CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA GESTIONALE

Effetti attesi degli ITS sull'incidentalità e sui costi della sanità pubblica

Il caso della Regione Piemonte

Relatore:

Prof. Ing. Bruno DALLA CHIARA

Relatore esterno:
Dott.ssa Elsa BASILI (Regione Piemonte)

Candidata:

Carla CASCHILI

A.A. 2020/2021

Sessione di Laurea di luglio 2021

Un sincero ringraziamento ai miei relatori, il Prof. Bruno Dalla Chiara, per la fiducia accordatami e per avermi seguito e supportato durante la stesura della tesi e la Dott.ssa Elsa Basili i preziosi consigli e la grande disponibilità dimostratami in tutti questi mesi di lavoro.

C. Caschili

Sommario

Obiettivi dell'elaborato 6

1. Capitolo Primo: Quadro Generale 7

1.1 Lo sviluppo della motorizzazione 7
1.2 Il fenomeno dell'incidentalità stradale 10
1.2.1 Gli incidenti stradali nel mondo 11
1.2.2 Gli incidenti stradali in Italia 15
1.3 Azioni per il miglioramento della sicurezza stradale 20
1.4 Sviluppi futuri e ITS 25
2. Capitolo Secondo: Il Piemonte 26

2.1 L'incidentalità in Piemonte 26
2.2 Calcolo della gravità degli infortunati per la Regione Piemonte 33
3. Capitolo Terzo: I concetti di rischio e costo sociale 37

3.1 Il concetto di rischio 37
3.2 Il rischio nei trasporti 40
3.3 Costo sociale dell'incidentalità 43
3.3.1 Costo sociale dell'incidentalità in Piemonte 48
4. Capitolo Quarto: I sistemi ITS 52
4.1 Definizione di ITS 52
4.2 Classificazione degli ITS 53
4.3 I sistemi di sicurezza di bordo 54
4.3.1 Intelligent Speed Adaptation 59
4.3.2 Autonomous Emergency Braking Systems 63
4.3.3 Lane Keeping Systems 65
4.3.4 Dispositivi di rilevazione angolo cieco 67
4.3.6 Alcohol Interlock System 68
4.3.7 eCall 72
4.3.8 Driver Alert Control 73
4.3.9 I benefici dei sistemi di sicurezza di bordo 75
4.2.10 Il futuro degli ADAS 76
4.4 I sistemi di telecomunicazione 78
4.5 I sistemi per l'accertamento automatico delle infrazioni – Enforcement 80
4.5.1 I sistemi per il rilevamento della velocità 81
4.5.2 Sistemi per il rilevamento infrazioni semaforiche 84
4.5.3 Sistemi per il rilevamento infrazioni al divieto di sorpasso 86
4.6 I sistemi di localizzazione automatica 87
4.6.1 I sistemi di navigazione inerziali 88
4.6.2 Sistemi di trilaterazione 89

4.7 Strumenti per il monitoraggio del traffico 93
4.7.1 Spire induttive 93
4.7.2 Video Rilevamento.....94
4.7.3 Microonde, infrarossi e ultrasuoni 95
4.7. Altri Sensori 96
5. Capitolo Quinto: Elaborazione dati – Regione Piemonte.....97
5.1 Fonti 98
5.1.1 Flusso informativo EMUR (118 e Servizi di Emergenza Urgenza).....101
5.1.2 Flusso informativo Schede di Dimissione Ospedaliera SDO.....102
5.2 Metodologia.....105
5.3 Potenzialità e limiti dell'analisi 109
5.4 Risultati dell'analisi.....111
5.4.1 Classificazione per genere.....116
5.4.2 Classificazione per classe d'età.....117
5.4.3 Classificazione per Nazionalità 119
5.4.4 Classificazione per Tipologia di infortunato 120
5.4.5 Classificazione per modalità di dimissione.....122
5.4.6 Classificazione per Presidio Ospedaliero.....127
5.4.7 Classificazione per Distretto Corporeo 130
5.5 Calcolo della gravità degli infortunati. 137
Capitolo 6: Il beneficio economico degli ADAS 139
6.1 Calcolo del costo sanitario 140
6.2 Tecnologie adottate per ridurre gli incidenti. 142
6.3 Il beneficio economico degli ADAS 144
Conclusioni.....150
Bibliografia e Sitografia.....162

Obiettivi dell’elaborato

Nel ventennio successivo alla Seconda Guerra Mondiale l’industria dell’automobile rappresentò uno dei settori di più forte espansione non solo negli Stati Uniti ma anche in Europa: le automobili diventarono il simbolo dello stato economico-sociale delle persone e iniziarono ad essere prodotte in grandissime quantità portando ad una enorme rivoluzione sociale nell’ambito dei trasporti in tutto il mondo.

La diffusione dell’autoveicolo nel mondo, tuttavia, non ha avuto solo dei risvolti positivi ma si sono registrati effetti collaterali dannosi che tutti i paesi, siano essi fortemente industrializzati o in via di sviluppo, si trovano a dover oggi fronteggiare.

Questa tesi, proposta dal Prof. B. Dalla Chiara (DIATI, Politecnico di Torino), si pone come obiettivo la valutazione dei benefici che possono derivare dall’uso di tecnologie innovative di assistenza alla guida attraverso l’analisi dei costi sanitari legati all’incidentalità stradale all’interno della Regione Piemonte. In particolare, verrà analizzato l’impatto economico e sociale, in termini di vite umane e di risorse spese dalla sanità pubblica, a seguito di una maggiore diffusione di tecnologie ITS, acronimo di Intelligent Transport Systems, quali dotazioni di sicurezza sull’infrastruttura e a bordo del veicolo.

1. Capitolo Primo: Quadro Generale

1.1 Lo sviluppo della motorizzazione

Non è possibile stabilire con assoluta certezza l'esatta data di invenzione dell'automobile; già durante il Rinascimento erano disponibili alcuni modelli su carta mentre i primi prototipi funzionanti vennero realizzati alla fine dell'Ottocento, periodo in cui diversi scienziati in modo indipendente sperimentarono per la prima volta il motore a scoppio.
Per sostituire la trazione animale, negli anni successivi, si assistette a sperimentazioni su differenti sistemi di alimentazione ma soltanto dopo la Prima guerra mondiale l'introduzione del motore endotermico e della benzina si imposero su una moltitudine di sistemi.
Dalla seconda metà del 1900 si è assistito quindi ad una rapida crescita della motorizzazione a seguito dell'aumento della richiesta e della diversificazione delle esigenze di trasporto, ciò ha favorito la nascita di una miriade di imprese automobilistiche permettendo lo sviluppo e la diffusione dell'automobile nel mondo, processo che continua tutt'oggi in alcune parti di esso.

Mentre il mercato dell'autoveicolo, così come lo abbiamo conosciuto nel secolo scorso ed all'avvio del XXII secolo, nei paesi sviluppati ha ormai raggiunto una fase di maturità, le economie emergenti sono ancora in fortissima crescita: da sole Cina ed India possedevano già una decina di anni fa circa un terzo dei veicoli mondiali, la Cina possedeva circa il 22% del numero di veicoli mentre l'India il 12% [1].

In Italia il mercato dell'automobile ha risentito, come accaduto in altre nazioni Europee, della sua condizione di saturazione, tuttavia, il declino produttivo è stato più accentuato nel decennio 2007-2017 portando ad un calo del 22,2%[2].

[1] Dalla Chiara B., The evolution of transport systems and related energy in Europe and the world urban population, new needs, migration towards innovation and ITS, March 2020

[2] Salvio Capasso, Le tendenze e le prospettive del settore automobilistico nel contesto internazionale, febbraio 2019

Nel 2017 la tendenza si è invertita in quanto si evidenzia una ripresa produttiva iniziata già ad ottobre 2014 a seguito di un incremento di domanda. Tale incremento di domanda ha fatto sì che il numero di autovetture immatricolate fosse circa pari al numero di titolari di patente di guida tenuto conto di coloro che sono impossibilitati a guidare a causa della giovane età o di limitazioni fisiche e psichiche.

Attualmente il numero di veicoli è in crescita, solo nel 2019 il parco veicolare italiano è aumentato del 1,4% rispetto all'anno precedente (52,5 milioni di cui circa 42 milioni sono autovetture), confermando l'Italia come secondo paese Europeo per tasso di motorizzazione[3].

Tuttavia, le iscrizioni di veicoli nuovi di fabbrica sono aumentate solo dello 0,8% mentre l'anzianità del parco veicolare continua ad aumentare; nel 2019 l'età media per le autovetture risulta nel complesso di 11 anni e 5 mesi con una quota di autovetture con oltre 20 anni pari al 17,7% del parco circolante[4]. Questo fattore, come si avrà modo di vedere nel seguito, è di estrema importanza quando si tratta il tema dell'incidentalità stradale in quanto influisce in maniera rilevante sulla probabilità che si verifichino conseguenze mortali in caso di incidente.

Per una maggiore chiarezza circa la crescita esponenziale del numero di veicoli sono stati riportati due grafici che mostrano l'evoluzione nel tempo del parco circolante in Italia e nel mondo, in particolare, è visibile il forte boom che ha caratterizzato il mercato automobilistico negli anni 50 e il rallentamento degli ultimi anni.

[3] ACI ISTAT, Rapporto Incidenti Stradali, 2019.

[4] Automobile Club Italia, "Autoritratto 2019", Roma maggio 2020.

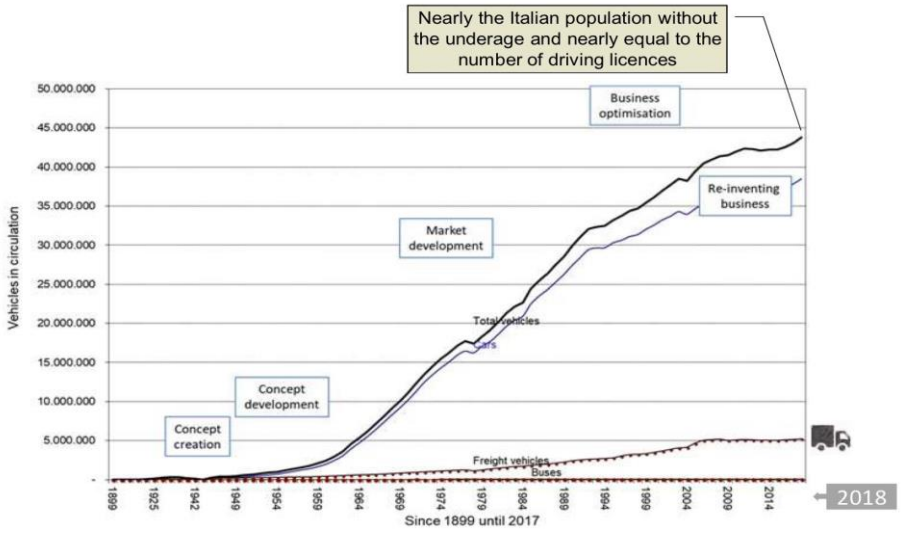


Figura 1: Evoluzione del parco circolante in Italia[5].

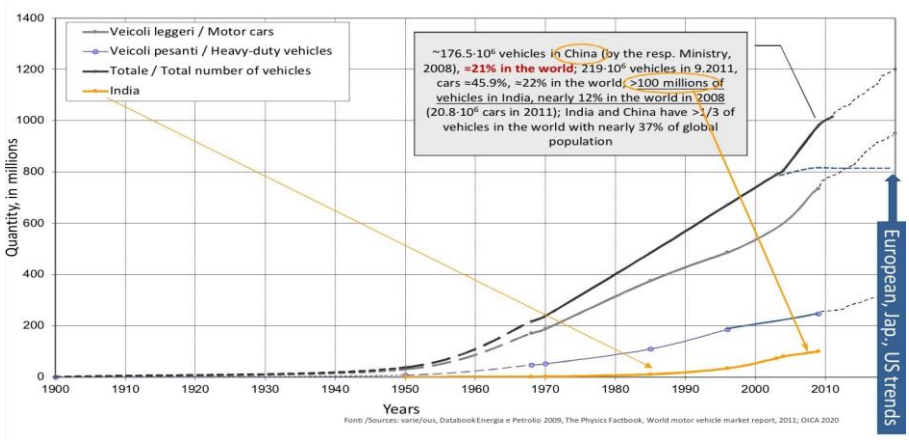


Figura 2: Evoluzione del parco circolante mondiale[3].

Nel mondo in cui viviamo oggi sarebbe impossibile pensare di vivere senza questa invenzione che, nei primi decenni che seguirono il suo sviluppo ha indubbiamente contribuito ad un maggiore senso di libertà e ad un incremento nello sviluppo economico di molti paesi, tramite la creazione di opportunità di lavoro nell'industria automobilistica, tuttavia, come spesso accade la crescita del numero di automobili ha avuto allo stesso tempo un risvolto negativo comportando l'insorgere di problemi legati al traffico quali il fenomeno dell'incidentalità stradale e dell'inquinamento ambientale.

[5]Dalla Chiara B., The evolution of transport systems and related energy in Europe and the world urban population, new needs, migration towards innovation and ITS, March 2020

1.2 Il fenomeno dell'incidentalità stradale

Per la successiva trattazione è doveroso fornire una definizione formale di incidente stradale che la convenzione di Vienna sul traffico stradale del 1968 indica come: "*un evento in cui rimangano coinvolti veicoli, esseri umani o animali, fermi o in movimento, e dal quale derivino lesioni a cose, animali, o persone".* Esso si verifica quando il tempo di percezione, reazione e attuazione del conducente è uguale o superiore al tempo in cui si verifica l'evento esogeno al veicolo e persona che lo conduce.

Gli incidenti stradali, a seconda della gravità, si classificano in:

- mortali;
- con feriti;
- con danni al patrimonio.

Con riferimento alla dinamica, gli incidenti stradali si dividono in:

- tamponamento;
- urto frontale;
- urto laterale;
- urto frontale-laterale;
- investimento;
- urto contro ostacolo;
- fuoriuscita dalla sede stradale.

I fattori che contribuiscono al verificarsi di un incidente hanno diversa natura, alcuni dipendono dalla persona quali le condizioni di salute, l'età, i tempi di percezione ecc.; altri dall'utilizzo di sostanze che alterano la capacità di agire come alcol e stupefacenti, a scorretti comportamenti alla guida ed infine altre determinanti sono invece attribuibili alle caratteristiche delle strade o dei veicoli.

1.2.1 Gli incidenti stradali nel mondo

Il fenomeno dell'incidentalità stradale è sempre più ricorrente al giorno d'oggi; dal 1998 al 2017 gli incidenti stradali sono aumentati del 15%, perciò la sua importanza non può essere trascurata. Secondo il Report Globale sulla Sicurezza Stradale dell'Organizzazione Mondiale della Sanità pubblicato nel 2018, nel 2016 è stato osservato un numero di morti a seguito di incidente stradale pari ad 1.35 milioni (circa 3700 decessi ogni giorno in media sulle strade). In particolare, l'incidente stradale costituisce la nona causa di morte per tutte le fasce di età e la prima per persone con età compresa tra i 5 ed i 29 anni.

Sebbene negli ultimi 30 anni il numero di incidenti sia quindi sostanzialmente aumentato il programma di ricerca globale Global Burden of Desease indica una riduzione nel numero di decessi. Per rendere esplicito il decremento della mortalità si può calcolare un indicatore che rapporta il numero di morti avvenute sulle strade ogni 100.000 abitanti, tale indicatore assume il nome di tasso di mortalità. Negli anni si è osservata una riduzione dell'indicatore di circa il 50% [6]: il suo valore è passato da 135 morti ogni 100.000 abitanti nel 2000 al valore di 64 nel 2016.

Il trend decrescente del tasso di mortalità della popolazione mondiale rispetto al numero di veicoli è reso evidente nell'immagine sottostante che indica come siano stati compiuti dei progressi in termini di riduzione del numero di decessi. Tuttavia, è bene evidenziare come le due rette, che indicano rispettivamente il tasso di mortalità e il numero di veicoli, abbiano un'inclinazione differente: ciò fa intendere che la riduzione del tasso di mortalità non avviene ad una rapidità tale da compensare la rapida crescita della popolazione mondiale e della motorizzazione.

[6] World Health Organization, Global Status Report on Road Safety 2018, https://www.who.int

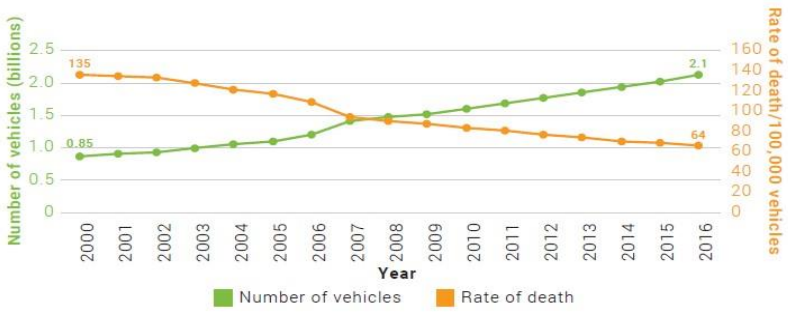


Figura 3: Numero di veicoli e tasso di mortalità ogni 100k veicoli

Lo scenario mondiale presenta però delle differenze significative nei tassi di mortalità dei diversi paesi: i paesi in via di sviluppo presentano, rispetto a quelli già sviluppati, valori più elevati in quanto non possiedono un'infrastruttura adeguata rispetto al numero di veicoli. I paesi cosiddetti *low-income* registrano un numero di morti ogni 100.000 abitanti di tre volte superiore rispetto a quello di paesi caratterizzati da un grado di sviluppo maggiore (27,5 e 8,3 morti ogni 100.000 abitanti rispettivamente).

Si tratta di un dato ancora più preoccupante se si considera che soltanto l'1% dei veicoli mondiali appartiene a paesi *low-income,* per cui il fenomeno assume una dimensione e importanza ancora maggiore.

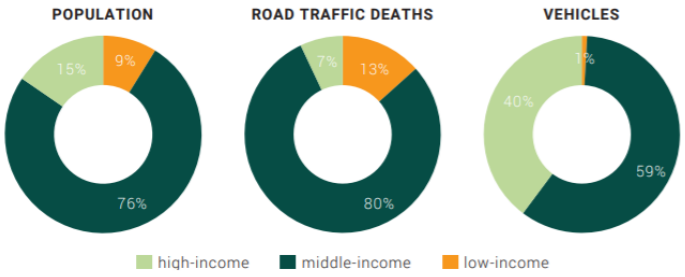


Figura 4: Proporzione di popolazione, decessi per incidente stradale e veicoli registrati per classi di reddito. World Health Organization, Global Status Report on Road Safety 2018, https://www.who.int

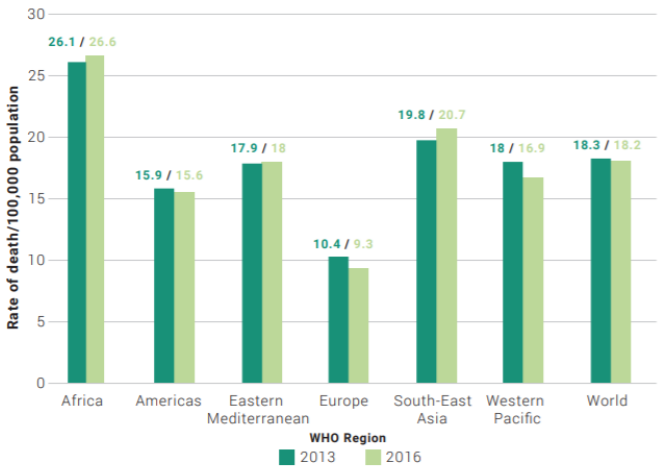


Figura 5:Tasso di mortalità per 100.000 abitanti: 2013, 2016

Tra il 2013 e il 2016 anche il numero di incidenti, mortali e non, converge verso il basso per i vari paesi del mondo ma ancora una volta possono essere evidenziate significative differenze tra di essi. I progressi maggiori in termini di sicurezza stradale sono stati compiuti principalmente dai paesi più avanzati, hanno caratterizzato in maniera minore i paesi a medio reddito mentre per i paesi a basso reddito il miglioramento è quasi nullo[7]. I motivi di tale disuguaglianza sono da ricercare nella differente disponibilità economica dei diversi paesi che può essere destinata ai miglioramenti infrastrutturali, nelle azioni preventive intraprese, nei diversi gradi di istruzione e nei comportamenti individuali. Lo studio realizzato da Van Beeck et al[8]. mostra, infatti, come esista una correlazione tra il grado di istruzione di un individuo e la sua propensione a adottare determinati comportamenti alla guida che possono influenzare l'esito di un incidente stradale quali, ad esempio, l'allacciamento delle cinture di sicurezza.

La situazione Europea, rispetto a quella di altre regioni del mondo, appare relativamente buona. Tra il 2001 e il 2010 si è ottenuta una riduzione del numero dei decessi per incidente stradale pari a circa il 43%, mentre tra il 2010 e il 2018 la riduzione è stata del 21%. Nel 2019, sono stati circa 22.800 gli incidenti mortali, circa 7000 in meno rispetto al 2010 (-23%) e con una diminuzione del 2% rispetto al 2018[9].

[7] World Health Organization, Global Status Report on Road Safety 2018, https://www.who.int
[8] Van Beeck E. Priorities in injury epidemiology. Europ J Epidemiol, 2004; 19: 401-3.
[9] European Commission, 2019 road safety statistics: what is behind the figures? https://ec.europa.eu

Secondo il rapporto Europeo annuale sulla sicurezza stradale la situazione all'interno dell'Europa, per quanto migliore rispetto ad altri continenti, appare comunque molto variegata in quanto soltanto 16 dei 32 Stati membri hanno registrato una decrescita del numero di sinistri nel 2019 rispetto all'anno precedente, al contrario in 12 paesi si registra un incremento mentre nei restati 4 la situazione rimane pressoché immutata. Dai dati del 2019 si può quindi dedurre che nessuno dei paesi dell'UE riuscirà a raggiungere l'obiettivo del dimezzamento del numero di vittime sulla strada entro il 2020 nonostante alcuni di essi come Grecia, Lettonia e Lituania si avvicineranno molto al target con riduzioni che vanno dal 39% al 44%.

La riduzione annua che avrebbe permesso il raggiungimento del target imposto per il 2020 è stata calcolata pari al 6,7% mentre essa è stata osservata ad un livello di -2,7% con la maggior parte dei progressi raggiunti negli anni 2011, 2012 e 2013. Dall'immagine seguente si può osservare in maniera chiara come a seguito del 2013 si sia assistito ad un significativo rallentamento nei progressi dei paesi Europei come probabile conseguenza dell'esaurimento del beneficio apportato dalle azioni intraprese.

