli interventi *direttamente connessi col veicolo* sono strettamente legati all'avanzamento delle tecnologie; oggi, sui veicoli possono essere installati sistemi sofisticati che, controllati elettronicamente, permettono di aumentare la sicurezza; si tratta, ad esempio, di:

- computer di bordo per la diagnostica dei dispositivi presenti (OBD, ossia,On Board Diagnosis);
- ABS sistema anti-bloccaggio;
- airbag (guidatore, passeggero, laterale);
- controllo della dinamica di guida;
- limitatori di velocità;
- dispositivi di controllo della tensione delle cinture e del loro corretto uso;
- sistemi di assistenza alla guida (controllo della velocità e della distanza);
- sistemi anticollisione e di frenatura di emergenza per evitare incidenti;
- navigatori di bordo;
- sistemi di localizzazione GPS.

Inoltre, non deve essere dimenticato il controllo periodico, attraverso le revisioni programmate, dello stato dei pneumatici e del sistema frenante, per assicurare la massima affidabilità del veicolo.

In conclusione, si può affermare che la metodologia proposta costituisce un utile strumento per monitorare, prevedere ed intervenire sul problema della mobilità e dell'incidentalità stradale. Studi mirati di approfondimento, sulle sezioni critiche delle infrastrutture, permettono, infatti, di risolverne i punti neri, rendendole più sicure e meno congestionate nel loro complesso. Inoltre, dall'applicazione contemporanea di modelli aggregati e disaggregati che tengano conto di tutti i parametri fisici, funzionali-sistemici e di traffico si può comprendere a fondo il problema della sicurezza stradale, al fine di elaborare soluzioni mirate ed efficaci. E' altresì auspicabile una riorganizzazione delle competenze amministrative, attualmente frammentate, in materia di sicurezza stradale, per superare la vulnerabilità gestionale e pervenire ad una strategia di interventi coordinati, secondo una visione di insieme del problema, in linea anche con le direttive del Piano Nazionale della Sicurezza Stradale.

4. CONCLUSIONI

Il lavoro svolto ha permesso di individuare le carenze statistiche, organizzative e metodologiche attualmente esistenti nel campo dell'analisi e gestione del rischio "complessivo" di percorrenza sulle infrastrutture stradali.

A tal proposito sono state individuate le seguenti carenze nel settore:

- Mancanza di dati omogenei e coerenti relativi all'incidentalità stradale e, in particolare, al trasporto di merci pericolose, organizzati in modo informatizzato standard.
- Assenza di un Organismo locale ben strutturato di analisi dei dati stessi.
- Mancanza di una metodologia di analisi e di intervento che tenga conto di tutti gli aspetti che influiscono o vengono influenzati dall'incidentalità (infrastrutturali, di flusso, paesaggistico-ambientali, antropici, ecc.).

Lo studio ha cercato di colmare tali carenze, riscontrabili comunque a livello nazionale, fornendo gli strumenti per poter avviare analisi accurate in grado di prevenire e mitigare il rischio incidente. Tali strumenti sono:

1) Un DATABASE in Access completo ed efficiente, aggiornabile in tempo reale, gestito da un Centro di Monitoraggio Permanente sull'Incidentalità. Tale DATABASE dovrebbe contenere tutti i dati relativi agli incidenti rilevati dai vari organismi di Polizia, ed i dati relativi ai flussi stradali ed alle caratteristiche geometriche infrastrutturali, al fine di comprendere gli interventi da attuare, secondo le priorità individuate, per aumentare la Sicurezza Stradale.

2) Una METODOLOGIA "a livelli" per l'analisi della Sicurezza Stradale, con lo scopo di comprendere il rischio incidente, non solo a livello puntuale ma anche su un intera strada, e rispetto all'intera rete di cui la singola strada fa parte, considerando tutti gli aspetti che possono influenzare il tasso di rischio "complessivo" (aspetti infrastrutturali, di flusso, antropici, paesaggistico-ambientali e, se possibile, anche psicologici del conducente e costruttivi del veicolo).

Naturalmente, tutto ciò prevede una riorganizzazione strutturale dei vari Organismi preposti al rilevamento ed analisi dell'incidentalità stradale e, quindi, una certa spesa pubblica iniziale; però, dopo una prima fase di messa a punto del sistema, i notevoli vantaggi permetterebbero il recupero finanziario, ed un notevole risparmio in termini di diminuzione del numero di incidenti. Si pensi, infatti, a quale è il costo sociale derivante dagli incidenti stradali nel loro complesso; esso si suddivide in:

- *costi diretti*, che comprendono quelli relativi alle forze dell'ordine per l'accertamento dei fatti, alle spese ospedaliere per le cure degli incidentati, al lavoro della magistratura per la verifica delle responsabilità, ai

risarcimenti effettuati dalle assicurazioni;
- i *costi indiretti*, che comprendono quelli relativi alle perdite di produzione, alla riduzione della capacità lavorativa, all'invalidità temporanea o permanente;
- i *costi non valutabili*, come il peggioramento delle condizioni di salute, sia a livello fisico che psicologico.

Calcolare con precisione l'ammontare complessivo di questi danni è impossibile, ma i più recenti dati stimano il danno economico in Italia in circa 19 miliardi di euro all'anno. Si pensi, quindi, quanto potrebbe essere vantaggioso per l'Amministrazione mettere in atto iniziative complesse e mirate, secondo le indicazioni del Piano Nazionale, per poter aumentare efficacemente la Sicurezza Stradale.

Elenco dei simboli ed abbreviazioni

ACI = Automobile Club Italiano
DDS = Decision Support System
$d_{i,f,d}$ = costi medi dovuti ad un incidente 'i', ferimento 'f', decesso 'd'
ISTAT = Istituto Nazionale di Statistica
I_{km} = Incidenti per km
p_d = probabilità di essere uccisi in un incidente
p_f = probabilità di rimanere feriti in un incidente
p_i = probabilità di essere coinvolti in un incidente
PNSS = Piano Nazionale della Sicurezza Stradale
R = Rischio
Ra = Rischio accettabile
RL = Rischio Locale
R_{f1} R_{f2} = Rapporti di lesività standardizzati
R_m = Rapporto di mortalità standardizzato
R_{p1} = Indicatore di pericolosità
TGM = Traffico Giornaliero Medio

5. BIBLIOGRAFIA

[1] Ministero Italiano delle Infrastrutture e Trasporti, Ispettorato Generale per la Circolazione e la Sicurezza Stradale, *Piano Nazionale della Sicurezza Stradale*, Italia (2002).

[2] Libro Bianco *"La politica europea dei trasporti fino al 2010: il momento delle scelte"*, Bruxelles (2001).

[3] A. Nordio, A. Balbi, *Misurare la sicurezza stradale*, Rivista "Ingegneri della Liguria" n. 2/2003, Genova, pp. 11-15 (2003).

[4] M.G. Vignolo, A. Nordio, *Urban Transport system monitoring: the "black points" problem*, Convegno Internazionale "Urban Transport 2004", Wessex Institute of Tecnology, WITPress, Southampton (UK), 2004.

[5] ACI, CSST, Metodologia per l'individuazione di interventi per la sicurezza stradale. Progetto pilota. Applicazione sulla S.S. 148 "Pontina", Il 14th Convegno tecnico ACI, Roma (Febbraio 2003).