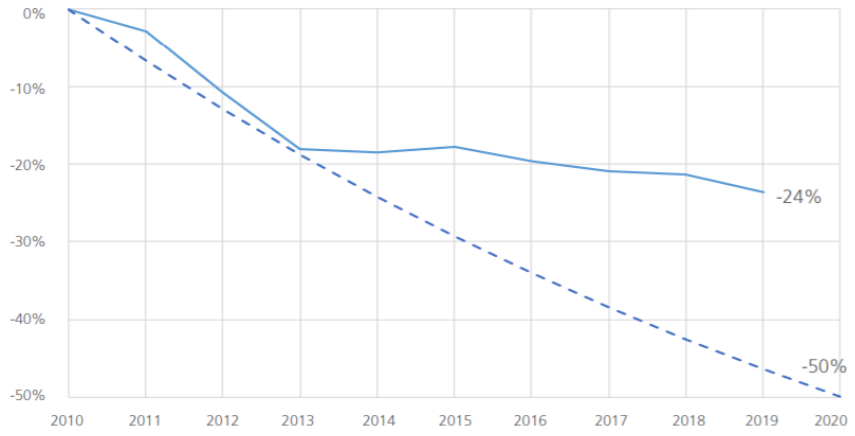


Figura 6: Riduzione del numero di vittime sulla strada dal 2010 (linea continua) contro andamento target 2020 (linea tratteggiata)

1.2.2 Gli incidenti stradali in Italia

In Italia i dati ufficiali circa il numero di incidenti provengono dalle statistiche ISTAT[10]: tra il 2010 e il 2019 la riduzione media annua del numero di vittime è stata pari al 2,8%, ossia lo 0,1% in più rispetto alla media Europea. L'Italia nella decade che va dal 2001 al 2010 ha ridotto il numero di vittime sulla strada del 42%, raggiungendo il primo obiettivo posto dall'Unione Europea del dimezzamento del numero di vittime entro il 2010 quasi 3 anni più tardi, nel 2013. Come tutti i restanti paesi della Comunità Europea, dopo il 2013, ha avuto un forte rallentamento rispetto agli anni precedenti, registrando persino un'inversione di tendenza nel 2015 e nel 2017.

ANNI	Incidenti	Morti	Feriti	Tasso di mortalità stradale (a)	Var. % annua delle vittime (b)	Var.% delle vittime rispetto al 2001 (b)	Var. % delle vittime rispetto al 2010 (b)
2001	263.100	7.096	373.286	124,5	-	-	-
2010	212.997	4.114	304.720	69,4	-2,9	-42,0	-
2011	205.638	3.860	292.019	65,0	-6,2	-45,6	-6,2
2012	188.228	3.753	266.864	63,0	-2,8	-47,1	-8,8
2013	181.660	3.401	258.093	56,2	-9,4	-52,1	-17,3
2014	177.031	3.381	251.147	55,6	-0,6	-52,4	-17,8
2015	174.539	3.428	246.920	56,3	+1,4	-51,7	-16,7
2016	175.791	3.283	249.175	54,2	-4,2	-53,7	-20,2
2017	174.933	3.378	246.750	55,8	+2,9	-52,4	-17,9
2018	172.553	3.334	242.919	55,2	-1,3	-53,0	-19,0
2019	172.183	3.173	241.384	52,6	-4,8	-55,3	-22,9

Figura 7:Andamento del numero di incidenti, morti e feriti in Italia, anni 2001-2019, ACI-ISTAT, Rapporto Incidenti stradali, 2019.

Nel 2019 si sono verificati 172.183 incidenti stradali con lesioni a persone, con un calo dello 0,2% rispetto al 2018. Il numero di vittime è pari a 3.173 (quasi una decina al giorno in media), in netta diminuzione rispetto al 2018 (-161, pari a -4,8%) attestandosi sul livello minimo mai raggiunto. Anche il numero dei feriti risulta in calo: 241.384 ossia lo 0,6% in meno se paragonato all'anno precedente.

Nella figura sottostante si può notare nel dettaglio il trend decrescente del numero di incidenti, feriti e vittime negli ultimi venti anni e l'obiettivo, ancora lontano, del 2020.

[10] ACI-ISTAT, Rapporto Incidenti stradali, 2019

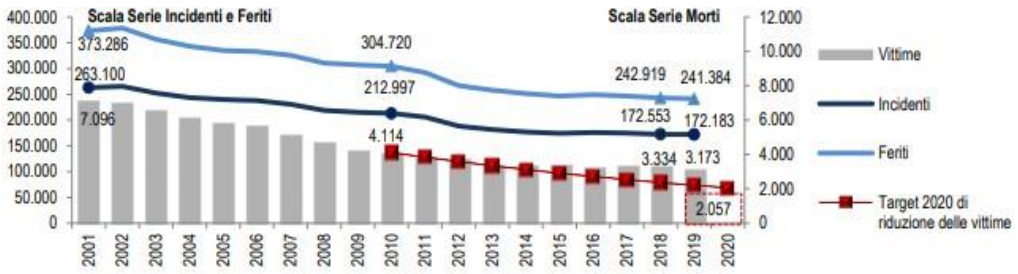


Figura 8: ISTAT, Incidenti stradali con lesioni a persone, morti e feriti, valori assoluti. Anni 2001-2019.

Il tasso di mortalità stradale passa dal valore di 55,2 a 52,6 morti ogni milione di abitanti tra il 2019 e il 2018 con una riduzione tra i due anni del 4,8%, superiore al valore medio raggiunto dall'Unione Europea (-2,3%).

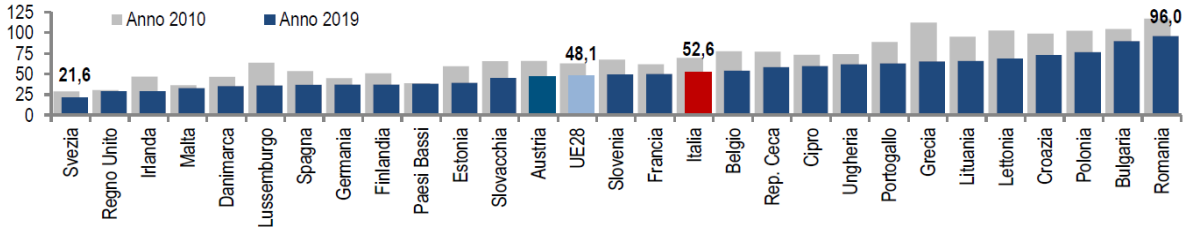


Figura 9: Morti per milione di abitanti; Fonte: European Transport Safety Council, Annual PIN report. Anno 2020

È interessante rilevare come il confronto tra il numero di incidenti riportato dall'ISTAT e il numero di sinistri registrati dalle compagnie di assicurazione manifesti un'evidente differenza.

Infatti, considerando esclusivamente la percentuale di sinistri che presentavano almeno un danno alla persona è possibile verificare come esista una concordanza con i dati ISTAT solo in termini di andamento; nel 2018 la percentuale sul totale dei sinistri denunciati, secondo l'Associazione Nazionale fra le Imprese Assicuratrici, era pari al 15,8% mentre nell'anno successivo si attestava sul 15,1%. Ciò che distingue i dati che provengono dalle due fonti sono i valori assoluti: per ANIA nel 2018 i sinistri che hanno causato almeno un danno alla persona sono circa 340.703 (15,8% del totale pari a 2.156.347), valore che poi è sceso attorno a 323.120 nel 2019. Comparando i dati ISTAT con quelli riportati dalle compagnie di assicurazione è evidente che è presente una sottostima del numero di feriti nei primi, problema che si riflette successivamente anche nel calcolo del costo sociale degli incidenti stradali.

La variazione tra i dati statistici di incidentalità stradale presente nelle statistiche ACI- ISTAT e i dati pubblicati da ANIA può avere varie spiegazioni. Tra queste va tenuto presente che la raccolta dei dati è frammentata fra vari rilevatori (Polizia Stradale, Polizia Municipale, Carabinieri, ecc.), non esiste un sistema informatico unico ma il passaggio dei dati è delegato alle Regioni, manca un collegamento con i dati degli ospedali (con particolare riferimento alle Schede di Dimissione Ospedaliera), mentre per quanto riguarda i morti essi sono definiti come tali le persone decedute nell'immediatezza o entro il trentesimo giorno a partire da quello in cui si è verificato l'incidente, per cui dal conteggio sono esclusi tutti i decessi, causati da un sinistro, verificatisi anche pochi giorni oltre tale soglia. A quest'ultimo proposito si sottolinea che tale definizione è stata dettata a decorrere dal 01/01/1999 mentre in passato, fino al 1998, venivano considerati solo i decessi avvenuti entro 7 giorni dall'incidente.

Dopo aver fornito una panoramica sulle dimensioni del fenomeno in Italia si ritiene opportuno focalizzare l'attenzione su aspetti più di dettaglio in modo da comprendere a fondo quali siano le dinamiche che caratterizzano maggiormente gli incidenti stradali.

Per effettuare una trattazione più di dettaglio si considerano solo i dati relativi al 2019[11] in cui le vittime di incidente stradale risultano essere principalmente uomini (2566 contro 607 donne), per i quali differiscono anche le fasce d'età in cui si riscontrano i livelli massimi. Per gli uomini le classi principalmente coinvolte sono quelle tra 20 e 24 anni e 45-54 anni, al contrario per le donne il numero di vittime maggiore si colloca tra i 75 e gli 89 anni.

La distribuzione dei tassi di mortalità stradale per età conferma ancora ciò che risulta dalle statistiche a livello europeo e cioè lo svantaggio delle classi di età più giovani (15-29 anni). Rapportando per le differenti fasce d'età il numero di decessi causati da incidente stradale nel 2019 al totale delle morti che si sono verificate nello stesso anno è possibile osservare come il "tasso di mortalità stradale" sia particolarmente elevato per i più giovani con percentuali che vanno dal 20% al 40%.
Tale dato appare particolarmente significativo se si confronta con il valore appartenente alle classi d'età superiori riportato nella tabella sottostante.

[11] ACI-ISTAT, Rapporto Incidenti Stradali, 2019.

Classe d'età	Decessi incidente stradale per fascia d'età ISTAT	Decessi per fascia d'età ISTAT	Valore percentuale
Fino a 5 anni	17	1239	1,4%
Da 6 a 9 anni	4	149	2,7%
Da 10 a 14 anni	14	210	6,7%
Da 15 a 20 anni	212	550	38,5%
Da 21 a 24 anni	194	814	23,8%
Da 25 a 29 anni	218	995	21,9%
Da 30 a 44 anni	556	6889	8,1%
Da 45 a 54 anni	501	17780	2,8%
Da 55 a 59 anni	221	16499	1,3%
Da 60 a 64 anni	194	22919	0,8%
Più di 65	994	455873	0,2%

Tabella 1: Decessi per incidente stradale per classi d'età, valori assoluti e percentuali rispetto al totale dei decessi, elaborazione dati ISTAT, 2019.

Se si effettua una distinzione per categoria di utente appare chiaro come i rischi più elevati gravino sugli utenti vulnerabili della strada quali pedoni, disabili, anziani, ciclisti e tutti coloro che necessitino di una tutela particolare dai pericoli derivanti dalla circolazione stradale. Essi, infatti, rispetto agli occupanti di un veicolo, non possiedono delle protezioni esterne che sono in grado di attutire le conseguenze causate dall'impatto.

Secondo il rapporto ACI-ISTAT del 2019 gli incidenti si verificano principalmente durante i mesi estivi, ed in particolare nei mesi di giugno e luglio, caratterizzati da picchi nella numerosità dei sinistri a causa di un maggiore tasso di occupazione delle vetture. Nel mese di agosto, sebbene la frequenza degli incidenti risulti in diminuzione, si registra un indice di mortalità superiore ai restanti due mesi della stagione.

In relazione al momento del giorno in cui si verifica il maggior numero di incidenti è bene fare una distinzione che non prenda in considerazione soltanto la fascia oraria in quanto ciò che può realmente influire in maniera significativa è la condizione di luminosità, variabile a seconda del periodo dell'anno considerato. In base a queste considerazioni il documento mette in risalto una maggiore frequenza degli incidenti tra il tramonto e l'alba a causa della condizione di buio in cui versano le strade.

Relativamente al luogo dell'incidente si osserva una diminuzione su tutti gli ambiti stradali, fatta eccezione per le strade urbane, in lieve aumento rispetto al 2018 (+0.2%). La variazione più consistente è quella che ha caratterizzato le autostrade con -3,8%, tuttavia quando si effettua il confronto con il 2018 bisogna tenere in considerazione come i dati

dell'anno precedente al 2019 fossero estremamente più elevati a causa del crollo del ponte Morandi in cui persero la vita 43 persone.

Nonostante una sempre maggiore sensibilizzazione in materia di sicurezza stradale gli incidenti vedono ancora come prima causa i comportamenti errati alla guida, tra cui i più frequenti si confermano la distrazione, il mancato rispetto della precedenza e la velocità troppo elevata, unitamente i tre gruppi costituiscono quasi il 40% del totale. Le restanti cause principali sono: la mancanza della distanza di sicurezza, la manovra irregolare, la mancanza di precedenza al pedone e il comportamento scorretto del pedone.

Nei primi mesi del 2020, il blocco quasi totale della mobilità e della circolazione legato alle misure adottate per il contenimento della pandemia da Sars-Cov-2 hanno determinato dei dati eccezionalmente positivi per l'incidentalità stradale.
Infatti, durante il lockdown, secondo le stime preliminari dell'ISTAT[12], il tasso di mobilità ha subito un calo drastico passando dal 85% al 32%, allo stesso modo anche la lunghezza media degli spostamenti è diminuita (-40%).
Nel periodo gennaio-settembre 2020, in Italia, si è verificata una netta riduzione del numero di incidenti stradali con lesioni a persone (90.821, pari a -29,5%) mentre si registra una riduzione ancora maggiore del numero dei feriti (123.061, -32,0%). Il totale delle vittime entro il trentesimo giorno vede una diminuzione del 26,3% pari a 1.788 vite.
Se si limita l'osservazione al periodo gennaio-giugno 2020 le diminuzioni sono più accentuate, pari a circa il 34% per le vittime e a quasi il 40% per incidenti e feriti. Nel trimestre luglio-settembre 2020 l'incidentalità è in ripresa, come conseguenza dell'allentamento delle misure imposte, con cali più contenuti rispetto allo stesso periodo del 2019.

Nonostante la riduzione ottenuta in questo particolare periodo storico sia comunque positiva, non permetterà all'Italia di avvicinarsi al raggiungimento dell'obiettivo posto in *"Verso uno spazio europeo della sicurezza stradale: orientamenti 2011-2020 per la sicurezza stradale"*[13] che prevede una riduzione del 50% dei morti rispetto al 2010. È evidente quindi che esistano ancora varie criticità per garantire un aumento della sicurezza

[12] ISTAT, Stime Preliminari, Comunicato Stampa del 16 dicembre 2020.
[13] (COM (2010) 389/3)

stradale e pertanto sia necessario prevedere nuovi investimenti, a differenti livelli, attuando azioni di miglioramento.

1.3 Azioni per il miglioramento della sicurezza stradale

La sicurezza stradale è radicalmente cambiata rispetto ai primi anni ’90 grazie ad una maggiore attenzione e impegno dei paesi e soprattutto grazie all’adozione di dispositivi quali airbag, pretensionatori e limitatori di tensione per le cinture di sicurezza.
Le azioni per ridurre gli incidenti stradali sono portate avanti in tutto il mondo, nel seguito sono state riportate solo alcune delle più importanti evidenziando poi la posizione dell’Europa e dell’Italia in questo ambito.

Per incrementare la sicurezza stradale nel 2010 l’assemblea delle Nazioni Unite ha studiato un programma che consentisse di ridurre il numero di incidenti gravi che si verificano su strada: *“United Nations Decade of Action for Road Safety”*.
Nel settembre del 2015 i 193 paesi membri dell’ONU hanno sottoscritto l’ *"Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile"* in cui sono inseriti due obiettivi di sviluppo sostenibile legati alla sicurezza stradale:

- Entro il 2030, dimezzare il numero di decessi a livello mondiale e le lesioni da incidenti stradali (ob. n. 3.6);

- Fornire l’accesso a sistemi di trasporto sicuri, sostenibili, e convenienti per tutti, migliorare la sicurezza stradale, in particolare ampliando i mezzi pubblici, con particolare attenzione alle esigenze di chi è in situazioni vulnerabili, alle donne, ai bambini, alle persone con disabilità e agli anziani (ob. n. 11.2);

Nel febbraio 2019 l’Onu e l’Oms hanno siglato una strategia internazionale *"A Partnership for Safer Jouneys"* con l’intenzione di definire in maniera standard i requisiti minimi che rendano i mezzi a disposizione del personale delle Nazioni Unite funzionanti e sicuri, indicando i sistemi di ausilio alla guida di cui devono essere dotati.

A livello Europeo, la Commissione Europea, nel 2003, con il Programma di Azione Europeo per la Sicurezza Stradale invita l'adesione e la cooperazione di tutti i soggetti ed i paesi interessati in modo da rendere i veicoli più sicuri, incoraggiare gli utenti ad un migliore comportamento e migliorare le infrastrutture stradali, al fine di stabilire e diffondere delle best practices che permettessero di perfezionare le metodologie per la raccolta e l'analisi dei dati relativi agli incidenti.

Constatando che il 95% degli incidenti accadono per errori umani, nel 2003, l'Unione Europea ha sottolineato quindi l'importanza dello sviluppo di nuove tecnologie di sicurezza tramite la Comunicazione *"Dimezzare il numero di vittime della strada nell'Unione europea entro il 2010: una responsabilità condivisa"*[14].

Tenendo conto dei progressi che sono stati fatti nel decennio 2001-2010 con il Libro Bianco, la Comunità Europea si è posta degli obiettivi ambiziosi che mirano a coordinare gli sforzi nazionali o locali in modo da portare avanti l'impegno in questo ambito.

Con la Comunicazione *"Verso uno spazio europeo della sicurezza stradale: orientamenti 2011-2020 per la sicurezza stradale"*[15] sono stati identificati sette sotto-obiettivi (miglioramento dell'educazione stradale, rafforzamento dell'applicazione della normativa stradale, miglioramento della sicurezza delle infrastrutture, miglioramento della sicurezza dei veicoli, uso delle moderne tecnologie per incrementare la sicurezza stradale, miglioramento dei servizi di emergenza e assistenza post-incidente, protezione degli utenti vulnerabili della strada) che permettano il raggiungimento dell'obiettivo ultimo del dimezzamento del numero totale di vittime della strada nell'Unione nel 2020 a partire dal 2010.

Con il fine di migliorare l'efficienza dei trasporti e l'utilizzo delle infrastrutture né il Libro bianco del 2011 *"Tabella di marcia verso uno spazio unico europeo dei trasporti – Per una politica dei trasporti competitiva e sostenibile"* [16]l'Europa cerca di affermare la propria

[14] (COM (2003) 311 def.)
[15] (COM (2010) 389/3)
[16] (COM/2003/0311)

posizione di leader con l'intento di portare il numero di vittime della strada prossimo allo zero entro il 2050.

Con lo scopo di fornire un soccorso rapido, di fondamentale importanza per la riduzione della severità dell'incidente, l'Unione Europea ha reso obbligatoria la tecnologia Ecall su tutte le autovetture. Il dispositivo grazie alla presenza di sensori posizionati sulle cinture di sicurezza o negli airbag, è in grado di registrare un eventuale incidente e far scattare la chiamata automatica al numero unico europeo 112.
La tecnologia Ecall non è l'unica ad essere stata resa obbligatoria infatti, nel 2018, con la pubblicazione del terzo e ultimo pacchetto "*Europa in movimento*" la commissione ha disposto che i veicoli siano equipaggiati con dispositivi avanzati di frenata d'emergenza e sistemi di avviso di deviazione dalla corsia di marcia per gli autoveicoli, ad essi si aggiungono sistemi di rilevamento dei pedoni e dei ciclisti per i veicoli pesanti.
Infine, il Parlamento Europeo nel 2019 ha reso obbligatoria l'installazione di un pacchetto di 30 dispositivi avanzati di sicurezza a partire dal 2022 per i nuovi modelli e dal 2024 per i modelli già esistenti. I veicoli a motore dovranno essere dotati dei seguenti sistemi:

- adattamento intelligente della velocità ISA;
- interfaccia di installazione di dispositivi di tipo alcolock (autovetture, furgoni, autobus, camion);
- avviso della disattenzione e della stanchezza del conducente (autovetture, furgoni, autobus, camion);
- Avviso avanzato di distrazione del conducente (autovetture, furgoni, autobus, camion);
- Frenata automatica di emergenza (autovetture);
- Rilevamento in retromarcia (autovetture, furgoni, autobus, camion);
- Registratore di dati di evento o "scatola nera" (autovetture, furgoni);
- Avviso di frenata di emergenza (autovetture, furgoni, autobus, camion);
- Superamento crash test per la protezione dei passeggeri anteriori (autovetture, furgoni);

- Allargamento della zona di impatto per la testa per pedoni e ciclisti (autovetture, furgoni);
- Mantenimento corsia attivo (autovetture, furgoni);
- Protezione degli occupanti contro gli urti laterali (autovetture, furgoni);
- Sistema di monitoraggio della pressione pneumatici (furgoni, camion, autobus);
- Rilevazione e avviso della presenza di utenti stradali vulnerabili sul lato anteriore e laterale del veicolo (camion, autobus);
- Miglioramento della visibilità degli utenti vulnerabili dal posto di guida (camion, autobus);

A livello nazionale, in Italia con lo scopo di assicurare la massima diffusione di sistemi di trasporto intelligenti sul territorio nazionale è stato poi emanato il decreto 1° febbraio 2013, da parte del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, che individua le azioni per favorire lo sviluppo dei sistemi ITS sul territorio nazionale.

Nel 2016, il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, ha avviato il progetto Smart Roads definendo le linee guida per lo sviluppo in Italia delle strade intelligenti e dei veicoli automatizzati e connessi.

Infine, è stato stilato il Piano Nazionale sulla Sicurezza Stradale[17] per l'orizzonte 2020 il cui obiettivo generale, sulla base dei risultati raggiunti negli ultimi anni e delle indicazioni della Commissione Europea, è il dimezzamento dei decessi sulle strade al 2020 rispetto al totale dei decessi registrato nel 2010. Per raggiungere l'obbiettivo ultimo sono state individuate le seguenti strategie:

- campagne informative;
- aumento dei controlli;
- educazione stradale e informazione;
- protezione degli utenti vulnerabili;

[17] MIT, Piano nazionale sulla sicurezza stradale: orientamento 2020, http://www.mit.gov.it/

- miglioramento delle caratteristiche dell'infrastruttura;
- sensibilizzazione dell'utenza nell'acquisto di veicoli dotati di dispositivi di sicurezza;
- dotazione di sistemi ITS su veicoli;
- gestione delle emergenze e tempestività dei soccorsi;

L'interesse di tutto il mondo verso questo fenomeno fa quindi intendere l'importanza dell'investimento in azioni per il raggiungimento di una maggiore sicurezza stradale dimostrando l'infondatezza della convinzione diffusa secondo la quale gli incidenti sono un correlato inevitabile degli spostamenti di merci e persone.

1.4 Sviluppi futuri e ITS

La situazione dell'incidentalità stradale appare quindi abbastanza chiara: a livello mondiale gli incidenti stradali sono in aumento, anche se non in modo omogeneo in tutte le parti di esso, ma la mortalità è in diminuzione come conseguenza delle politiche di intervento effettuate negli ultimi 20 anni, tuttavia, il numero di decessi appare ancora significativo ed eticamente inaccettabile.

In anni recenti il focus dell'attenzione si è spostato dal considerare l'errore umano come principale causa di un incidente stradale alla valutazione dell'errore dell'intero sistema, pertanto tutte le componenti, umana, tecnologica, infrastrutturale e di contesto sono coinvolte. L'analisi degli incidenti richiede quindi l'adozione di una prospettiva integrata in modo da comprendere come i diversi elementi del sistema interagiscono fra di loro. Ciò richiede di mettere insieme i dati che provengono dalle diverse componenti; per consentire la raccolta, comunicazione, analisi e distribuzione di informazioni e dati tra soggetti, veicoli e merci in movimento, si possono adottare le nuove tecnologie "intelligenti".

Gli ITS, Intelligent Transport Systems, sono tecnologie la cui implementazione consente una migliore gestione del traffico stradale con conseguente riduzione degli incidenti; queste soluzioni hanno spesso un costo decisamente inferiore rispetto ai benefici che si possono ottenere dal loro utilizzo e pertanto costituiscono un'alternativa valida rispetto alle soluzioni proposte in passato che vedevano principalmente come unico strumento quello della costruzione di nuove infrastrutture, soluzione peraltro non più praticabile a causa della saturazione della terra e degli elevati costi di realizzazione e manutenzione.

Nonostante ad oggi queste tecnologie si stiano diffondendo in maniera sempre più massiva rimangono ancora delle criticità dovute principalmente alle caratteristiche dei paesi e alla molteplicità di attori e organizzazioni che intervengono sia dal lato dell'offerta che della domanda. Uno switch a favore degli ITS richiede infatti degli investimenti per cui deve essere attentamente valutato il contesto istituzionale e legislativo in cui si opera.

2. Capitolo Secondo: Il Piemonte

2.1 L'incidentalità in Piemonte

Avendo scelto come area di interesse il Piemonte si ritiene necessario dedicare un capitolo a sé per descrivere la situazione dell'incidentalità nel dettaglio secondo le principali tipologie di analisi: territoriale, temporale, di natura e per localizzazione.

Per avere una visione più chiara del fenomeno all'interno della Regione si espongono i risultati frutto dell'elaborazione dei dati ISTAT del 2019 sul territorio regionale[18].

Il Piemonte ha raggiunto l'obiettivo posto dall'Unione Europea del dimezzamento del numero di vittime sulla strada per il decennio 2001-2010 due anni più tardi ma il suo andamento è stato analogo a quello nazionale con una decrescita di oltre il 40% nello stesso periodo di tempo.

Il trend è stato mantenuto anche negli anni successivi, infatti, come sottolineano i dati ISTAT, è stata registrata una diminuzione nel numero di incidenti, nell'arco di tempo che va dal 2001 al 2018, che passano dal massimo di 16.953 nel 2001 al minimo di 10.646 nel 2019.

Focalizzando l'attenzione sui numeri che hanno interessato gli ultimi anni del periodo di rilevazione si osserva un incremento del numero di incidenti nel 2018, nonostante la continua decrescita di morti (-10%), che segna un'inversione di tendenza rispetto ai dati del biennio precedente.

Nel 2019 la situazione torna a migliorare su tutti i fronti; risultano in diminuzione non soltanto gli incidenti stradali (-1,7%) ma anche i decessi (-7,6%) e i feriti (-2,7%).

Osservando i dati non bisogna dimenticare che la riduzione del numero di morti è stata ottenuta anche in presenza di un'espansione del parco circolante, che raggiunge il valore di 3.861.183 veicoli, mostrando come gli eventi incidentali sono sempre meno influenzati

[18] Regione Piemonte, Statistiche Incidenti Stradali, "L'incidentalità stradale in Piemonte al 2019", 2020.

dalle dinamiche della mobilità. L'andamento è dunque coerente con la tendenza nazionale sebbene le riduzioni siano di entità inferiore a quest'ultima.

ANNO	Incidenti	Morti	Feriti	Indice di mortalità (a)	Tasso di mortalità stradale *(per 100.000 abitanti)*	Variazione % annua delle vittime (b)	Variazione % delle vittime rispetto al 2001 (b)	Variazione % delle vittime rispetto al 2010 (b)	Popolazione al 31.12
2001	16.953	563	25.072	3,3	13,4				4.213.294
2002	17.994	591	26.420	3,3	14,0	5,0	5,0		4.231.334
2003	16.111	569	23.223	3,5	13,3	-3,7	1,1		4.270.215
2004	15.553	495	22.647	3,2	11,4	-13,0	-12,1		4.330.172
2005	15.126	453	21.942	3,0	10,4	-8,5	-19,5		4.341.733
2006	14.871	404	22.047	2,7	9,3	-10,8	-28,2		4.352.828
2007	14.643	392	21.363	2,7	8,9	-3,0	-30,4		4.401.266
2008	13.152	332	19.229	2,5	7,5	-15,3	-41,0		4.432.571
2009	13.742	317	19.985	2,3	7,1	-4,5	-43,7		4.446.230
2010	13.580	327	19.965	2,4	7,3	3,2	-41,9		4.457.335
2011	13.254	320	19.332	2,4	7,3	-2,1	-43,2	-2,1	4.357.663
2012	12.175	286	17.587	2,3	6,5	-10,6	-49,2	-12,5	4.374.052
2013	11.259	259	16.374	2,3	5,8	-9,4	-54,0	-20,8	4.436.798
2014	11.445	265	16.463	2,3	6,0	2,3	-52,9	-19,0	4.424.467
2015	11.134	246	16.278	2,2	5,6	-7,2	-56,3	-24,8	4.404.246
2016	10.905	247	15.792	2,3	5,6	0,4	-56,1	-24,5	4.392.526
2017	10.823	279	15.783	2,6	6,4	13,0	-50,4	-14,7	4.375.865
2018	10.832	251	15.744	2,3	5,8	-10,0	-55,4	-23,2	4.356.406
2019	10.646	232	15.327	2,2	5,3	-7,6	-58,8	-29,1	4.341.375

Figura 10:Elaborazione regione Piemonte su dati ISTAT, Incidenti stradali, morti e feriti in Piemonte, Anni 2001- 2019

Nonostante si rilevi un decremento dell'indice di mortalità, che passa dal valore di 2,3 nel 2018 al valore di 2,2 nel 2019, esso rimane comunque superiore alla media Nazionale di 1,9. Allo stesso tempo si rileva una diminuzione negli indici di lesività, gravità e di conseguenza anche del tasso di mortalità stradale.

Suddividendo i dati per le varie province Piemontesi è possibile tracciare un andamento del numero di morti che, per il biennio 2018-2019, è riportato nel grafico sottostante.

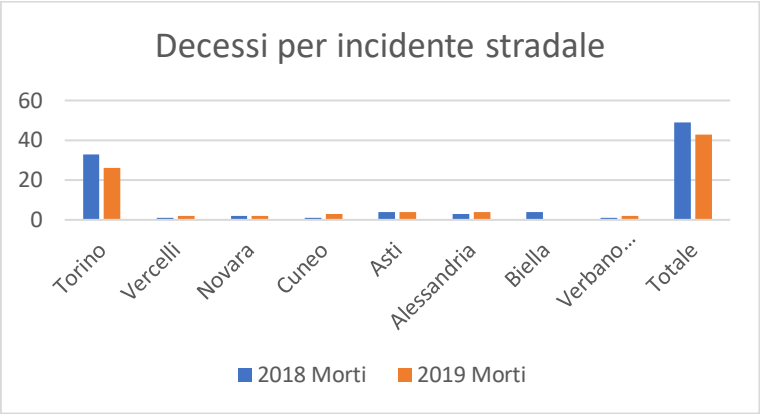


Figura 11: Decessi per incidente stradale per capoluogo. Elaborazione dati ISTAT 2018 2019

Il trend negativo è mantenuto esclusivamente nelle province di Torino e Biella, rimane stabile per le province di Novara e Asti mentre è crescente nelle restanti.

Non passa certamente inosservato l'aumento del tasso di mortalità stradale nelle province di Asti e Alessandria a causa dell'aumento del numero di vittime che in alcuni casi è raddoppiato o triplicato tra i due anni; tuttavia, ciò è da leggere congiuntamente al valore assoluto, piuttosto esiguo, registrato nel 2018 per cui anche la fluttuazione di una sola unità provoca grandi variazioni percentuali nei vari indici.

Città metropolitana* e province	Anno 2018				Anno 2019			
	Indice di mortalità (a)	Indice di lesività (b)	Indice di gravità (c)	Tasso di mortalità stradale (d)	Indice di mortalità (a)	Indice di lesività (b)	Indice di gravità (c)	Tasso di mortalità stradale (d)
Torino*	1,9	148,5	1,3	4,8	1,8	147,0	1,2	4,3
Vercelli	6,0	135,1	4,3	12,9	4,3	139,5	3,0	10,0
Novara	2,4	141,7	1,7	6,5	1,8	136,6	1,3	5,2
Cuneo	3,3	156,2	2,1	7,0	3,2	150,6	2,1	6,8
Asti	1,9	140,0	1,4	4,7	3,2	137,7	2,2	7,5
Alessandria	1,9	138,8	1,4	5,9	2,2	142,4	1,5	6,4
Biella	3,0	125,1	2,3	6,3	2,5	130,1	1,9	4,6
Verbano C.O.	2,2	132,1	1,7	5,7	2,1	128,5	1,6	5,1
Piemonte	**2,3**	**145,3**	**1,6**	**5,8**	**2,2**	**144,0**	**1,5**	**5,3**
Italia	1,9	140,8	1,4	5,5	1,8	140,2	1,3	5,3

Figura 12:Elaborazione regione Piemonte su dati ISTAT, Indici di mortalità, lesività e gravità e tasso di mortalità stradale[19]. per città metropolitana e province. Anni 2018 e 2019

[19] (a) Indice di mortalità: rapporto tra il numero dei morti e il numero degli incidenti con lesioni a persone per 100. (b) Indice di lesività: rapporto tra il numero dei feriti ed il numero degli incidenti con lesioni a

Se si considerano i dati riguardati gli incidenti si distingue la provincia di Torino che si colloca al primo posto con il più elevato numero di incidenti, dato certamente influenzato dalla maggiore estensione del parco circolante e dal maggior numero di abitanti rispetto alle altre province della regione.

Al secondo posto si trova la provincia di Alessandria seguita a poca distanza dalla provincia di Novara mentre i dati delle restanti province risultano essere decisamente più bassi.

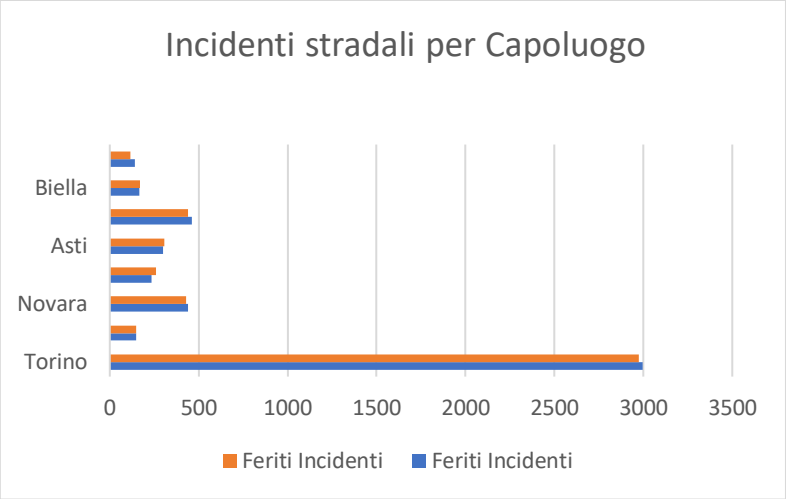


Figura 13: Incidenti stradali per Capoluogo. Elaborazione dati ISTAT, anni 2018-2019

L'andamento decrescente del numero di feriti si registra esclusivamente nelle province di Torino, Alessandria, Novara e Verbano C.O., rimane stabile in provincia di Vercelli mentre nelle restanti si registra un lieve incremento.

persone per 100. (c) Indice di gravità: rapporto tra il numero dei morti e la somma di morti e feriti in incidenti con lesioni a persone per 100. (d) Tasso di mortalità stradale: morti per centomila abitanti.

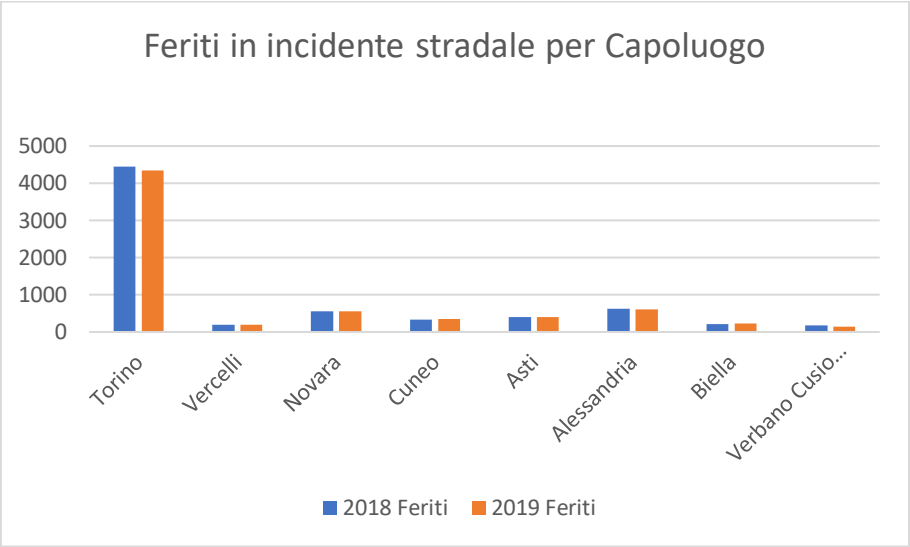


Figura 14:Feriti in incidente stradale per Capoluogo di Provincia. Elaborazione dati ISTATI, anni 2018-2019

Passando ad un'analisi dei dati in base al luogo dell'incidente è evidente come la maggior parte degli incidenti nel 2019 si sia verificato su strade urbane con il 72,3%, in seconda istanza su strade extraurbane (20,4%) e solo in misura inferiore su autostrade con il 7,3%[20].

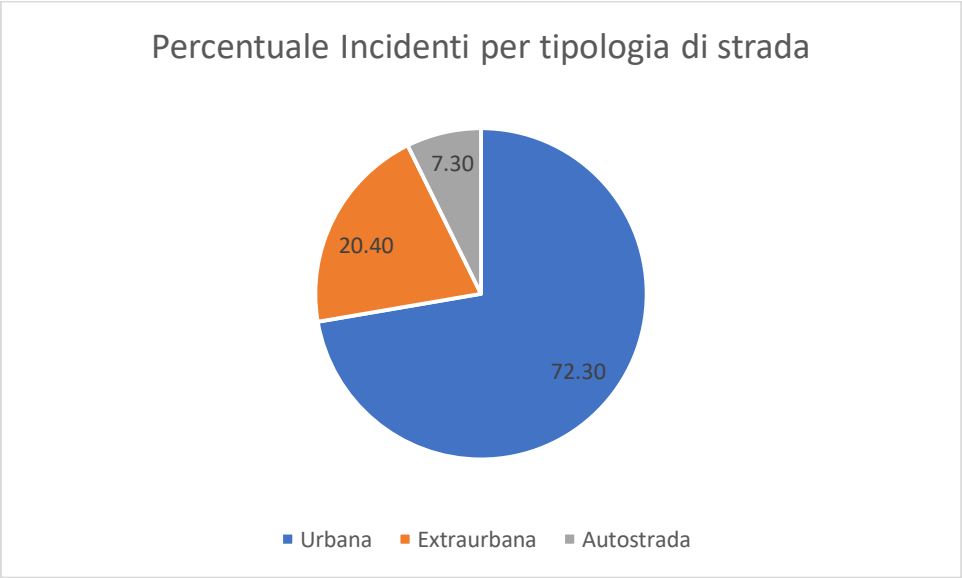


Figura 15: Elaborazione dati ISTAT, Incidenti per tipologia di strada Piemonte, Anno 2019

Rispetto all'anno precedente il numero di incidenti che si sono verificati su strade urbane ha registrato un aumento leggerissimo pari allo 0,3%, mentre quelli verificatisi in ambito

[20] Si segnala l'assenza del numero di incidenti in autostrada per la provincia di Biella in quanto non attraversata da rete autostradale

extraurbano ed autostradale sono diminuiti rispettivamente del 5,9% e del 8,5%, come espresso nella figura sottostante.

Città metropolitana* e province	Variazione % 2019/2018		
	strada urbana	strada extraurbana	autostrada
Torino*	-0,4	-6,9	-14,2
Vercelli	2,9	11,6	25,0
Novara	7,8	2,0	16,1
Cuneo	8,8	-4,8	-29,0
Asti	6,7	-17,8	3,6
Alessandria	-7,5	-6,7	4,4
Biella	-4,1	-30,2	
Verbano C.O.	-9,9	2,7	-36,4
Piemonte	**0,3**	**-5,9**	**-8,5**

Figura 16: Dati ISTAT, Variazione percentuale incidenti per tipologia di strada 2018-2019

Sulle strade urbane i dati sono positivi esclusivamente per le province di Torino, Alessandria e del Verbano Cusio Ossola, le restanti province si muovono in senso opposto con variazioni percentuali che si collocano tra il 3% e il 9%.

Allo stesso modo anche le strade extraurbane sono caratterizzate da risultati opposti per le varie provincie. Si osservano valori particolarmente positivi per Biella, che presenta una riduzione importante tra i due anni (-30%) e per Asti (-17,85%).

L'ambito autostradale è quello dove sono stati registrati i maggiori passi in avanti in termini di riduzione del numero di incidenti; nelle province del Verbano Cusio Ossola e Cuneo si è ottenuta una variazione negativa rispettivamente del 36,4% e del 29%. In controtendenza Vercelli per cui la quota degli incidenti che si verificano in autostrada sale del 25% rispetto al 2018.

Riportando infine l'indice di mortalità nei due anni per le diverse tipologie di infrastruttura si può ottenere una stima "qualitativa" della pericolosità delle strade, a valori più alti dell'indice corrispondono infatti un maggior numero di decessi. Si osserva che, nel 2018, in media gli incidenti più gravi, caratterizzati da un più elevato tasso di mortalità, si verificano su strade extraurbane e in maniera secondaria su autostrade. Nel 2019 si ha un'inversione del risultato: in questo anno l'indice di mortalità per le autostrade passa dal valore di 2,6 al 4,9, superando persino quello delle strade extraurbane, indicando una maggiore pericolosità di tali infrastrutture rispetto all'anno precedente.

Città metropolitana* e province	Indice di mortalità 2018			Indice di mortalità 2019		
	strada urbana	strada extraurbana	autostrada	strada urbana	strada extraurbana	autostrada
Torino*	1,3	5,9	1,7	1,0	5,6	3,5
Vercelli	1,0	16,1	4,5	3,3	5,6	5,5
Novara	1,6	4,0	5,4	0,7	3,9	6,2
Cuneo	2,1	4,6	4,8	1,5	4,8	11,4
Asti	1,3	2,3	7,1	1,2	6,3	10,3
Alessandria	0,7	4,7	2,7	0,9	4,1	5,9
Biella	2,2	5,2		1,5	6,0	
Verbano C.O.	2,1	2,7	0,0	2,4	1,7	0,0
Piemonte	**1,4**	**5,3**	**2,6**	**1,2**	**4,8**	**4,9**

Figura 17: Elaborazione regione Piemonte su dati ISTAT, Indice di mortalità per tipologia di strada e provincia 2018-2019

L'analisi per tipologia di vittime è importante in quanto determinate categorie di utenti quali pedoni, ciclisti e motociclisti sono genericamente soggetti a conseguenze più gravi a seguito della minore protezione in caso di incidente stradale.

I dati aggregati trovano coinvolto un pedone nel 14,6% degli incidenti, in aumento dello 0,8% rispetto allo scorso anno; sebbene questo dato sia in crescita l'indice di mortalità dei pedoni segnala una gravità inferiore delle conseguenze (3,3 nel 2018 e 2,4 nel 2019). Tra i pedoni la fascia d'età in cui si registra la maggiore frequenza è quella degli over 65, classe in cui si verificano il 10,7% dei decessi.

Anche la categoria dei ciclisti presenta nel 2019 una frequenza maggiore rispetto al 2018, probabilmente come conseguenza dell'incremento nelle vendite di questa tipologia di mezzo di trasporto che viene scelto da una fetta sempre maggiore della popolazione per i propri spostamenti quotidiani, soprattutto in età lavorativa.
La categoria dei motociclisti (motocicli e ciclomotori), presenta in Piemonte una variazione 2019/2018 del +0,7% degli incidenti; viceversa, la mortalità passa da 3,7 a 2,3 morti ogni 100 incidenti.

In ultima analisi sono stati riportati i dati di incidentalità classificati per tipologia di veicolo coinvolto; dalla distribuzione appare evidente come i veicoli a quattro ruote siano il mezzo di trasporto maggiormente coinvolto negli incidenti stradali. Nel 75,4% degli incidenti

stradali verificatosi è presente almeno un'autovettura, seguono poi i ciclomotori e motocicli con il 9,8% e gli autocarri con il 6,8%.

Tipo di veicolo	TO	VC	NO	CN	AT	AL	BI	VCO	**Piemonte**
Autovettura	76,5	72,5	72,2	76,4	75,4	74,0	77,9	70,3	**75,4**
Autobus urbani, extraurbani, tram	1,7	0,1	0,5	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	**1,0**
Autocarri, autotreni, trattori	5,7	10,5	6,3	8,7	7,6	9,7	4,7	5,6	**6,8**
Velocipede	4,3	6,5	8,6	6,1	4,5	5,7	3,8	4,4	**5,2**
Ciclomotore e motociclo	10,0	7,7	10,4	6,7	9,9	8,5	12,4	18,1	**9,8**
Veicolo datosi alla fuga	0,9	0,1	0,6	0,4	0,8	0,3	0,5	0,5	**0,7**
Altri veicoli coinvolti	0,9	2,5	1,4	1,5	1,5	1,5	0,5	0,9	**1,2**
TOTALE veicoli coinvolti	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	**100,0**

Figura 18: Elaborazione regione Piemonte su dati ISTAT, Percentuale di incidenti per tipologia di veicolo

Si ritiene questa classificazione significativa in quanto mette in luce quali siano i mezzi di trasporto su cui occorre investire maggiormente rendendo visibile chiaramente come le autovetture siano sì il mezzo di trasporto più coinvolto ma anche la tipologia di veicolo su cui gli investimenti in tecnologie di sicurezza potrebbero apportare il beneficio maggiore.

2.2 Calcolo della gravità degli infortunati per la Regione Piemonte

Le indicazioni della Comunità Europea stabiliscono la necessità di individuare non solo il numero di decessi sulle strade ma anche il numero di feriti gravi, per questo è stato istituito il progetto "*Data linkage dei record degli infortunati negli incidenti stradali regionali con i dati del sistema informativo sanitario regionale*".

Per il calcolo della gravità è stato proposto un indicatore definito su una scala ordinale; la scala è chiamata AIS[21] (*Abbreviated Injury Score*) ed è utilizzata a livello europeo

[21] La scala AIS è prodotta dall'Association for the Advancement of Automotive Medicine ed è protetta da diritto d'autore.

dall'Istituto Nazionale di Statistica per le stime nazionali, ad essa sono associati dei livelli qualitativi di gravità che vanno da un minimo di 1 ad un massimo di 6. I valori più bassi della scala e precisamente i valori ≤ 2 sono associati a lesioni di minore entità mentre i valori più elevati con AIS ≥ 3 sono associati ad un ferito grave. Per ogni soggetto è quindi possibile calcolare il MAIS (*Maximum Abbreviated Injury Score*) ossia il valore massimo dell'indicatore nell'ipotesi di un incidente con ferite multiple.

Per ottenere il valore del MAIS dai codici di diagnosi ICD è possibile applicare una tabella di corrispondenza alle informazioni sanitarie presenti nella Scheda di Dimissione Ospedaliera degli assistiti da strutture di ricovero.

La procedura è stata applicata al dataset di ricoverati per gli anni 2011-2016, costituiti da circa 650.000 osservazioni all'anno, selezionando esclusivamente le dimissioni caratterizzate da tipo di trauma pari a 3, codice corrispondente ad incidente stradale, ed escludendo i deceduti entro i primi 30 giorni. I risultati di tale procedura sono stati riportati nel rapporto *"Calcolo della gravità degli infortunati in incidente stradale Regione Piemonte"*[22].

La tabella riportata sottostante riassume per ogni anno il numero di persone coinvolte, considerando alternativamente la sola diagnosi principale e successivamente anche le diagnosi secondarie, suddividendole nelle seguenti categorie: MAIS non definito, MAIS ≤ 2, MAIS ≥ 3 e MAIS non determinato. I dati segnalano nel complesso una flessione del numero di feriti, sia gravi che lievi, con delle oscillazioni negli anni dal 2014 al 2016.

Anno	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Totale
Considerando la sola diagnosi principale							
MAIS non definito	206	187	209	208	223	7	1.040
MAIS <= 2	1.513	1.242	1.178	1.239	1.290	1.361	7.823
MAIS >= 3 (feriti gravi)	763	665	650	781	844	762	4.465
MAIS non determinato	149	104	115	158	129	149	804
Totale	2.631	2.198	2.152	2.386	2.486	2.279	14.132
Considerando anche le diagnosi secondarie							
MAIS non definito	11	10	3	8	4	3	39
MAIS <= 2	1.493	1.198	1.175	1.228	1.272	1.242	7.608
MAIS >= 3 (feriti gravi)	1.045	924	910	1.061	1.130	972	6.042
MAIS non determinato	82	66	64	89	80	62	443
Totale	2.631	2.198	2.152	2.386	2.486	2.279	14.132

Tabella 2: Applicazione della matrice ICD-AIS per il calcolo della gravità degli infortunati da incidente

[22]Anna Zimelli, Regione Piemonte, Marco Dalmasso e Carlo Mamo, Servizio sovrazonale di Epidemiologia, Calcolo della gravità degli infortunati in incidente stradale Regione Piemonte, 2019.

stradale in Piemonte. Fonte: Il calcolo della gravità degli infortunati da incidente stradale in Regione Piemonte; Anna Zimelli, Marco Dalmasso e Carlo Mamo.

Si noti come, considerando anche le diagnosi successive alla prima, il numero di feriti con un MAIS pari o superiore a 3 sia aumentato per tutti gli anni considerati.

Distinguendo il numero di feriti gravi per anno e fascia d'età si potrebbe essere portati a conclusioni errate a causa della minore presenza di persone coinvolte con età inferiore a 29 anni (33,9%) rispetto alla fascia degli adulti e degli anziani che evidenziano una frequenza media rispettivamente del 42,1% e del 51,9%. Si potrebbe dare una spiegazione a questo fenomeno considerando le migliori condizioni fisiche che caratterizzano la fascia più giovane della popolazione rispetto alle restanti a parità di severità dell'incidente.

Fascia di età	2011		2012		2013		2014		2015		2016		Totale	
	Gravi	%	Gravi	%	Gravi	%	Gravi	%	Gravi	%	Gravi	%	Gravi	%
<= 29 anni	269	33,9	194	33,2	163	33,2	207	35,8	183	34,1	178	33,3	1.194	33,9
30 - 64 anni	513	40,5	465	44,3	433	40,5	450	41,9	522	44,4	440	40,8	2.823	42,1
65 anni e oltre	263	46,1	265	46,9	314	53,0	404	55,0	425	54,9	354	53,2	2.025	51,9
Totale	1.045	39,7	924	42,0	910	42,3	1.061	44,5	1.130	45,5	972	42,7	6.042	42,8

Figura 19: Numero di feriti gravi da incidente stradale e percentuale sul totale per fascia d'età
Fonte: Il calcolo della gravità degli infortunati da incidente stradale in Regione Piemonte; Anna Zimelli, Marco Dalmasso e Carlo Mamo.

A livello territoriale sono presenti delle differenze che vedono ai primi posti le ASL di Torino e agli ultimi posti le ASL di Verbano Cusio Ossola e Novara, questi dati tuttavia non indicano una maggiore pericolosità delle strade del capoluogo Piemontese rispetto alle altre province in quanto la registrazione del ferito avviene per ASL di residenza e non per luogo di avvenimento dell'incidente.

ASL di residenza	MAIS non definito	MAIS <= 2	MAIS >= 3 (feriti gravi)	MAIS non determinato	Totale	% gravi su totale
TO1-2	1	1.178	973	91	2.243	43,4
TO3	2	617	584	38	1.241	47,1
TO4	2	892	810	46	1.750	46,3
TO5	3	473	367	30	873	42,0
VC	5	257	238	18	518	45,9
BI	3	258	217	14	492	44,1
NO	9	658	453	26	1.146	39,5
VCO	0	350	190	16	556	34,2
CN1	5	935	699	48	1.687	41,4
CN2	0	297	234	23	554	42,2
AT	1	381	291	17	690	42,2
AL	8	1.312	986	76	2.382	41,4
Totale	39	7.608	6.042	443	14.132	42,8

Figura 20: Numero di feriti da incidente stradale per ASL di residenza.

Fonte: Il calcolo della gravità degli infortunati da incidente stradale in Regione Piemonte; Anna Zimelli, Marco Dalmasso e Carlo Mamo.

Il metodo proposto dalla Commissione Europea permette quindi di effettuare una stima accurata del numero di feriti gravi tramite l'adozione di una procedura che permetta uno standard di valutazione univoco. L'utilizzo di questo strumento, integrato con le diverse fonti informative disponibili, può rendere più agevole l'associazione tra numero di feriti e caratteristiche esterne quali il luogo dell'incidente consentendo di identificare in maniera migliore le politiche e gli interventi volti al miglioramento della sicurezza stradale sul territorio regionale.

3. Capitolo Terzo: I concetti di rischio e costo sociale

3.1 Il concetto di rischio

La nascita della parola rischio ad oggi non è ancora conosciuta con precisione ma con sufficiente certezza si può affermare che essa sia nata nell'ambito della navigazione in riferimento al possibile verificarsi di una collisione tra la nave e gli scogli con conseguente squarcio dello scafo e perdita del carico. L'associazione della parola rischio a tale definizione è confermata dalla presenza dei primi contratti "ad risicum et fortuna" che iniziarono ad essere realizzati a partire dal XIV secolo. Tali contratti assumevano già al loro interno la caratteristica forma di valutazione del rischio moderna in cui esso è calcolato come l'equivalente del prezzo pagato per la perdita attesa.

Il concetto di rischio è spesso considerato un sinonimo del concetto di pericolo, tuttavia, esiste una netta distinzione tra di essi. Il pericolo può essere più correttamente indicato come la causa di un danno, si tratta quindi di una presenza fisica in grado di apportare un danno a persone, cose o ambiente, al contrario il rischio non è un'entità fisica ma piuttosto un concetto probabilistico. È la probabilità che si verifichi un evento che possa causare un danno alle persone, dove per danno si intende qualunque conseguenza negativa che deriva dall'evento stesso[23].

Il rischio è stato definito all'art. 2, lettera s, D.lgs. 81/08 come:

"*Probabilità di raggiungimento del livello potenziale di danno nelle condizioni di impiego o di esposizione ad un determinato fattore o agente oppure alla loro combinazione*."

Mentre da un punto di vista tecnico esso è stato definito da enti come ISO, IEC e UNDRO come:

[23] Sicurezza dei Trasporti, Egaf, 2019

"Possibilità che in seguito ad un evento critico (pericolo) si determini una perdita o danno per specifici elementi esposti e, a livello analitico, può essere espresso in funzione della probabilità di accadimento P e delle conseguenze C."

$$R = f(P, C)$$

L'analisi dei rischi è un processo estremamente importante in tutti i settori, esso si compone di diverse fasi:

- Risk Identification: fase che consente la ricerca, l'identificazione e la descrizione dei possibili rischi;
- Qualitative risk analysis: processo di gerarchizzazione dei rischi in base alla loro importanza;
- Quantitative Risk estimation: stima dei parametri caratterizzanti il rischio;
- Risk Responses: fase in cui si mettono in atto delle azioni volte a mitigare il rischio;
- Risk Control: fase in cui si verifica l'efficacia delle misure apportate;

Tra le metodologie più diffuse per effettuare l'identificazione dei rischi è possibile individuane una indicata con il nome di "Albero degli eventi" o "Event Tree Analysis": la procedura consiste nella costruzione di un grafo che considera un evento iniziale rischioso chiamato "Top Event" e segue con metodo induttivo i diversi percorsi di sviluppo e i differenti risultati finali che tale evento può avere sul sistema. Agisce in maniera forward: da effetti/eventi iniziali a effetti/eventi finali.

A seguito dell'identificazione dei rischi, in base all'importanza in termini di conseguenze si effettua una prima analisi dei rischi, di tipo qualitativo, che permette la loro gerarchizzazione e consente di comprendere quali debbano essere "gestiti" più rapidamente rispetto agli altri.

Dal punto di vista analitico, nella fase di quantitative risk estimation, il rischio è definito, come il prodotto di due fattori:

$$R = P * I$$

Dove P indica la probabilità che si verifichi l'evento rischioso;

I indica l'impatto che l'evento rischioso ha, in questo caso, sulla persona.

Spesso i valori di P ed I sono espressi tramite delle scale numeriche con dei livelli che, genericamente, vanno da 1 a 4 in cui valori crescenti indicano una maggiore probabilità o un impatto più severo. Si possono costruire quindi delle matrici che permettono di effettuare delle analisi quantitative dei rischi a cui seguirà la scelta delle azioni per una loro gestione.

		Probabilità			
		1	2	3	4
danno	1	1	2	3	4
	2	2	4	6	8
	3	3	6	9	12
	4	4	8	12	16

Figura 21:Matrice Danno-Probabilità

Tale definizione permette di tracciare delle curve, definite di isorischio, riportate nella figura sottostante, per cui ad ogni punto della curva è associato lo stesso valore di rischio. Bisogna prestare tuttavia una particolare attenzione in quanto può accadere che questa tipologia di definizione valuti allo stesso modo un evento con un'alta probabilità ma un basso impatto e un evento caratterizzato, al contrario, da bassa probabilità e alto impatto.

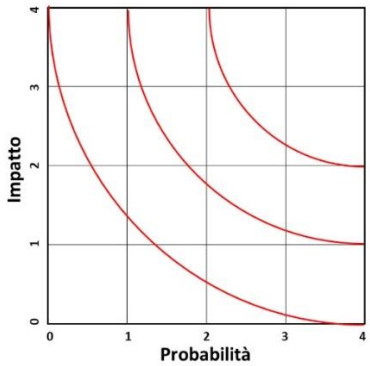


Figura 22:Curve di rischio

Dopo aver identificato e valutato attentamente il rischio è possibile procedere ad un'individuazione delle azioni che possono essere intraprese per ridurre il rischio stesso.

Le azioni di riduzione del rischio si dividono in due macrocategorie: le azioni di prevenzione e le azioni di protezione. Le prime agiscono riducendo la probabilità di accadimento mentre le seconde permettono una diminuzione della magnitudo del danno.

L'ultima fase, infine, essendo successiva al verificarsi del rischio, consente di valutare l'efficacia delle azioni proposte, consentendo di intervenire laddove queste non siano state sufficienti nel caso in cui sia ancora possibile.

3.2 Il rischio nei trasporti

Al rischio nei sistemi di trasporto (RT) è associata la seguente definizione:

"Il Rischio Trasporti, RT, sorge in relazione ad attività di spostamento di persone o cose e può palesarsi nel coinvolgimento diretto degli attori degli spostamenti, nel caso di incidenti o congestioni, o altrimenti provocando effetti esterni diffusi anche al di fuori delle reti di trasporto, in cui vengono implicati soggetti non partecipanti alle attività di trasporto".[24]

La valutazione del rischio in un sistema di trasporto è un processo analitico che, analizzando le componenti del sistema stradale e le loro relative interazioni, permette di identificare i potenziali pericoli e stimare le conseguenze ad essi associate.

Per effettuare una valutazione dei rischi connessi al trasporto stradale si cercherà quindi di rispondere alle domande che caratterizzano ogni fase dell'analisi dei rischi. In particolare, si cercherà di comprendere:

- Quali sono le fonti di rischio all'interno del sistema?
- Quali sono i rischi la cui gestione deve essere prioritizzata?
- Come è possibile associare ad essi un valore numerico?
- Quali azioni possono essere intraprese per la mitigazione dei rischi?

[24] Sicurezza dei trasporti, Egaf, 2019

Nella valutazione delle cause che determinano l'accadimento di un incidente stradale può essere effettuata una classificazione che permette di identificare tre categorie principali definite come fattori di rischio.

I fattori di rischio sono quindi divisi in:

- Fattori Umani;
- Fattori Esterni derivanti dall'ambiente stradale;
- Fattori che dipendono dalle caratteristiche del veicolo;

Il contributo che incide in maniera principale sul verificarsi degli incidenti stradali è il fattore umano, pertanto la maggior parte degli studi si sono concentrati sulle contromisure che possono mitigare tale fattore di rischio. Il secondo fattore di rischio più importante è quindi legato all'ambiente stradale mentre i fattori che dipendono dalle caratteristiche del veicolo influenzano solamente in misura poco rilevante il verificarsi di un incidente stradale.

Per effettuare la prima fase di identificazione dei rischi si possono seguire diverse strade, la prima si concentra su un particolare tratto della rete stradale e su un particolare fattore di rischio per cui l'identificazione dei rischi potenziali coincide con l'individuazione delle tratte in cui tale rete può essere più soggetta ad un determinato evento rischioso. La seconda possibilità permette di concentrare l'attenzione su un singolo collegamento della rete ed elencare per esso tutti gli eventi che si possono verificare.

Per ogni evento è quindi necessario determinare la probabilità di accadimento e successivamente calcolare globalmente, per ogni percorso, la probabilità che si verifichi un incidente. Ciò consentirà di costruire una carta finale della pericolosità in cui vengono riportate e segnalate le diverse parti del territorio distinte in base alle classi di pericolosità che le caratterizzano, in modo da prioritizzare gli interventi sui tratti stradali caratterizzati da una classe di pericolosità più elevata.

A seguito di una prima classificazione, qualitativa, si passa poi ad un'analisi quantitativa. Un parametro utile per quantificare il rischio connesso al trasporto stradale è quello di calcolare i costi sociali dell'incidentalità ossia, come si vedrà più avanti, fornire una stima del danno economico subito dalla società a causa di tali eventi. Esso può costituire infatti

uno strumento utile al fine di dirigere politiche, programmi e iniziative finalizzati all'aumento della sicurezza dei diversi sistemi di trasporto.

Per evidenziare le possibili contromisure che possono essere intraprese è utile considerare l'impatto come combinazione di due ulteriori fattori, ossia, l'esposizione E e la vulnerabilità V pertanto, il rischio sarà così espresso:

$$R = f(P, E, V)$$

A seguito dell'ulteriore esplicitazione dell'impatto in esposizione e vulnerabilità è possibile identificare tre classi di azioni, ognuna delle quali mira a ridurre uno dei tre fattori; ciò è mostrato in maniera esaustiva in Spyropoulou et al. (2018)[25].

Una prima azione di risposta è quella di mitigare il rischio di incidente per una particolare tipologia di viaggio, riducendo la probabilità che si verifichi un determinato evento. La maggior parte degli ITS ha questa funzione, ad esempio il più noto ESC, acronimo di *Electronic Stability Control,* permette di ridurre il rischio di incidente in condizioni di asfalto scivoloso decrementando la probabilità che si verifichino eventi di slittamento. Tuttavia, bisogna prestare particolare attenzione nell'adozione di alcune misure in quanto si possono ottenere degli effetti non desiderati a causa dell'adattamento del comportamento del conducente che, facendo eccessivo affidamento su questi dispositivi, è portato a svolgere altre azioni che lo distraggono da una guida corretta.

Un secondo modo per migliorare la sicurezza stradale è ridurre la durata dell'esposizione al rischio di incidente, ossia ridurre il numero di chilometri che vengono effettuati sotto particolari condizioni. Ciò può essere ottenuto ad esempio con uno shift modale verso sistemi di trasporto che abbiano un rischio minore rispetto all'autoveicolo. Ancora una volta gli ITS possono essere uno strumento utile a tale riduzione, basti pensare a tutti quei dispositivi che avvisano il conducente in caso di condizioni metereologiche avverse, ad esempio pannelli informativi a messaggio variabile o messaggi via radio; tali informazioni

[25] Ioanna Spyropoulou, Merja Penttinen, Matthew Karlaftis, Truls Vaa & John Golias," ITS Solutions and Accident Risks: Prospective and Limitations", 2008, Transport Reviews, 28:5, 549-572

possono essere usate dall'utente che adatterà in maniera conseguente le scelte sulle condizioni/modalità del trasporto.

La terza tipologia di azioni che può essere messa in atto prevede invece la mitigazione delle conseguenze dell'incidente; questo può essere ottenuto ad esempio con la presenza di tecnologie quali l'Ecall che riduce notevolmente il tempo di soccorso fornendo ai soccorritori informazioni fondamentali quali l'esatta localizzazione del veicolo.

3.3 Costo sociale dell'incidentalità

Come risulta ben chiaro dai paragrafi precedenti, gli incidenti stradali costituiscono un problema di ampia portata per l'elevato numero di morti e di invalidi permanenti ad essi ascrivibili. Oltre ad essere eticamente inaccettabili per i costi umani provocati, vi è da aggiungere l'altissimo costo sociale inteso come danno economico sostenuto dalla società a causa di tali eventi.

I costi sociali, essendo uno dei più rilevanti indicatori per la valutazione della gestione della sicurezza stradale, dovrebbero essere utilizzati per l'analisi dell'efficacia dei piani e dei programmi di "Road Safety Management".

Le principali componenti che devono essere tenute in considerazione per dare una stima del costo totale legato ad un incidente sono molteplici e generalmente sono classificati come:

- Costi umani, relativi alla persona, che comprendono:
    - costi medici dovuti alla possibile ospedalizzazione, riabilitazione o altri trattamenti;
    - costi legati alla perdita di capacità produttiva;
    - danni non patrimoniali; in cui la voce più importante è costituita dal "danno biologico" che consiste nella lesione del bene salute, tutelato dall'art. 32 Cost. Tale danno va inteso (ex artt. 138 e 139 D.lgs. n. 209/2005 e s.m.i -

Codice delle assicurazioni private) come “lesione temporanea o permanente all’integrità psico-fisica della persona, suscettibile di accertamento medico-legale, che esplica un’incidenza negativa sulle attività quotidiane e sugli aspetti dinamico-relazionali della vita del danneggiato, indipendentemente da eventuali ripercussioni sulla sua capacità di produrre reddito”. Rientra nel danno biologico il c.d. “danno dinamico-relazionale”, cioè la lesione della personalità del soggetto che si sostanzia nell’alterazione apprezzabile della qualità della vita consistente in “un agire altrimenti” o in un “non poter più fare come prima”. La personalizzazione del risarcimento del danno alla salute consiste pertanto in una variazione del valore standard del risarcimento in base a valori tabellari (es. Tabelle del Tribunale di Milano) per tenere conto delle specificità del caso concreto. Altra voce di danno non patrimoniale è quella del “danno morale” inteso come “pretium doloris”, cioè la sofferenza interiore, la vergogna, la paura, che si provano per effetto di un’altra lesione (il danno-evento, cioè l’incidente). Tale tipologia di danno costituisce voce autonoma (tra le ultime Cass. Civ. n. 25164/2020) rispetto al danno biologico: ne deriva che, nei casi in cui sia provata l'esistenza di uno di tali pregiudizi non aventi base medico-legale, esso dovrà formare oggetto di separata valutazione e liquidazione da parte del giudice.

- Costi generali, relativi all’incidente, tra cui:
    - danni alla proprietà (rientrano in questa categoria i danni ai veicoli o alle infrastrutture);
    - costi amministrativi quali costi assicurativi, costi di intervento di forze dell’ordine e vigili del fuoco e costi legali;
- Altri costi come costi legati alla congestione e indisponibilità del veicolo a seguito dell’incidente.

In Italia, il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, effettua periodicamente il calcolo del costo sociale totale ascrivibile agli incidenti che si verificano sull’intera rete nazionale.

Nell'ultimo "Studio di valutazione dei Costi Sociali dell'incidentalità stradale" pubblicato dal Ministero nel 2019, è riportato il costo medio in base alla gravità delle lesioni subite che, per un deceduto, è stato stimato pari a circa 1,5 milioni di euro, per un ferito grave pari a 197.000€ e per un ferito lieve 17.000€.

Gravità	*Costo medio in base alla gravità delle lesioni riportate (milioni di euro)*	*Costo medio in base alla gravità dell'incidente stradale (milioni di euro)*
Mortale	1,503	1,642
Con lesioni gravi	0,197	0,309
Con lesioni lievi	0,017	0,032
Con lesioni (senza distinguere in base alla gravità)	0,042	-

Figura 23:Costo per livello di gravità (Fonte: MIT, dati 2010)

Per calcolare il costo sociale totale, stimato per il 2019 in 23,42 miliardi di euro, pari al 1% del PIL, sono stati considerate due voci di costo:

- Costo sociale totale dell'incidentalità sull'intera rete nazionale pari a 16,85 miliardi di euro di cui: 4,77 miliardi per incidenti mortali, 10,2 miliardi per incidenti con feriti e 1,9 miliardi di costi generali.
- Costo legato ai sinistri con soli danni alle cose: tenendo in considerazione i rimborsi dei sinistri e i costi generali il totale ammonta a 6,57 miliardi.

Di seguito viene riportata nel dettaglio la metodologia di calcolo che è stata utilizzata dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti nel documento "Studio di valutazione dei Costi Sociali dell'incidentalità stradale".

La valutazione suddivide innanzitutto gli incidenti mortali dagli incidenti gravi utilizzando per quest'ultimo la definizione contenuta nel glossario delle variabili del database europeo dell'incidentalità CADE/CADAS che cita: "[...] qualunque persona rimasta ferita in un incidente stradale, ricoverata in ospedale per almeno 24 ore [...]".

In caso di decesso, avvenuto entro 30 giorni dalla data dell'incidente, il costo umano è calcolato come somma del Costo medio della vita umana (CVu), dato dalla mancata produttività media e dal danno non patrimoniale medio, e dal Costo medio sanitario (CS).

$$CM = CVu+CS$$

La mancata produttività è la capacità produttiva presente e futura del deceduto che viene persa a causa di un incidente stradale, essa viene calcolata tramite la seguente formula:

$$V_m = \sum y_j N_j (1+i)^{-n}$$

dove:

V_m= valore attuale delle perdite future;

y= media ponderata del PIL pro capite e del PIL per occupato in base al tasso di occupazione per sesso;

N= numero di anni produttivi persi (calcolato come differenza tra l'aspettativa di vita e l'età del deceduto) per sesso e per età;

j= indice della classe di età;

i= tasso di attualizzazione del PIL;

n= numero di periodi (anni) sui quali è calcolata l'attualizzazione.

Il valore attuale delle perdite future è poi diviso per il numero di morti totali in modo da calcolare la mancata produttività media per singolo decesso.

Il caso di incidenti con feriti prevede una procedura analoga a quella riportata sopra per gli incidenti mortali; si moltiplica la frequenza di incidenti con feriti gravi e lievi rispettivamente con il costo umano medio per ferito grave e lieve in modo da ottenere il costo totale precedentemente riportato.

Il danno non patrimoniale, tuttavia, è più difficile da stimare in quanto l'analisi dei costi è legata a vari fattori (personalizzazione del risarcimento del danno alla salute, valutazione di pregiudizi non aventi base medico-legale come il danno morale, applicazione di tabelle di riferimento per la liquidazione del danno non patrimoniale elaborate da Tribunali differenti, ecc.).

Il danno non patrimoniale medio per un decesso è stato stimato nel 2010 dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti pari a circa 560.000€.

Al costo della mancata produttività e dei danni non patrimoniali va poi sommato il costo sanitario inteso come tutte le spese sostenute dalla sanità pubblica in regime di ricovero, i costi del pronto soccorso e i costi del soccorso in autoambulanza. Per il 2010 era stato stimato un costo sanitario medio per deceduto/ferito pari a 1956€.

Infine, è necessario inserire il costo per il danno patrimoniale, ossia i danni subiti dalle cose di proprietà del danneggiato a seguito dell'incidente, e i costi amministrativi che comprendono le spese per l'assicurazione RC auto, le spese per il rilievo degli incidenti stradali e i costi giudiziari. Per tali stime si fa riferimento ai dati ANIA[26]. In base ai dati del 2019 il costo medio per sinistro è pari a 4556€, sostanzialmente invariato rispetto all'anno precedente.

Le spese per l'assicurazione RC Auto si riferiscono ai costi sostenuti per la gestione delle pratiche RC Auto e sono state pari a 2,815 milioni (2,795 nel 2018) e comprendono le spese di amministrazione attinenti alla gestione tecnica e gli oneri per l'acquisizione dei contratti, per la riscossione dei premi e per l'organizzazione e il funzionamento della rete distributiva. Tale dato rapportato al numero dei sinistri gestiti (2,1 milioni) fornisce il valore medio delle spese di gestione sostenute nell'anno di riferimento per veicolo (1340€). Moltiplicando tale valore per il numero medio di veicoli coinvolti in un incidente stradale si ottengono le spese medie di gestione per singolo incidente, pari a circa 2500€.

Le spese per il rilievo degli incidenti stradali si riferiscono ai costi di intervento delle autorità pubbliche (Polizia stradale, Polizia municipale, Carabinieri e Vigili del Fuoco) per il rilievo di incidenti stradali. Il loro costo è variabile e non facilmente determinabile in quanto tali costi dipendono dal tempo complessivo impiegato dal personale degli organi per il rilievo degli incidenti e i costi associati all'intervento stesso.

I costi giudiziari si riferiscono alle spese sostenute dall'amministrazione giudiziaria per il contenzioso per responsabilità civile automobilistica.

[26]Associazione Nazionale fra le Imprese Assicuratrici, "L'assicurazione italiana", 2019-2020.

La quantificazione di queste ultime due voci di costo, in Italia, è di difficile individuazione e si basa solitamente su delle stime, solitamente poco affidabili.

Infine, è bene effettuare una riflessione basata sull'incrocio tra i dati ANIA e ACI – ISTAT, di cui sono già state sottolineate le differenze, in termini di numero di morti e feriti a seguito di incidente stradale, all'interno del paragrafo 1.2.2 .

Considerando infatti che i dati ACI – ISTAT appaiono sottostimati, appare chiaro come, tale sottostima si rifletta anche all'interno del costo sociale. Ciò non permette di dare una misura corretta del fenomeno e di stabilire il costo sociale dell'incidentalità stradale. Inoltre, ACI-ISTAT non considera nel costo anche il costo degli scontri senza feriti, nonostante si tratti comunque di un costo sociale.

Pertanto, è possibile affermare che il costo sociale dell'incidentalità stradale ha, con buona probabilità, un impatto più significativo rispetto a quanto riportato dalle statistiche ufficiali.

3.3.1 Costo sociale dell'incidentalità in Piemonte

Il Piemonte il Piano Regionale di Prevenzione ha dato avvio negli anni 2000 a programmi di sorveglianza e prevenzione dei danni alla salute derivanti dall'incidentalità stradale in modo da migliorare la descrizione circa l'entità e la distribuzione del fenomeno all'interno del territorio regionale.

Sebbene il fenomeno risulti in diminuzione il numero di ricoveri ospedalieri e il peso assistenziale sul sistema sanitario risulta essere ancora elevato. Il costo sanitario medio associato ad un ricovero per incidente stradale, così come la degenza media, risulta superiore rispetto alla media dei ricoveri per altre cause.

Tali valori sono stati calcolati e riportati nel documento redatto da Ires Piemonte, "Politiche Piemonte" nel 2014. La degenza media nel 2012 era pari a 14,6 giorni per un ricovero da trauma a seguito di un incidente stradale, 13,5 giorni per ricovero a seguito di un altro trauma e 7 giorni per altri ricoveri.

Il costo per il soccorso e il ricovero di un infortunato da incidente stradale, come riportato dalla figura sottostante, risulta in crescente aumento; nel 2001 il costo medio di un ricovero ospedaliero per incidente stradale era pari a 3.624€ e risulta quasi duplicato 11 anni più tardi. I dati più recenti infatti, risalenti al 2012, indicano un costo medio del ricovero ospedaliero per incidente stradale pari a 6.476€. Tale costo è superiore al costo sostenuto per il ricovero dovuto ad altri traumi (4.973€) ed è oltre il doppio della spesa per un ricovero non dovuto a traumi (pari a 3.184€).

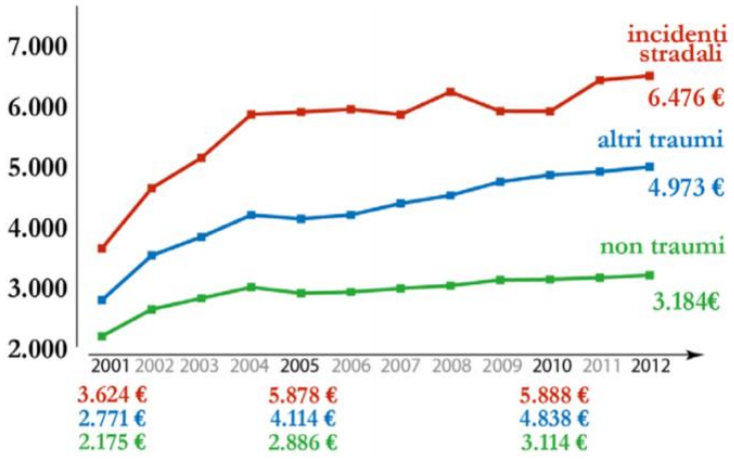


Figura 24:Costo medio dei ricoveri ospedalieri per incidenti stradali, altri traumi ed altri ricoveri – anni 2001- 2012. Fonte: Ires Piemonte, Politiche Piemonte, 2014

Il tasso di accesso al PS dovuti ad incidente stradale è diminuito nel corso degli anni passando da 1.415 ogni 100.000 abitanti nel 2009 a 1.093 nel 2013[27], anno in cui il numero di accessi con un codice di gravità elevato era pari al 2%.

Al contrario il numero di ospedalizzazioni a seguito di incidente stradale, nello stesso periodo di tempo, è in aumento con un tasso di incidenza sul totale dei ricoveri che passa dal valore di 0,49% nel 2009 al valore di 0,53% nel 2013 e, considerando che il costo di un ricovero a seguito di incidente stradale è circa il doppio rispetto alla spesa sostenuta per i ricoveri non da trauma, è possibile affermare che, in termini monetari, l'incidenza di tale fenomeno era circa pari nel 2013 al 1,1%.

[27]Centro di monitoraggio regionale della sicurezza stradale, "L'incidentalità stradale in Piemonte al 2014 : Rapporto 2015. Come evolve l'impatto sanitario dell'incidentalità stradale in Piemonte?" https://ires.piemonte.it/

Considerando esclusivamente il numero di ricoveri verificatisi a seguito di un trauma la percentuale dovuta ad incidenti stradali aumenta significativamente; essi costituivano, nel 2013, il 15% del totale degli infortuni (5.194 su 33.724) rappresentando una delle prime cause di invalidità permanente e la prima causa di morte; la percentuale di decessi per incidente stradale è infatti pari al 51% del totale dei decessi per infortunio.
La percentuale di ricoveri per incidente stradale rispetto al totale dei ricoveri da trauma continua a diminuire negli anni seguenti fino a raggiungere, nel 2019, il valore di 4,8%[28].
Tramite i valori riportati sopra, è quindi possibile calcolare quanto gli incidenti stradali pesino, in termini economici, sulla spesa totale sostenuta per i ricoveri da tale tipologia, siano essi in regime ordinario che in day hospital. Tenendo conto del fatto che il costo a seguito di un sinistro stradale è superiore rispetto al costo per un ricovero ordinario da altri traumi (6476€ e 4973€ rispettivamente) si ottiene una percentuale di incidenza sul costo totale dei ricoveri di circa il 6%.

Il costo sostenuto dal sistema sanitario, tuttavia è solo una parte del costo sociale complessivo.
Nel 2019 il costo sociale degli incidenti stradali per il Piemonte è stato stimato in poco più di 1 miliardo di euro[29] (255,9 euro pro capite), tale valore corrisponde al 7% del valore totale calcolato per l'intera nazione.
Considerando esclusivamente i costi sociali direttamente collegabili all'utenza debole, cioè i giovani con età compresa tra i 15 ed i 24 anni e gli anziani con un'età superiore ai 65 anni, essi ammontano rispettivamente a circa 51 milioni di euro per i primi e circa 138 milioni di euro per i secondi. Tali valori collocano il Piemonte al di sopra della media nazionale per cui tali valori sono pari a circa 31 e 78 milioni di euro rispettivamente[30].

Il costo sociale sopra riportato per la Regione Piemonte, tuttavia, è stato calcolato tramite stima del mancato contributo fornito al Prodotto Interno Lordo e non tiene quindi in

[28] Ministero della Salute , "Rapporto annuale sull'attività di ricovero ospedaliero, dati SDO 2019", ottobre 2020.
[29] ISTAT, Incidenti Stradali in Piemonte e in Valle d'Aosta, Anno 2019

[30] Istituto nazionale di statistica ,"Le regioni Italiane verso gli obiettivi di sicurezza stradale: indicatori 2010 - 2018", Roma 2020

considerazione i c.d. “costi immateriali”, cioè gli anni di vita perduti, che eccedono l’aspettativa di anni di vita “lavorativa”.

Per misurare la quantità di vita non goduta dal deceduto e, indirettamente, la quantità di tempo relazionale, affettivo e creativo che viene sottratto alla famiglia e alla società, si può fare ricorso alla quantificazione degli anni di vita potenziali perduti attraverso l’indicatore PYLL (Potential Years of Life Lost) che fornisce un indicatore specifico di mortalità prematura in quanto assegna un peso differente alle singole età di morte.

Nella tabella sottostante sono riportati gli anni di vita potenziali perduti per sesso nella Regione Piemonte.

	0-14	15-24	65+	80+	Totale
Donne	75	585	354	84	1098
Uomini	225	1514	747	161	2647

Tabella 3: Anni di vita potenziali perduti dagli uomini e dalle donne per classe di età. Anno 2018[31]

[31] Istituto nazionale di statistica ,“Le regioni Italiane verso gli obiettivi di sicurezza stradale: indicatori 2010 - 2018”, Roma 2020.

4. Capitolo Quarto: I sistemi ITS

4.1 Definizione di ITS

La nascita degli ITS è dovuta alla necessità di gestire le problematiche derivanti dall'aumento del traffico veicolare, tale aumento ha infatti causato non solo problemi nella sicurezza stradale ma anche problemi di inquinamento, degradazione della qualità della vita e spreco di risorse fossili non rinnovabili.

È per questo motivo che gli ITS, acronimo di Intelligent Transport Systems o Sistemi di Trasporto Intelligenti in italiano, hanno iniziato a diffondersi in maniera sempre più massiccia a partire dagli anni '60 fino ad oggi grazie anche al rapido sviluppo della telematica e dell'informatica.

La definizione, individuata da "ITS-EDUNET" ed utilizzata da "IET ITS-technical scientific review" definisce gli ITS come:

«l'integrazione delle conoscenze nel campo delle telecomunicazioni, elettronica, informatica - in breve, la "telematica" - con l'ingegneria dei trasporti, per la pianificazione, progettazione, esercizio, manutenzione e gestione dei sistemi di trasporto. Questa integrazione è finalizzata al miglioramento della sicurezza della guida e all'incolumità delle persone (safety), alla sicurezza e protezione dei veicoli e delle merci (security), alla qualità, nonché all'efficienza dei sistemi di trasporto per i passeggeri e le merci, ottimizzando l'uso delle risorse naturali e rispettando l'ambiente".

Tali sistemi permettono di conseguire tre obiettivi principali:

- maggiore comfort e quindi una maggiore soddisfazione dell'utente;
- maggiore efficienza della rete di trasporto;
- maggiore sicurezza, grazie alle migliori condizioni di guida.

L'integrazione delle informazioni è attualmente possibile per i sistemi di trasporto ad impianto fisso, che essendo collegati tra loro consentono di controllare i veicoli attraverso

una centrale che li gestisce e ne mantiene l'esercizio, mentre nel trasporto stradale non è ancora presente un'interconnessione tra i vari veicoli che sono pertanto isolati. I sistemi ITS, pertanto, puntano a rendere il trasporto stradale interconnesso in modo da consentire la raccolta, l'elaborazione e la trasmissione dei dati tra soggetti in movimento, le infrastrutture di trasporto e le applicazioni della tecnologia dell'informazione.

Essi possono essere utilizzati in differenti applicazioni che comprendono sistemi che consentono la gestione del traffico veicolare, sistemi per l'informazione all'utenza, sistemi per l'intermodalità del trasporto e piattaforme per la logistica[32].

4.2 Classificazione degli ITS

I sistemi di trasporto intelligenti possono essere classificati secondo diversi criteri, la prima classificazione che viene proposta è quella data dalla Commissione Europea, una seconda classificazione vede le tecnologie divise in base alla direzione della comunicazione.

La commissione Europea[33] ha effettuato una classificazione dei sistemi ITS dividendoli in sistemi per:

- La gestione e il monitoraggio del traffico e della mobilità;
- L'informazione all'utenza;
- La gestione del trasporto pubblico;
- La gestione delle flotte e del trasporto merci;
- Il pagamento automatico;
- Il controllo avanzato del veicolo per la sicurezza del trasporto;
- La gestione delle emergenze e degli incidenti.

Le tecnologie possono essere suddivise in base alla direzione della comunicazione in:

[32] Bruno Dalla Chiara, Telematica per i trasporti, Egaf, 2010

[33] Cfr. European Commission, Energy and Transport DG (2003)," Intelligent Transport Systems", Intelligence at the Service of Transport Network, Brussels.

- Vehicle to Vehicle communication (V2V): si tratta di uno scambio cooperativo di dati tra veicoli attraverso tecnologie wireless, in un range variabile da pochi metri a qualche centinaio, con l'obiettivo di migliorare la sicurezza stradale, la mobilità, l'efficienza e la capacità delle strade;
- Vehicle to Infrastructure communication (V2I): l'interazione cooperativa, tipicamente wireless, tra veicolo e infrastruttura, basata su sistemi in grado di migliorare la sicurezza e le prestazioni sulle strade;
- Road to Vehicle communication: scambio di dati, acquisiti da sensori posizionati sull'infrastruttura, ai veicoli in movimento.

Nell'ambito della sicurezza stradale hanno come funzioni principali la riduzione della probabilità di accadimento di un incidente, mitigazione della severità dell'impatto e riduzione delle conseguenze. Essi coinvolgono quindi un ampio range di tecnologie, sono integrati non solo sui veicoli ma anche nell'infrastruttura per cui, non essendo possibile trattarli tutti nel dettaglio, sono state inserite le tecnologie maggiormente inerenti al tema della sicurezza stradale.

In particolare, nella restante parte del capitolo, verranno trattati nel dettaglio i sistemi avanzati di assistenza alla guida, i sistemi di telecomunicazione, i sistemi per l'accertamento automatico delle infrazioni, i sistemi di localizzazione automatica e gli strumenti di monitoraggio del traffico.

4.3 I sistemi di sicurezza di bordo

Per comprendere le caratteristiche e le finalità dei sistemi di sicurezza di bordo che caratterizzano oggi, o andranno a caratterizzare in futuro, gli autoveicoli è opportuno fornire una succinta panoramica di come è evoluta la sicurezza di bordo. La sicurezza dei veicoli per molto tempo è stata costituita da sistemi cosiddetti passivi, che sono finalizzati a limitare le conseguenze più gravi di un incidente stradale. Essi possono essere divisi in:

- Cinture di sicurezza;

- Airbag;
- Pretensionatori;
- Seggiolini per bambini.

Con il progredire della tecnologia l'attenzione si è spostata dagli elementi di sicurezza passiva, come quelli appena descritti, ad elementi di sicurezza attiva. Al contrario dei precedenti, che hanno solo la funzione di ridurre le conseguenze dell'incidente, i sistemi attivi - meccanici, elettronici o misti - che si attivano automaticamente o manualmente hanno la funzione di ridurre la probabilità dell'incidente, agendo quindi prima che questo si verifichi.

Alcuni dispositivi di sicurezza attiva sono già presenti all'interno delle auto in quanto di serie; essi sono: il sistema antibloccaggio delle ruote (ABS) reso obbligatorio a partire dal 2004, il Sistema di controllo elettronico della stabilità (ESC o ESP) introdotto come dotazione di serie su tutti i veicoli di nuova omologazione a partire dal 2011, ed il Sistema di controllo della trazione (TCS). Trattandosi di sistemi la cui presenza sugli autoveicoli è ormai diventata obbligatoria per legge non ci soffermeremo ulteriormente ma passeremo ad indagare in maniera più approfondita differenti Sistemi Avanzati di Assistenza alla Guida, ormai usualmente riconosciuti come ADAS.

Tali dispositivi sono ad oggi sempre più diffusi sul mercato, anche se con terminologia non uniforme, ma si prevede che la loro presenza diventerà ancora più elevata negli anni a venire a seguito della decisione del Parlamento Europeo di allargare l'obbligatorietà ad ulteriori sistemi di sicurezza sui nuovi veicoli a partire dal 2022[34].

Gli ADAS sono sistemi o talvolta semplici dispositivi che supportano il conducente durante la guida; la realizzazione di tali sistemi costituisce un primo passo verso l'ideazione di veicoli a guida autonoma, essi infatti, sono inseriti all'interno della classificazione proposta dalla *Society of Automobile Engineers* (SAE), il cui obiettivo è la suddivisione delle tecnologie di assistenza disponibili secondo vari livelli di automazione, dal livello 0 al livello 5.

[34] Per l'elenco delle tecnologie che saranno rese obbligatorie a partire dal 2022 vedasi Cap.1 "Le azioni per il miglioramento della sicurezza stradale".

I Sistemi Avanzati di Assistenza alla Guida sono collocati da tale classificazione nei primi tre livelli (livello 0, livello 1 e livello 2) a seconda del loro grado di intervento[35]. Al livello più basso sono collocati dispositivi che, in caso di pericolo, avvisano il conducente tramite segnali acustici o visivi senza intervenire in modo diretto. Ai livelli superiori sono invece collocati dispositivi che sono in grado di intervenire nella guida, assistendo il conducente solo in caso di necessità (livello 1) o in maniera costante (livello 2).

I sistemi che incrementano la sicurezza stradale sono fondamentali nella lotta agli incidenti stradali, come sottolineato da Malavasi (2019)[36], in quanto, i più evoluti, agiscono sull'acceleratore, freno e sterzo in condizioni di pericolo imminente. La loro funzione però non si esaurisce in interventi d'emergenza in quanto sono capaci di fornire al conducente informazioni altrimenti non recepibili in breve tempo, migliorando la conoscenza circa i potenziali pericoli e le reazioni del conducente.

Tali dispositivi non sono finalizzati esclusivamente al raggiungimento di una maggiore sicurezza alla guida; alcuni di essi, infatti, sono pensati per il raggiungimento di un maggiore comfort, sostituendo il conducente nel compito di guida.

Un'ulteriore classificazione, oltre a quella proposta dalla SAE, realizzata dalla Commissione Europea, distingue i dispositivi di assistenza alla guida in due classi principali: ADAS con effetto noto sulla sicurezza e ADAS con effetto non noto sulla sicurezza.

Nel primo gruppo rientrano le seguenti tecnologie:

- Intelligent Speed Adaptation (ISA): sistema con cui è possibile variare la velocità di un veicolo a seconda dei limiti imposti sulla strada attraversata. Supporta il guidatore a rispettare sempre i limiti di velocità avvisandolo in caso di superamento, con un segnale sonoro-visivo (Warning ISA), agendo sul pedale dell'acceleratore (Assisting ISA) oppure riducendo l'iniezione di carburante (Restricting ISA).

- Seat Belt Reminders: si tratta di un dispositivo in grado di rilevare l'allacciamento della cintura di sicurezza e in caso negativo avverte con un segnale acustico a crescente intensità.

[35]Fondazione Filippo Caracciolo, "La frontiera tecnologica nella lotta agli incidenti stradali - Il ruolo degli ADAS", 2019.
[36] Malavasi, Sicurezza dei Trasporti, Egaf, 2019.

- Alcohol Interlock Systems (AIS): dispositivi dotati di etilometro che permettono l'accensione del veicolo in caso di non superamento del limite impostato, agisce per prevenire la guida in stato di ebrezza.

- In-vehicle event data recorders (EDR): sistemi in grado di registrare i dati del veicolo in caso di incidente.

- Autonomous emergency braking systems (City-AEB): dispositivo in grado di individuare la presenza di veicoli od ostacoli in prossimità del veicolo stesso. In caso di pericolo viene attivata la frenata di emergenza che consente di evitare l'urto o quanto meno ridurre la severità dello stesso.

- Emergency Brake Assist (AEB): supporta il conducente applicando una frenata automatica in caso di collisione con i veicoli che procedono davanti o altri ostacoli riducendo lo spazio di frenata.

- Anti-lock braking for motorcycles: evita il bloccaggio delle ruote dei motocicli a seguito di una frenata.

- Lane Keeping Warning Devices (LDW): avverte il conducente con un segnale acustico nel caso in cui il veicolo stia involontariamente uscendo dalla propria corsia.

- Lane Keeping Assist (LKA): tecnologia che agisce sullo sterzo per il mantenimento della corsia a meno che non sia attivo l'indicatore di svolta.

Nella classe delle tecnologie i cui effetti non sono, almeno per ora, scientificamente dimostrati sono inserite:

- Forward Collision Warning: avvisa il conducente del veicolo, con segnali audio e video, quando si trova troppo vicino al veicolo che lo precede.

- Reverse Collision Warning System: avvisa il conducente del veicolo, con segnali audio e video, quando si trova troppo vicino al veicolo che lo segue.

- Adaptive Cruise Control (ACC): regola la velocità del veicolo in base alla distanza dall'autovettura che la precede permettendo di mantenere la distanza di sicurezza.

- Attention assist o Driver Alert Control: il sistema monitora il comportamento del conducente effettuando un controllo sui movimenti dello sterzo per evitare casi di

sonnolenza o affaticamento. In presenza di differenze significative nel normale comportamento del conducente il sistema fornisce delle segnalazioni sia acustiche che visive per avvertire il conducente.

- Vision enhancement: si tratta di un insieme di tecnologie che supportano il conducente nell'individuazione di ostacoli durante la guida notturna; presenta dei fari adattativi che si orientano nella direzione di marcia del veicolo e una telecamera notturna che fornisce informazioni aggiuntive.

- Multi-collision brake: esegue una frenata in completa autonomia dopo che si è attivato l'airbag del veicolo in modo da evitare una seconda collisione.

- Ecall: effettua una chiamata ai servizi di emergenza nel caso in cui si verifichi un incidente in modo automatico, tramite dei sensori posizionati a bordo del veicolo, o alternativamente tramite un pulsante attivabile dallo stesso. Il vantaggio di questo dispositivo risiede nella capacità di accelerare l'intervento e di ridurre la gravità delle conseguenze. La sua introduzione sui nuovi veicoli è stata resa obbligatoria a partire dal 2018.

- Electronic driving licences: strumento che consente di controllare l'accensione del veicolo solo dopo aver verificato la corrispondenza tra conducente e veicolo tramite lettura della patente con un supporto smartcard.

Nei paragrafi successivi saranno quindi esposti i principali ADAS e, ove possibile, verranno riportati i risultati di studi volti a comprendere l'effetto, in termini di riduzione percentuale del numero di feriti, che la loro adozione può apportare. I risultati ottenuti tramite l'analisi dello stato dell'arte saranno successivamente utilizzati, all'interno del capitolo 6, per individuare il risparmio di risorse economiche ottenibile da parte del Sistema Sanitario della Regione Piemonte a seguito dell'installazione di suddetti dispositivi.

4.3.1 Intelligent Speed Adaptation

Il sistema di adattamento intelligente della velocità o ISA (*Intelligent Speed Adaptation*) è un dispositivo che informa, avvisa o scoraggia il conducente nel superare i limiti di velocità o qualsiasi altro valore fissato come limite massimo. Il valore può essere impostato automaticamente in base al limite di velocità indicato sulla strada che si sta percorrendo e può essere successivamente aggiornato grazie alla presenza di un sistema di localizzazione automatica (es. GPS o GALILEO).

Esistono tre tipologie di Intelligent Speed Adaptation:

- Advisory ISA: si tratta di un dispositivo che non agisce in maniera diretta ma informa il conducente circa il limite di velocità del tronco stradale che sta percorrendo o lo avvisa del superamento di esso tramite un segnale audio o video.
- Warning ISA: il sistema incrementa la forza necessaria da esercitare sul pedale dell'acceleratore per incrementare la velocità, l'efficacia del sistema può essere annullata esercitando una pressione maggiore sul pedale.
- Mandatory ISA: impedisce un ulteriore aumento di velocità riducendo l'iniezione di carburante.

Il dispositivo è volto a contrastare il problema centrale di cui si occupa la sicurezza stradale ovvero il non rispetto dei limiti di velocità; essa è un fattore presente nella totalità degli incidenti ed è il primo fattore per circa il 30% degli incidenti fatali[37]. La forte influenza di questo fattore sia sulla probabilità che sulla severità dell'incidente stradale è determinato dal fatto che ad una velocità elevata è molto più difficile riuscire a reagire in maniera tale da evitare lo scontro. Inoltre, spesso accade che il conducente di un veicolo non adatti la velocità alla quale guida all'ambiente esterno come le condizioni atmosferiche e dell'infrastruttura.

In Europa si stima che circa la metà degli automobilisti superi il limite consigliato e il 10 – 20% oltrepassi il limite di oltre 10 km/h per cui appare evidente come grazie all'adozione

[37]Commissione Europea, Sicurezza stradale: Mobilità e trasporti.

di questa tecnologia, che dovrà avvenire su tutti i nuovi veicoli a partire dal 2022, si potrebbero trarre indubbi vantaggi.

Lo studio sviluppato da Finch et al.[38] ha dimostrato che per una riduzione della velocità media di 1 km/h si ottiene una riduzione nel rischio di incidente di tre volte superiore, pari quindi al 3%.

Lo studio realizzato da Carsten and Tate[39], volto a comprendere i vantaggi dell'introduzione del suddetto sistema, ha individuato due possibili scenari: un primo scenario in cui l'adozione del dispositivo è di tipo volontario e un secondo scenario in cui la sua introduzione è resa obbligatoria, per entrambi è stata quindi data una stima della riduzione percentuale degli incidenti a seconda del grado di intervento del sistema.

Tra le differenti tipologie di sistema quella che ha dimostrato maggiori benefici è il Mandatory ISA per cui si ottengono forti riduzioni soprattutto in uno scenario urbano, infatti, non essendo possibile eccedere il limite di velocità, la distribuzione della velocità subisce un mutamento per cui il picco di frequenza si sposta in corrispondenza del limite stesso. La prima conseguenza è una riduzione della variabilità della velocità che consente di incrementare la sicurezza stradale e fluidificare il traffico.

Gli altri due sistemi comportano benefici minimi (Advisory e Warning ISA) o comunque soggetti alla frequenza con cui si decide volontariamente di non osservare i limiti. I risultati per differenti percentuali di penetrazione nel mercato della tecnologia sono visibili nella figura sottostante.

[38] Finch, D.J., Kompfner, P., Lockwood, C.R., Maycock, G., 1994. Speed, speed limits and accidents. TRL Project Report 58, Transport Research Laboratory, Crowthorne, UK.

[39] Frank Lai, Oliver Carsten, Fergus Tate, How much benefit does Intelligent Speed Adaptation deliver: An analysis of its potential contribution to safety and environment, 2012.

Penetration (%)	All roads			Motorway			30 mph roads		
	Adv (%)	Vol (%)	Man (%)	Adv (%)	Vol (%)	Man (%)	Adv (%)	Vol (%)	Man (%)
20	0.5	2.4	5.8	0.9	1.8	3.6	0.3	2.3	6.7
40	1.1	4.8	11.6	1.8	3.6	7.3	0.5	4.7	13.4
60	1.6	7.2	17.3	2.8	5.4	10.9	0.8	7.0	20.1
80	2.2	9.6	23.1	3.7	7.2	14.5	1.0	9.3	26.8
100	2.7	12.0	28.9	4.6	9.0	18.1	1.3	11.7	33.6

Figura 25: Percentuali di riduzione incidenti per percentuale di penetrazione nel mercato ISA. Fonte: How much benefit does Intelligent Speed Adaptation deliver: An analysis of its potential contribution to safety and environment Frank Lai, Oliver Carsten, Fergus Tate.

Lo studio di Carsten et al. ha effettuato anche una previsione a lungo termine degli effetti di questa tecnologia, sotto l'ipotesi in cui la sua l'introduzione sia regolata si stima una riduzione del 30% degli incidenti fatali e del 25% degli incidenti gravi mentre per lo scenario Market Driven esse sono del 13% e dell 8% rispettivamente.

Il progetto PROSPER, finanziato dall'Unione Europea e coordinato dalla SRA, ha predetto una riduzione dei decessi per incidente stradale tra il 19% e il 28% a seconda del paese considerato in uno scenario Market Driven e risultati ancora migliori per un'implementazione regolata (-26 e -50%).

I benefici di questi sistemi non si esauriscono nella riduzione del numero di incidenti ma si estendono anche ad altri ambiti quali un inferiore consumo di carburante, per effetto della ridotta variabilità della velocità e di conseguenza nella diminuzione delle emissioni di anidride carbonica. Alla luce degli aspetti positivi bisogna tuttavia effettuare delle considerazioni sui costi, in modo da valutare se la sua implementazione su larga scala possa ricondurre ad un valore positivo al netto dei costi.

I costi per la sua implementazione su larga scala possono essere divisi in due componenti:

- Costo per la realizzazione di mappe digitali che incorporino i limiti di velocità e possano essere aggiornate nel tempo. Ad oggi la realizzazione di mappe digitali non è sicuramente un problema pertanto è possibile non tenere in considerazione questa voce di costo che pertanto, risulta trascurabile.

- Costo per l'installazione del dispositivo sui veicoli. Questa voce di costo assume valori differenti a seconda che vengano introdotti su veicoli nuovi o debbano essere successivamente introdotti su veicoli che non ne prevedevano l'uso in principio. Per i primi ci si aspetta che il costo vada a diminuire nel tempo, a seguito di economie di specializzazione, fino a raggiungere un valore asintotico mentre per i veicoli non inizialmente dotati di ISA ci si può aspettare che l'andamento sia opposto, con costi crescenti nel tempo.

Una stima di tali costi può essere quella proposta da Carsen et al. e riportata nella figura sottostante.

	New vehicle		Retrofit	
	Advisory	Voluntary/mandatory	Advisory	Voluntary/mandatory
2010	90	200	247	357
2020	60	135	250	325
2030	60	135	282	357
2040	60	135	330	405
2050	60	135	380	455
2060	60	135	433	508
2070	60	135	503	578

Figura 26: Costo previsto in sterline per Advisory e Mandatory/Voluntary ISA nel tempo. Fonte: Lai et al.

Ciò porta ad un rapporto benefici costi del 3,4 e del 7,4 nei due differenti scenari analizzati per cui è possibile concludere che il sistema di adattamento intelligente della velocità può modificare in maniera positiva il benessere collettivo sfruttando l'ampio potenziale nella lotta agli incidenti stradali.

4.3.2 Autonomous Emergency Braking Systems

Il sistema di frenata automatica di emergenza è un dispositivo che, grazie alla presenza di sensori quali telecamere o radar posti sulla parte frontale del veicolo, permette di individuare veicoli o altri utenti della strada e, se il conducente non ha agito per tempo in una situazione di collisione imminente, applica in maniera automatica una frenata in modo tale da evitare l'incidente o diminuire la velocità di impatto.

Quando la tecnologia venne introdotta inizialmente venne effettuata una distinzione tra sistemi che agiscono quando il veicolo procede a velocità ridotte, per questo definiti City-AEB, e sistemi che sono funzionali anche a velocità superiori. I primi utilizzano come sensori telecamere o lidar mentre i secondi sono dotati di radar e telecamere che agiscono in maniera congiunta.

I benefici dell'AEB sono stati indagati nel corso di numerosi studi, in particolare l'analisi condotta da Edwards, Nathanson & Wisch[40] nel 2014 si è posta come obiettivo la quantificazione dei benefici in termini monetari che si otterrebbero, nei casi di collisione con pedoni, se tali dispositivi fossero installati sulla totalità delle auto. Tale analisi è stata eseguita su due paesi dell'Unione Europea, la Gran Bretagna e la Germania, ed i risultati sono stati poi estesi in proporzione all'Europa. Il risparmio è stato calcolato pari a 1 miliardo all'anno se si considera la tecnologia presente nel 2013, mentre due previsioni, rispettivamente di 2,4 e 3,5 miliardi, sono state realizzate tenendo conto degli sviluppi che essa avrebbe potuto avere nel 2018 e nel 2023.

Per superare i limiti dettati dall'analisi dei dati relativa ad un solo paese in Fildes et al.[41] è stato proposto come metodo di indagine una metanalisi[42] basata sui dati provenienti da sei paesi Europei. L'analisi di regressione condotta, assumendo come variabile d'interesse la

[40] Mervyn Edwards, Andrew Nathanson & Marcus Wisch (2014) Estimate of Potential Benefit for Europe of Fitting Autonomous Emergency Braking (AEB) Systems for Pedestrian Protection to Passenger Cars, Traffic Injury Prevention

[41] B. Fildes, M. Keall, N. Bos, A. Lie, Y. Page, C. Pastor, L. Pennisi, M. Rizzi, P. Thomas, C. Tingvall, Effectiveness of low-speed autonomous emergency braking in real-world rear-end crashes, Accident Analysis & Prevention, Volume 81, 2015,

[42] La metanalisi è una tecnica statistica quantitativa, utilizzata soprattutto in ambito clinico, che permette di combinare i dati di più studi condotti su di uno stesso argomento, generando un unico dato conclusivo per rispondere a uno specifico quesito.

presenza dell'AEB, mostra una riduzione media degli incidenti per tamponamento sui paesi considerati del 38%.

Più recentemente, nel 2017, lo studio effettuato da Cicchino[43] volto a determinare gli effetti della presenza delle tecnologie AEB e FCW sulla frequenza dei tamponamenti ha indicato una riduzione di essi pari al 44% grazie all'adozione del dispositivo di frenata automatica di emergenza.

Per la valutazione dell'efficacia del sistema low speed lo studio realizzato da Doyle et al[44]. nel 2015 ha confrontato le richieste di indennizzo presentate alle compagnie assicuratrici da parte di proprietari di veicoli dotati di City AEB con le stesse presentate da proprietari di veicoli sprovvisti di tale tecnologia. Ciò ha permesso di verificare come i veicoli dotati del dispositivo siano coinvolti meno frequentemente in incidenti per cui è necessario l'ausilio della tecnologia. Nello specifico si è osservata una riduzione del 21% delle richieste di indennizzo per i SUV della stessa categoria e un decremento del 45% delle stesse per altri veicoli familiari.

Infine, lo studio realizzato dalla Fondazione Caracciolo in collaborazione con il Politecnico di Torino[45] sull'efficacia del sistema di frenata automatica di emergenza negli incidenti per tamponamento ha mostrato come l'introduzione di tale sistema migliori notevolmente i livelli di sicurezza stradale quantificandone i benefici.

La quantificazione dei benefici è stata stimata, all'interno dello studio, tramite il calcolo dell'indice di sinistrosità[46], effettuato per diverse categorie di veicoli dotati e sprovvisti di tale sistema. Per i segmenti A e B la riduzione media dell'indice di sinistrosità è del 20% mentre per i segmenti C e SUV la riduzione percentuale è quasi doppia (-38%).

In particolare, tramite l'analisi delle informazioni circa i dati di percorrenza raccolti dalle scatole nere, l'adozione del sistema AEB nei veicoli con un'età inferiore ai tre anni riduce il

[43] Jessica B. Cicchino, Effectiveness of forward collision warning and autonomous emergency braking systems in reducing front-to-rear crash rates, Accident Analysis & Prevention, Volume 99, Part A, 2017

[44] M. Doyle, A. Edwards, and M. Avery, "AEB REAL WORLD VALIDATION USING UK MOTOR INSURANCE CLAIMS DATA," in Proceedings of the 24th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV), 2015, no. June 8-11, pp. 1–14.

[45] Fondazione Filippo Caracciolo, "La frontiera tecnologica nella lotta agli incidenti stradali - Il ruolo degli ADAS", 2019.

[46] Indice di sinistrosità calcolato come il rapporto tra il numero di sinistri di un determinato insieme e il numero di chilometri percorsi, espresso in [sin/Ml veic. x km].

numero di incidenti per tamponamento con feriti del 45% mentre il numero totale dei sinistri, senza distinzione di dinamica, subisce un decremento pari al 35%[47].

Come sottolineato dall'*Europe New Car Assesment Programme*, si tratta pertanto di una tecnologia particolarmente promettente, in grado di ridurre il numero degli incidenti per collisione, tuttavia, si tratta di un sistema di supporto e come tale dev'essere considerato. Si sottolinea, infatti, che il dispositivo potrebbe causare un adattamento del comportamento del conducente che, facendo affidamento sulla presenza del sistema, sarà portato a distrarsi più facilmente.

4.3.3 Lane Keeping Systems

I sistemi di supporto al mantenimento della corsia sono dispositivi che possono, a seconda del livello di autonomia, avvisare o riportare il veicolo all'interno della propria corsia di marcia ogni qual volta il veicolo, in maniera non intenzionale, devi da essa.

Essi sono divisi in due categorie principali: dispositivi che avvisano il conducente dell'involontario abbandono della corsia e dispositivi che agiscono direttamente sullo sterzo. La seconda tipologia ha certamente un potenziale più elevato in termini di sicurezza in quanto il tempo di reazione al segnale acustico di deviazione è mediamente maggiore del *time to collision* per la tipologia di incidenti che si verificano durante un cambio involontario di corsia, pertanto il conducente non riuscirebbe ad evitare l'impatto.

L'efficacia di tali sistemi è tuttavia strettamente legata alle condizioni della segnaletica orizzontale, infatti, il loro funzionamento prevede la presenza di una telecamera in grado di riconoscere le linee presenti sul manto stradale per cui, nel caso in cui queste non fossero ben visibili per condizioni metereologiche avverse o a causa di una scarsa manutenzione dell'infrastruttura, le funzionalità sarebbero notevolmente ridotte.

[47] Agostino P., (2021), Tamponamenti: -45% con la frenata automatica di emergenza, Onda Verde n.32, 18/20.

Sternlund et al.[48] nello studio pubblicato nel 2017 “The effectiveness of lane departure warning systems—A reduction in real-world passenger car injury crashes”, confrontando i dati sugli incidenti per veicoli dotati di LKA e LDW, hanno evidenziato una riduzione pari 53% sotto la condizione di manto stradale non ghiacciato o nevoso e considerando un limite di velocità compreso tra i 70 e i 120 km/h. Rimuovendo le ipotesi troppo restrittive è stata quindi ipotizzata dagli autori una riduzione del 30%.

Un valore analogo è stato ottenuto nella simulazione di 478 incidenti stradali reali realizzata da Scanlon et al[49]. i cui risultati indicano un beneficio percentuale del 32% e del 28% per tutti gli incidenti causati da una deviazione dalla corsia, indipendentemente dalla gravità, e per gli incidenti con feriti gravi rispettivamente.

La riduzione del numero di decessi e feriti è stata stimata nell’ambito del progetto eIMPACT: in uno scenario di lungo periodo, con un tasso di penetrazione del 100% e tenendo in considerazione gli effetti avversi che si possono generare a causa dell’adattamento del comportamento degli utenti si potrebbe ottenere una riduzione del numero di decessi pari al 15%.

Infine, un aggiornamento molto recente sulle possibilità del Lane Keeping Assist System è stato ottenuto tramite lo studio effettuato da Utriainen et al[50]. in cui sono state analizzate le condizioni di accadimento di 364 incidenti mortali per verificare la percentuale di essi che si sarebbe potuta evitare dotando il veicolo di un tale dispositivo. I risultati mostrano una potenziale riduzione del 27% degli incidenti e del 28% dei decessi.

Per incrementare ulteriormente le potenzialità di tale dispositivo si dovrebbe agire non solo sulla tecnologia in sé, in modo da rendere possibile il suo utilizzo in condizioni avverse, ma anche, e ciò risulterebbe estremamente più facile, sull’infrastruttura, ad esempio rendendo

[48] Simon Sternlund, Johan Strandroth, Matteo Rizzi, Anders Lie & Claes Tingvall (2017) The effectiveness of lane departure warning systems—A reduction in real-world passenger car injury crashes, Traffic Injury Prevention, 18:2, 225-229

[49] J. M. Scanlon, K. D. Kusano and H. C. Gabler, "Lane departure warning and prevention systems in the U.S vehicle fleet. Influence of roadway characteristics on potential safety benefits", Transp. Res. Board, 2016.

[50] R. Utriainen, M. Pöllänen and H. Liimatainen, "The Safety Potential of Lane Keeping Assistance and Possible Actions to Improve the Potential," in IEEE Transactions on Intelligent Vehicles, vol. 5, no. 4, pp. 556-564, Dec. 2020.

la segnaletica orizzontale ben visibile, facendo in modo che anche il livello di sviluppo attuale sia capace di agire nel maggior numero possibile di casi.

4.3.4 Dispositivi di rilevazione angolo cieco

Il termine dispositivi di rilevazione dell'angolo cieco comprende una serie di tecnologie indicate con i nomi di blind spot detection, blind spot warning, side blind zone alert, o side-view assist. Tali sistemi avvisano il conducente, tramite un segnale visivo, nel momento in cui viene individuato un veicolo nella corsia adiacente che si trova all'interno del proprio angolo cieco, l'avviso può essere inoltre accompagnato da un segnale sonoro se il conducente attiva il segnale di svolta.

Il dispositivo diverrà obbligatorio sulle nuove auto a partire dal 2022 ma esso era già presente in anni passati principalmente come dotazione opzionale; nelle nuove auto immatricolate nel 2017 era presente in quanto optional nel 57% dei casi e in quanto dotazione di serie nel 9%[51].

Dall'analisi del comportamento dei conducenti è stato rilevato che la maggior parte di essi valuta erroneamente l'assenza di un veicolo quando effettua un cambiamento di corsia a causa della presenza di un angolo privo di visibilità nonostante la presenza dello specchietto retrovisore.

Il primo studio sull'efficacia dei sistemi di rilevazione dell'angolo cieco è stato effettuato dal Highway Loss Data Institute, tuttavia non disponendo di informazioni riguardo alle circostanze in cui si sono verificati gli incidenti, gli analisti non sono stati in grado di determinare i suoi effetti sugli incidenti avvenuti durante un cambiamento di corsia.

Per stimare il beneficio apportato da questa tecnologia saranno riportati i risultati dello studio realizzato da Cicchino et al. nel 2018[46]. In particolare, per comprendere la correlazione tra il numero di incidenti e la presenza o assenza del Blind Spot Detection, è stata condotta un'analisi di regressione su diversi modelli di veicoli per cui era disponibile l'informazione circa la dotazione del veicolo stesso. Essa ha stimato un coinvolgimento del

[51] Jessica B. Cicchino (2018) Effects of blind spot monitoring systems on police-reported lane-change crashes, Traffic Injury Prevention, 19:6, 615-622.

20% inferiore nei veicoli dotati di blind spot warning rispetto ai veicoli che ne sono sprovvisti, tale dato è stato calcolato senza effettuare una distinzione sulla severità dell'incidente.

Le regressioni che discernono gli incidenti in base alla loro severità, sebbene abbiano mostrato dei risultati concordi con i precedenti, non hanno mostrato una significatività statistica.

Nonostante sia indubbio il suo effetto positivo, esso appare modesto, ciò può essere dovuto al fatto che per apportare dei vantaggi l'avviso emesso deve essere recepito e dev'essere messa in atto un'azione correttiva da parte dell'utilizzatore del veicolo. Infatti, il sistema risulterebbe totalmente inutile se, nonostante l'avviso, il conducente non effettuasse nessun'azione per contrastare l'eventuale collisione.

4.3.6 Alcohol Interlock System

Gli incidenti stradali correlati all'utilizzo di sostanze alcoliche sono da sempre un tema ricorrente per la sicurezza stradale ma, nonostante il loro impatto mediatico sia elevato, troppo spesso vengono considerati come eventi tragici e conseguenze inevitabili legate all'aumento della motorizzazione.

Sebbene la sua rilevanza non sia trascurabile sono tutt'oggi presenti difficoltà nel reperimento di dati e informazioni circa l'entità reale del fenomeno.

È utile considerare che, in Italia, dal 2009 l'ISTAT non ha più fornito indicazioni circa il numero di incidenti correlati all'uso di sostanze alcoliche a causa del numero esiguo di casi riportato negli anni precedenti. Per tale motivo l'Istituto Nazionale di Statistica ha dovuto far ricorso ad altre fonti per colmare il gap informativo affidandosi alle stime rilevate da Carabinieri e Polizia Stradale secondo cui l'8,7% e il 3,4% degli incidenti rilevati nel complesso, è correlato all'utilizzo di sostanze quali alcol e droga. Si tratta senza dubbio di dati sottostimati se si pensa che l' Organizzazione mondiale della Sanità stima che gli eccessi di alcol e droga concorrono a provocare il 30% degli incidenti stradali.

Dalle stime nazionali risulta infatti che 8,6[52] milioni di italiani sono considerati "bevitori a rischio", ovvero bevitori forti, bevitori binge oppure bevitori fuori pasto. Tra gli Italiani a rischio sono presenti anche i più giovani; in Piemonte, la percentuale di ragazzi di 14 anni e più che presentano almeno un comportamento a rischio legato al consumo di alcool è superiore al 25%[53].

Numerosi studi hanno dimostrato che guidare in stato di ebbrezza provochi un aumento, esponenziale al tasso alcolemico, del rischio di incidente. La probabilità di incidenti aumenta infatti di circa 380 volte per chi guida con un tasso alcolemico di tre volte superiore al limite fissato dal CdS (0,5 g/l).

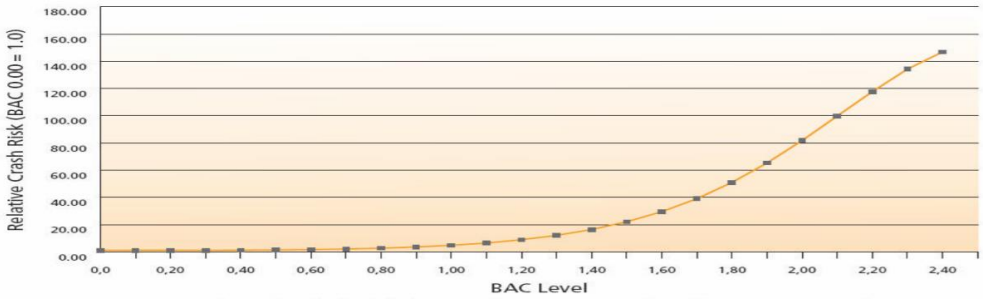


Figura 27: Rischio di incidente in funzione del tasso alcolemico. Fonte: Fondazione Ania, Umberto Guidoni, "Gli incidenti alcol correlati in Italia: le azioni del settore assicurativo".

Per ridurre la frequenza di tali eventi sono necessarie attività di controllo e repressione. Il maggior deterrente per i trasgressori risiede infatti nella consapevolezza che è maggiore la probabilità di essere colti a commettere una violazione al Codice della Strada.

Tuttavia, in Italia, tale azione deterrente è esercitata in maniera piuttosto esigua. Una recente audizione della Polizia Stradale riporta infatti un numero di controlli pari a 1.188.085 con quasi 16.000 sanzionati per guida in stato di ebbrezza[54]. Si tratta quindi di un numero particolarmente basso di controlli, soprattutto in relazione al numero di veicoli

[52] Fondazione Ania, Umberto Guidoni, "Gli incidenti alcol correlati in Italia: le azioni del settore assicurativo".
[53] Regione Piemonte, Sanità, salute e stili di vita, "Proporzione standardizzata di persone di 14 anni e più che presentano almeno un comportamento a rischio", 2019, https://www.regione.piemonte.it.
[54] Ministero dell'Interno - Dipartimento della Pubblica Sicurezza Direzione Centrale la Polizia Stradale, Ferroviaria, delle Comunicazioni e per i Reparti Speciali della Polizia di Stato. Servizio Polizia Stradale. Audizione Commissione Trasporti del 5.12.2019

circolanti e al numero di patenti attive (rispettivamente circa 54.000.000 al 31/12/2018 e circa 39.000.000 al 08/01/2019[55]).

L'esiguo numero dei controlli è reso evidente anche all'interno del progetto SARTRE 3[56], *Social Attitude to Road Traffic Risk in Europe,* che, già nei primi anni 2000 aveva evidenziato la più bassa percentuale di conducenti con esperienza di controlli in tutta l'Europa, come visibile dall'immagine sottostante.

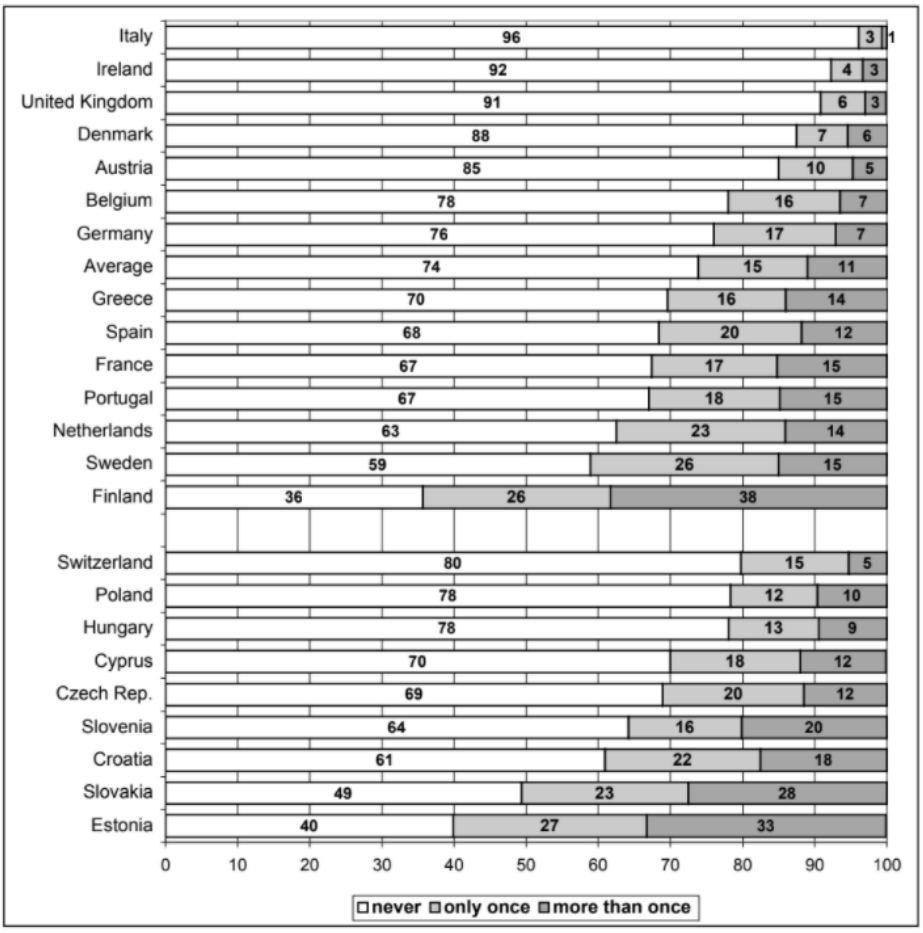


Figura 28: Frequenza dei controlli alcolimetrici negli ultimi tre anni, valori percentuali. Fonte: Consortium SARTRE 3. European drivers and road risk. Part 1, Report on principal results. 2004

A ciò si aggiunge la complessità, da parte delle Commissioni Medico Legali (CML), di verificare il possesso dei requisiti psico-fisici richiesti ai soggetti fermati per guida in stato di ebbrezza alcolica in quanto la valutazione, eseguita nel "qui e ora", non consente di valutare il rischio di recidiva. Pertanto, sarebbe necessario adottare strategie di policy in cui l'azione si configura come una forma di screening, dando esiti su grandi numeri,

55

56 Consortium SARTRE 3. European drivers and road risk. Part 1, Report on principal results. 2004

piuttosto che effettuare valutazioni che costituiscano uno strumento di garanzia sul singolo individuo.

Per le ragioni sopra esposte appare rilevante l'introduzione di tecnologie innovative quali l'Alcohol Interlock System. Si tratta infatti di un dispositivo che impedisce la guida in stato di ebbrezza in quanto richiede al conducente di soffiare in un etilometro posto a bordo veicolo prima di poter accendere il motore. Il dispositivo può essere impostato con limiti differenti e, in caso di superamento del limite impostato, non consente l'accensione del veicolo.

L'adozione di tale dispositivo è stata ampiamente sostenuta dall'ETSC (*European Transport Safety Council)* che nel 2016 ha dettato le linee guida per offrire un supporto a tutte le autorità che vogliano introdurre programmi che consentano di ridurre la guida in stato di ebbrezza grazie ad iniziative legislative, tecniche e procedurali.

In Italia, in assenza di esperimenti intrapresi dal Governo su tale aspetto, la Fondazione Ania ha lanciato un progetto, nel corso del 2018, che prevedeva l'installazione di 53 dispositivi di tipo Alcohol Lock su una flotta di autobus di 300 pullman di proprietà di una società di trasporto pubblico con 400 dipendenti i quali percorrono circa 15 milioni di km all'anno. I risultati, ottenuti tramite l'analisi dei dati estratti dai dispositivi, non hanno rivelato alcuna violazione. I guidatori coinvolti nell'esperimento non hanno mai superato il livelli di alcol imposti dal Codice della Strada per conducenti professionisti (0,0 g / l) e dai regolamenti aziendali.

Ricerche su larga scala hanno dimostrato che la sua efficacia nel prevenire la guida in stato di ebbrezza e, soprattutto, i comportamenti recidivi varia tra il 40 e il 95%.[57] Secondo una ricerca della Perelman School of Medicine alla University of Pennsylvania l'utilizzo di questo dispositivo ha portato ad un risultato estremamente positivo con una riduzione del 15% degli incidenti stradali legati all'alcol. Tale riduzione però non persiste nel tempo, infatti la maggior parte degli studi sugli effetti di tale dispositivo mostrano che una volta che esso viene disattivato si assiste ad una crescita della frequenza di tali comportamenti. Pertanto, l'ETSC ha sottolineato che tali programmi non dovrebbero concentrare gli investimenti solo

[57] (ICADTS, 2001; SUPREME, 2007)

sulla tecnologia in sé ma anche includere una serie di azioni, quali programmi di riabilitazione, che permettano di combattere la recidività di tali comportamenti.

Nonostante si abbiano quindi degli effetti positivi soltanto temporanei, considerata la possibilità che tali dispositivi siano spenti dal proprietario del veicolo, il rapporto benefici/costi rimane elevato e pari a 4,1 per i Paesi Bassi, 4,5 per la Norvegia, 1,6 per la Repubblica Ceca e 0,7 per la Spagna, unico paese per cui i costi superano, anche se non in maniera eclatante, i benefici[58].

4.3.7 eCall

Fornire un soccorso rapido dopo il verificarsi di un incidente è di fondamentale importanza per ridurre la gravità delle conseguenze. Per una maggiore rapidità del soccorso è quindi stato sviluppato un sistema, chiamato eCall, in grado di generare, una chiamata al numero unico europeo 112. La chiamata può essere generata sia in maniera automatica che in maniera manuale, tramite la pressione di un pulsante da parte degli occupanti del veicolo. La chiamata, effettuata al servizio di emergenza più vicino, permetterà di inviare delle informazioni all'operatore addetto, che potrà inoltre comunicare con gli occupanti del veicolo.

Le informazioni trasmesse riguardano principalmente il momento esatto in cui è avvenuto l'incidente, la localizzazione precisa del veicolo, i dettagli identificativi del veicolo e la modalità tramite cui è stata effettuata la chiamata (attivazione eCall manuale o automatica).

Lo scopo di questo dispositivo è quindi quello di garantire un servizio di soccorso più rapido in modo da evitare il verificarsi del decesso o di una disabilità grave. Uno studio condotto in Svezia ha evidenziato che il 48% dei casi di decesso avvenuti per incidente stradale fossero non evitabili mentre dei restanti il 5% non è stato localizzato in un tempo sufficientemente breve per evitare la morte, il 12% sarebbe potuto sopravvivere se fossero

[58] European Road Safety Observatory, Advance Driver Assistant Systems, 2018, https://ec.europa.eu/

stati trasportati in maniera più rapida all'ospedale e il 32% sarebbe potuto sopravvivere se fossero stati trasportati più velocemente ad un centro traumatologico[59].

L'efficacia di tale sistema è stata valutata da numerosi studi ma tutti concordano sul fatto che essa dipenda in gran parte dall'efficienza del servizio emergenziale più vicino.

Lo studio condotto in Finlandia[60] ha stimato una riduzione compresa tra 4-8% degli incidenti fatali e un decremento del 5-10% nei decessi che coinvolgono esclusivamente gli occupanti di veicoli a motore nell'ipotesi di una penetrazione di mercato pari al 100%. Simili risultati sono stati ottenuti tramite studi condotti in Germania (5%) e Olanda (7%) mentre le stime risultano superiori se si considera tutto il continente Europeo (5-15%). In particolare, la Commissione Europea, ritiene che l'adozione dell'eCall su scala diffusa permetterebbe di evitare fino a 2.500 morti all'anno grazie alla riduzione dei tempi di intervento del 50% nelle zone rurali e del 40% nelle zone urbane.

4.3.8 Driver Alert Control

Come sottolinea l'ACI – Automobile Club Italiano – sul suo sito, "la sonnolenza alla guida, pur essendo all'origine di molti incidenti, è ancora sottostimata come fattore determinante di rischio, in quanto le statistiche indicano genericamente come prima causa di incidenti stradali la distrazione, spesso frutto proprio della stanchezza del guidatore"[61].

Per limitare questo problema varie case automobilistiche hanno realizzato investimenti in tecnologie poste a bordo veicolo in grado di rilevare un'eccessiva stanchezza del conducente.

Per rilevare tale parametro sono stati introdotti diversi metodi di misurazione:

[59] ElsMarie Henriksson, Mats Öström, Anders Eriksson, Preventability of vehicle-related fatalities, Accident Analysis & Prevention, Volume 33, Issue 4, 2001, Pages 467-475.

[60] Virtanen, N.; Schirokoff, A.; Luoma, J.; Kulmala, R. 2005. Impacts of an Automatic Emergency Call System on Accident Consequences. AINO publications 14/2005.

[61] ACI, "Sicurezza Stradale – Il sonno al volante", http://www.aci.it

- Valutazione basata sul movimento del veicolo: nei sistemi che utilizzano tale tipologia di valutazione si effettua un confronto tra il normale stile di guida e i movimenti dello sterzo o l'azione sui pedali per identificare eventuali discordanze dovute alla stanchezza del conducente;
- Valutazione basata sul comportamento del conducente: in questa tipologia di valutazione sono monitorati parametri relativi al conducente come il periodo di chiusura degli occhi e i movimenti degli stessi o le rotazioni del capo;
- Valutazione Psicologica: tale valutazione è basata sulla misura continuativa del battito cardiaco, dell'attività celebrale e degli impulsi del cervello. Tali informazioni sono ottenute tramite elettrocardiogramma ed elettroencefalogramma.

Tra le varie tecnologie proposte la funzione Driver Alert Control, introdotta da Volvo nel 2005 ha lo scopo di monitorare il comportamento di guida del conducente, richiamando la sua attenzione nel caso in cui si abbia una ragionevole certezza, a seguito della valutazione dei movimenti del veicolo, che il conducente si sia addormentato o sia distratto.

Il sistema è formato da una videocamera che monitora la distanza della vettura dalle linee di demarcazione della corsia e da sensori che ne misurano i movimenti; le informazioni acquisite sono quindi inviate ad una centralina che le valuta e, in caso sia necessario, emette un duplice segnale, acustico e visivo, che invita ad effettuare una pausa. La sua funzione è stata principalmente progettata per essere utilizzata in autostrade e strade extraurbane mentre non è adatta al contesto urbano. Il dispositivo, infatti, entra in funzione automaticamente a velocità superiori ai 65 km/h e rimane attivo finché la velocità è superiore ai 60 km/h.

Come per tutti gli altri ADAS si tratta di un dispositivo di supporto al conducente che rende la guida più semplice e allo stesso tempo più sicura e pertanto non deve essere inteso come un sistema in grado di sostituire l'attenzione del conducente, il quale non deve servirsi di tale supporto per guidare più a lungo.

L'efficacia del dispositivo ad oggi non è nota con esattezza a causa della mancanza di dati statistici che fossero in grado di fornire impressioni dettagliate. Quello che può essere affermato con sicurezza è che l'effetto positivo di tali dispositivi dipende in gran parte dal

modo in cui il conducente recepisce il segnale: nel caso in cui il sistema registrasse un'eccessiva stanchezza ed emettesse il segnale questo permetterebbe di evitare il verificarsi di un incidente esclusivamente nel caso in cui il guidatore decidesse di fermarsi ed effettuare una sosta.

4.3.9 I benefici dei sistemi di sicurezza di bordo

Gli studi citati nei paragrafi precedenti hanno mostrato i benefici potenziali che si potrebbero ottenere da una maggiore introduzione di dispositivi ADAS.

Volendo calcolare il risparmio ottenibile dalla loro introduzione si può ipotizzare uno scenario in cui il parco circolante sia costituito nella sua totalità da veicoli dotati di sistemi innovativi di assistenza alla guida, molti dei quali, va ricordato, diverranno obbligatori a partire dal 2022. Tale scenario sarà più realistico in anni successivi in quanto il completo rinnovo del parco veicoli circolante si otterrà in Italia in circa 20 anni.

Non è possibile, tuttavia, identificare una riduzione percentuale totale in quanto le riduzioni percentuali ottenibili variano con la tecnologia considerata. A ciò si aggiunge l'impossibilità di identificare una corrispondenza univoca tra scenario di incidente e ADAS, in quanto, come mostrato dalla tabella di corrispondenza sottostante, più ADAS potrebbero agire simultaneamente.

NATURA DELL'INCIDENTE	ADAS						
	ISA	ESC	AIS	ABS	City-AEB	LKA	AEB
SCONTRO FRONTALE	*		*				
SCONTRO FRONTO-LATERALE	*		*				
SCONTRO LATERALE	*		*			√	
TAMPONAMENTO	*		*	√	√		√
INVESTIMENTO DI PEDONI	*		*		√		
URTO	*		*		√		
FUORIUSCITA O SBANDAMENTO	*	√	*	√		√	

Figura 29: Matrice di tracciabilità fra ADAS e natura dell'incidente. Fonte: Fondazione Filippo Caracciolo, "La frontiera tecnologica nella lotta agli incidenti stradali - Il ruolo degli ADAS", 2019.

Tuttavia, se si considerasse una riduzione globale anche del 50%, considerando i costi sociali italiani di pag.40, si potrebbero risparmiare ogni anno circa 11,71 miliardi di euro che si tradurrebbero, in un'ottica di lungo periodo, considerando il periodo di rinnovo completo del parco veicolare, in un risparmio di 234,2 miliardi di euro (trascurando l'inflazione).

Il risparmio in termini di costi sanitari, calcolato complessivamente per l'intera Nazione, sarebbe invece di 239,2 milioni di euro.

A livello Regionale, stante il costo sociale indicato a pag. 44, si potrebbe ottenere un risparmio pari a circa 500 milioni.

Tale risparmi sono puramente teorici e andrebbero ridimensionati tenendo conto delle spese sostenute dallo Stato Italiano per l'incentivazione all'acquisto di nuovi veicoli equipaggiati di dispositivi di sicurezza. Delle stime più precise, circa i risparmi ottenibili dall'introduzione dei dispositivi ADAS, sono presentate all'interno del capitolo 6, dedicato interamente al calcolo dei costi sanitari che la Regione Piemonte si trova a dover fronteggiare a causa dell'incidentalità stradale.

4.2.10 Il futuro degli ADAS

Allo scopo di massimizzare i benefici degli ADAS la FIA, *Fédération Internationale de l'Automobile*, ha promosso lo sviluppo di uno studio di ricerca, dal nome di "How to maximize the road safety benefits of ADAS?"[62], realizzato tramite la collaborazione di importanti istituti di ricerca.

Tale studio si è posto come obiettivi principali l'analisi dello stato dell'arte di sei dispositivi ADAS (AEB – Advanced Emergency Braking, ISA - Intelligent Speed Assistance, ESS - Emergency Stop Signal, ACC – Adaptive Cruise Control, LKS - Lane Keeping System, DM -

[62] Fédération Internationale de l'Automobile, How to maximize the road safety benefits of ADAS? 14-12-2020, BH3649-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0001.

Driver Monitoring), i limiti e i rischi per la sicurezza di tali sistemi, l'interfaccia uomo – macchina e le implicazioni tecniche.

Da tale studio è emerso che per incrementare ulteriormente i benefici che possono essere apportati da tali tecnologie sono necessarie le seguenti azioni:

- Migliore diffusione delle informazioni circa la funzionalità delle tecnologie: la conoscenza di tali funzionalità, calcolata tramite questionari, è risultata incompleta. Essa è infatti basata su autoapprendimento, tramite la strategia "sbagliando si impara" o tramite informazioni fornite dai concessionari, spesso non complete o errate.
- Migliore diffusione delle informazioni circa i limiti delle tecnologie: comprendere ciò che le tecnologie possono ma soprattutto non possono fare è di fondamentale importanza in quanto un utilizzo inconsapevole dei limiti di tali tecnologie può spingere il conducente a adottare comportamenti più rischiosi.
- Migliore precisione nel funzionamento dei sistemi: migliorare la precisione delle tecnologie in modo da evitare che il sistema si attivi anche quando questo non è necessario o, al contrario, assicurare che i sistemi intervengano in caso di pericolo accresce la fiducia che il conducente ha in tali sistemi.
- Incrementare per tutti i sistemi l'avviso di mal funzionamento della tecnologia: ad oggi un mal funzionamento non viene quasi mai comunicato al conducente da cui l'importanza di implementare tale funzione. Il conducente, infatti, se consapevole di non essere supportato dalla tecnologia adotterà uno stile di guida più prudente.
- Definire e standardizzare i processi di manutenzione e calibrazione: nella quasi totalità dei casi se il sistema funziona in modo errato esso viene sostituito con costi elevatissimi. Un buon processo di manutenzione e calibrazione permette il corretto funzionamento di tali dispositivi con costi decisamente inferiori.
- Maggiore attenzione ai prerequisiti per la progettazione dell'interfaccia uomo – macchina: l'interfaccia dovrebbe essere progettata in modo tale da poter essere utilizzata senza costituire un'ulteriore distrazione per il conducente, avvisandolo in caso di malfunzionamento del sistema.

- Aggiornamento delle procedure di valutazione sulla sicurezza: insieme ai processi di manutenzione e calibrazione fornisce informazioni circa lo stato di corretto funzionamento dei sistemi.
- Necessità di implementare un approccio integrato di sistema sicuro che valuti tutti gli aspetti quali il ruolo del conducente, le informazioni fornite dai concessionari ai clienti, i requisiti tecnici minimi e gli standard a cui i sistemi ADAS devono sottostare, la nomenclatura degli stessi e le migliorie infrastrutturali.

4.4 I sistemi di telecomunicazione

La telematica per i trasporti è basata sulla presenza di alcuni supporti che, diversamente integrati tra di loro consentono di incrementare la sicurezza e l'efficienza dei vari modi di trasporto, essi sono[53]:

- le reti di telecomunicazione (TLC);
- i sistemi di identificazione automatica (AIS o AEI/AVI);
- i sistemi di localizzazione automatica (AVLS);
- i sistemi di raccolta dati di traffico e sui passeggeri (APC);
- i protocolli per lo scambio elettronico dei dati e documenti (EDI);
- le banche dati cartografiche e sistemi informativi territoriali (GIS O SIT).

Per la realizzazione di sistemi che integrino le conoscenze della telematica all'ambito dei trasporti le reti di telecomunicazione risultano essere un elemento la cui presenza è imprescindibile, al contrario i restanti supporti non sono necessariamente indispensabili per la realizzazione di tutti i sistemi.

Le reti di telecomunicazione sono distinte all'interno di "Telematica per i Trasporti" (2010)[63], in base all'ampiezza dell'area geografica che permettono di coprire, in:

[63]Bruno Dalla Chiara, "Telematica per i trasporti", Egaf, 2010.

- reti personali o PAN: il cui raggio di estensione è di pochi metri;
- reti locali o LAN (nel caso di reti senza fili, ossia wireless, si parla di reti WLAN) capaci di coprire un'area di qualche chilometro;
- reti metropolitane o MAN che sono circoscritte all'area metropolitana;
- reti estese o WAN capaci di raggiungere qualsiasi punto del mondo.

In ambito sicurezza le reti di telecomunicazioni sono utilizzate per fornire informazioni all'utenza.

Per le informazioni collettive diffuse a tutti i veicoli, ossia le informazioni a bordo veicolo, tradizionalmente veniva utilizzata la trasmissione analogica in radiofrequenza fornita dal CCISS (Centro coordinamento informazioni sicurezza stradale), essa è stata poi affiancata dalla trasmissione digitale in radiodiffusione che consente di ottenere delle prestazioni più estese e complete rispetto alla precedente. Questi sistemi però non solo i soli che consentono la trasmissione dell'informazione tramite radiodiffusione in quanto possono essere utilizzate:

- l'RDS-TMC: si tratta di un canale radio di dati RDS che trasmette una serie di dati sul traffico codificati ed in seguito tradotti dalle apparecchiature di bordo;
- il DAB sistema di radiodiffusione che potrebbe sostituire la trasmissione radio analogica;
- il DVB (*Digital Video Broadcasting).*

Per la trasmissione delle informazioni all'utenza non dotata di apparecchiature di bordo possono essere utilizzati altri dispositivi anch'essi connessi ad una rete di telecomunicazione. Essi sono classificati in pannelli a messaggio variabile, delineatori di margine e modulari di curva.

I pannelli a messaggio variabile (PMV) sono display a LED utilizzati per la comunicazione tra gestori e utenti delle reti stradali, sono capaci di fornire informazioni dinamiche non differenziate o indicazioni che normalmente sono mostrate con la segnaletica verticale o orizzontale. Essi devono presentare determinate caratteristiche rispettando i formati, le dimensioni e i colori definiti nel Codice della Strada affinché le informazioni in essi

contenute, distinte in alfanumeriche e grafiche, possano essere recepite correttamente dagli utenti.

Figura 30: Pannello a messaggio variabile

Per segnalare incroci o curve pericolose e restringimenti di carreggiata sono utilizzati i delineatori, essi, se connessi in rete, consentono la segnalazione di eventi anomali lungo la corsia di marcia, quali incidenti, con il dovuto anticipo in modo da evitare la propagazione degli stessi.

I sistemi per l'informazione all'utenza forniscono quindi informazioni utili sia nella fase che precede il viaggio sia durante esso. Le informazioni fornite nel periodo precedente al viaggio consentono di evitare congestioni sulla rete che potrebbero causare possibili incidenti mentre le informazioni fornite durante lo spostamento consentono di regolare il traffico o di avvertire il conducente di eventuali incidenti verificatisi incrementando la sicurezza stradale.

4.5 I sistemi per l'accertamento automatico delle infrazioni – Enforcement

Per Enforcement si intende l'azione di soggetti soprattutto pubblici volti ad assicurare il rispetto delle norme; nella sicurezza stradale si tratta di un aspetto molto importante in quanto, ad oggi, una delle cause principali dell'incidentalità stradale è l'inosservanza delle

regole del codice della strada, pertanto, è importante agire prima che l'incidente si verifichi bloccando il comportamento trasgressivo.

I sistemi per l'accertamento automatico delle infrazioni possono essere inizialmente distinti in base al luogo dove sono posizionati:

- Fissi se sono installati nell'area limitrofa all'elemento da monitorare, essi si dividono ulteriormente in intrusivi nel caso in cui siano installati nella pavimentazione o non intrusivi se vengono montati su pali, portali ecc.;
- Mobili se collocati a bordo di mezzi, siano essi dedicati allo scopo che non.

Una seconda classificazione effettua una distinzione tra dispositivi automatici e semi automatici: nei primi tutto il processo viene gestito in modo automatico sotto la supervisione di un agente di polizia mentre per i secondi è necessaria, per lo svolgimento di alcune operazioni, la presenza di uno o più operatori.

Queste tecnologie possono inoltre dare informazioni in tempo reale o in tempi differiti.

Tali sistemi hanno come elemento costituente fondamentale una telecamera ma possono avvalersi anche di altri dispositivi di rilevamento quali spire o radar. Nel seguito verrà data una breve panoramica sulle tecnologie ad oggi disponibili per il rilevamento automatico delle infrazioni unitamente ai benefici che possono apportare.

4.5.1 I sistemi per il rilevamento della velocità

Si tratta di dispositivi che sono in grado di accertare la velocità dei veicoli e di verificare un'eventuale violazione ai limiti imposti sul tronco stradale. Esistono differenti tipologie di rilevatori della velocità in base al fatto che la velocità rilevata sia istantanea o media.

La prima tipologia, che rileva la velocità istantanea del veicolo, può essere sia fissa, se i dispositivi sono installati a bordo strada per una contestazione differita, che mobili, in

questo secondo caso possono trovarsi sia sull'infrastruttura che su veicoli per una contestazione immediata.

I dispositivi per la rilevazione istantanea vedono come tecnologie più conosciute gli autovelox, essi sono composti di una telecamera in modo tale da permettere l'identificazione del veicolo tramite la targa e da sensori in grado di rilevare la velocità, tali sensori possono essere radar, microonde o ottici.

Il più diffuso in Italia è l'autovelox a fotocellula. Esso è dotato di due fotocellule laser per cui quando l'autoveicolo entra nel campo di azione dell'autovelox, interrompendo il fascio laser della prima fotocellula, parte un timer che si arresta al passaggio del mezzo attraverso la seconda fotocellula. Tramite la conoscenza del tempo t impiegato per attraversare lo spazio S tra le due fotocellule si può quindi risalire alla velocità v posseduta tramite la formula:

$$v = \frac{S}{t}$$

Nel caso in cui la velocità rilevata superasse il limite consentito sul tronco stradale il dispositivo provvede a scattare una fotografia della targa del veicolo. Tali autovelox possono essere posizionati su colonnine fisse a bordo della carreggiata, su un tripode nel caso di postazioni mobili o direttamente sul veicolo della polizia.

Gli apparecchi laser sono generalmente tenuti in mano dall'operatore che li punta sui veicoli di cui desidera rilevare la velocità. In questa classe rientrano i telelaser che sono composti da un fascio laser ad alta frequenza e un sensore ottico che rileva il segnale di ritorno generato dalla riflessione del laser sulla carrozzeria del veicolo. Per calcolare la velocità si può quindi sfruttare l'effetto Doppler in quanto il segnale di ritorno si modifica in base alla velocità del veicolo puntato o, in maniera alternativa, tramite il calcolo della distanza del veicolo tramite la legge:

$$d = c * t$$

in cui t è il tempo impiegato dal laser per andare e tornare indietro mentre c è la velocità della luce.

Meno diffusi sono gli apparecchi radar, i quali emettono delle onde elettromagnetiche a 24 GHz successivamente riflesse dalla carrozzeria dell'autoveicolo. La frequenza delle onde riflesse dipende dal fatto che il veicolo sia in avvicinamento o in allontanamento. La differenza tra la frequenza dell'onda emessa e quella riflessa viene quindi utilizzata per calcolare la velocità del veicolo da parte del microprocessore.

I dispositivi installati sui veicoli di polizia per il rilevamento della velocità sfruttano il calcolo della velocità relativa e, confrontandola con il tachimetro di bordo, consentono un'eventuale contestazione immediata.

Per il calcolo della velocità media in Italia è stata sviluppata e brevettata da Autostrade per l'Italia una tecnologia chiamata SICVE (Sistema informativo per il controllo della velocità), più nota con il nome di SafetyTutor , gestita dalla Polizia Stradale. Fu installata a partire dal 23 dicembre 2005 e successivamente sviluppata lungo la rete autostradale italiana fino a coprire nel 2017 più di 3100 chilometri con 333 postazioni di monitoraggio. Si distingue dai tradizionali autovelox per la presenza di spire poste nella pavimentazione stradale che permettono di riconoscere l'ingresso e l'uscita del veicolo all'interno della zona di rilevazione.

Tramite delle apposite fotocamere viene scattata una fotografia, corredata di data e ora, della targa del veicolo sia in ingresso che in uscita, esse vengono quindi accoppiate e, in base al tempo di percorrenza, viene calcolata la velocità con la stessa formula data per l'autovelox a fotocellula. La distanza a cui sono poste le due stazioni di rilevamento varia tra i 10 e i 15 chilometri, ciò è fatto non solo in modo tale da fornire una misura attendibile e incontestabile della violazione del limite stradale ma anche per non penalizzare eccessivamente coloro che superano il limite per brevissimi tratti, come accade ad esempio durante un sorpasso.

Come già ricordato ampiamente all'interno dell'elaborato l'elevata velocità costituisce una delle principali cause degli incidenti stradali e la relazione tra essa e il rischio di incidente è stata ampiamente analizzata in numerosi studi. Alcuni di essi hanno quindi posto l'attenzione sui dispositivi in grado di rilevare la velocità confermandone l'esito positivo sulla riduzione degli incidenti.

In Italia sono stati condotti numerosi studi con l'obiettivo di stimare la riduzione del tasso di incidentalità stradale apportata dal SafetyTutor e tutti hanno condotto ad un risultato simile, mostrando un decremento nel numero di incidenti che va dal massimo di 38%[64] al minimo di 31.2%[65] circa. Tuttavia, l'analisi condotta in tali studi è altamente influenzata dal tronco stradale in cui sono stati realizzati, rispettivamente la A56 Tangenziale di Napoli e la A1 Milano-Napoli, nonché dal relativamente breve periodo di osservazione. Per tenere conto di eventuali fattori di influenza dovuti alla particolare strada analizzata si riportano i risultati dell'analisi effettuata nel Dicembre del 2019 da Borsati et al.[66], in tale analisi si è evidenziato come un incremento del 10% nella copertura del SafetyTutor porti ad una riduzione del 3,9% nel numero totale di incidenti mentre si evidenziano risultati di andamento concorde a quanto previsto anche per gli incidenti fatali, sebbene tali risultati non siano statisticamente significativi.

4.5.2 Sistemi per il rilevamento infrazioni semaforiche

Nel 2019 il 16,6% degli incidenti avvenuti su strada urbana è stato causato dal non rispetto della precedenza o del semaforo, ciò corrisponde ad un valore superiore ai 27.000 incidenti. Un disincentivo a tale comportamento potrebbe essere costituito dall'installazione di dispositivi di rilevamento delle infrazioni semaforiche. Si tratta di dispositivi posizionati in corrispondenza di incroci regolati da semaforo per rilevare e sanzionare i conducenti che non rispettano le indicazioni semaforiche.

Sono spesso costituiti da una o più videocamere con illuminatori led infrarossi, due o più spire induttive elettromagnetiche affogate nell'asfalto per rilevare la presenza di un autoveicolo e una centralina elettronica collegata all'impianto semaforico.

[64] Empirical analysis of effects of automated section speed enforcement system on traffic flow at freeway bottlenecks, E. Cascetta, V. Punzo, M. Montanino, 2011

[65] Safety evaluation of automated section speed enforcement system, A. Montella, B. Persaud, M. D'Apuzzo, L. Imbriani, 2012

[66] Mattia Borsati, Michele Cascarano, Flavio Bazzana "On the impact of average speed enforcement systems in reducing highway accidents: Evidence from the Italian Safety Tutor",2019.

Il passaggio di un veicolo viene quindi rilevato dalle spire elettromagnetiche poste nella pavimentazione che, generando un campo magnetico, emettono un segnale alla centralina. Essa valuta in ogni istante i segnali provenienti dalla spira e dal semaforo. Nel caso in cui un veicolo attraversasse la prima spira in presenza della luce rossa del semaforo la centralina attiva la videocamera che registra il veicolo in avvicinamento all'incrocio, con la luce rossa del semaforo ben visibile, in modo da evitare contestazioni. Se il veicolo supera anche la seconda spira, di norma posta dopo la linea di STOP, allora il filmato viene inviato alla centrale operativa dove potrà essere redatto il verbale.

Ogni anno il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti omologa i nuovi dispositivi realizzati e commercializzati dalle aziende italiane ed estere, tali omologazioni prevedono numerosi test, prove di funzionamento e collaudo che vengono svolti direttamente su strada volti ad assicurarne il corretto funzionamento. Uno dei dispositivi omologati in Italia ad oggi più evoluti è il T-Red, presente anche nella città di Torino, si tratta di un dispositivo particolare in quanto il suo funzionamento non prevede la necessità di installare delle spire induttive nella pavimentazione. Presenta due telecamere, di cui una a colori in grado di riconoscere il colore rosso del semaforo ed immagazzinare nella sua memoria un elevato numero di immagini.

In tempo reale, il dispositivo confronta le immagini, le traiettorie e la direzione dei veicoli ed è in grado di individuare con un'elevatissima precisione il passaggio avvenuto con semaforo rosso.

La presenza di tali dispositivi nella città di Torino segnala che il non rispetto della segnaletica semaforica è un episodio tutt'altro che raro, sette mesi dopo l'accensione dei T-Red sono state oltre 65[67] mila le contravvenzioni, di cui la maggior parte per superamento della linea d'arresto mentre il 12% per aver attraversato l'incrocio.

La presenza di questi dispositivi è quindi giustificata dal tentativo di limitare questo fenomeno, le cui conseguenze più gravi riducono notevolmente la sicurezza stradale. A tal proposito saranno riportati i risultati dello studio realizzato da Hu et al[68]. nel 2011 che

[67] Basilici Menini B., Roselli M., "I furbetti del rosso presi dai "T-Red": quasi mille multe al mese", La Stampa, 13-08-2020

[68] Hu et al., "Effects of red-light camera enforcement on fatal crashes in large US cities", 2011.

si pone come obiettivo la stima degli effetti dei suddetti dispositivi sulla numerosità degli incidenti stradali.

I risultati dell'analisi di regressione di Poisson hanno mostrato che le città che hanno installato tali dispositivi, rispetto a quelle che ne erano sprovviste negli anni oggetto di studio, presentano una riduzione del 24% degli incidenti fatali causati dal passaggio con il rosso con una significatività del 10% mentre la riduzione di tutti gli incidenti, indipendentemente dalla dinamica, risulta ancora statisticamente significativa ma inferiore rispetto alla precedente (-17%).

4.5.3 Sistemi per il rilevamento infrazioni al divieto di sorpasso

Un ulteriore strumento, oltre a quelli già elencati, di supporto per il controllo delle infrazioni è il sorpassometro, termine coniato dalla Polizia Stradale per indicare i sistemi di controllo del divieto di sorpasso. Sono stati installati per la prima volta in Italia nel 2004 con l'obiettivo di ridurre gli incidenti stradali causati da una guida pericolosa; essi sono normalmente collocati sulle strade in cui è presente un divieto di sorpasso o su strade dove è particolarmente pericoloso invadere la corsia di marcia opposta, più in alto rispetto al piano viabile da controllare, tipicamente su un viadotto od un ponte.

Sono costituiti, come gli altri strumenti, di una spira che al passaggio di un veicolo attiva una telecamera, la quale invia le immagini via GPRS ad un terminale su cui è installato un software particolare in grado di rilevare se è stato effettuato un sorpasso vietato o se il veicolo non ha rispettato la segnaletica orizzontale presente sul ramo stradale.

Il loro numero non è così elevato come quello degli autovelox e molto spesso vengono tarati in modo da rilevare le infrazioni di determinate categorie di utenti come conducenti di mezzi pesanti o autobus. Il loro utilizzo inoltre può essere esteso al controllo della corsia di emergenza.

4.6 I sistemi di localizzazione automatica

I sistemi di localizzazione automatica, indicati in inglese con l'acronimo di AVL *Automatic Vehicle Location*, sono delle tecnologie che, essendo formate da una serie di dispositivi elettronici o elettromeccanici, consentono il monitoraggio e la localizzazione continua dei veicoli in maniera autonoma, ossia senza che sia necessaria l'azione del conducente del veicolo.

Affinché sia possibile localizzare un veicolo in maniera automatica possono essere utilizzati differenti sistemi:

- Rilevatori di posizione e d'informazioni a corto raggio nel caso di veicoli che compiano uno spostamento obbligato quali i treni;
- Sistemi basati sulla cella di appartenenza di un terminale in un certo istante;
- Sistemi di triangolazione o trilaterazione;
- Sistemi inerziali e odometri per cui è necessario conoscere le coordinate del punto di partenza. Tramite lo spostamento effettuato e l'associazione di esso alla cartografia è quindi possibile risalire alla posizione del veicolo che si vuole determinare.

La scelta della tecnologia da utilizzare per la localizzazione di un veicolo deve necessariamente essere coerente con l'obiettivo che si vuole ottenere, in particolare la preferenza per una tecnologia piuttosto che per un'altra deve essere basata su due fattori principali:

- Precisione di localizzazione: tecnologie differenti hanno precisione diversa. Alcune di esse permettono di conoscere la posizione dell'oggetto sotto esame con un'esattezza di un metro o anche meno mentre altre rilevano la posizione solo in determinate zone.
- Frequenza di aggiornamento: si tratta di un altro fattore importante in quanto non tutte le tecnologie sono in grado di fornire una localizzazione in tempo reale, alcune soluzioni infatti non forniscono una posizione istantanea ma rilevano i passaggi dell'oggetto che si vuole valutare a determinati intervalli di tempo o quando si giunge in determinati punti di rilevazione.

L'utilità di tali strumenti è stata ampiamente dimostrata, soprattutto nel campo della sicurezza stradale in quanto svolgono un ruolo fondamentale nella localizzazione degli incidenti stradali. Tra le tecnologie di sicurezza che sfruttano i dispositivi di localizzazione automatica è stato già indicato l'Ecall il quale consente, tramite invio di un segnale di allarme, un tempestivo soccorso.

4.6.1 I sistemi di navigazione inerziali

I sistemi di navigazione inerziali (quali accelerometri e giroscopi) sono dispositivi che, montati su di un veicolo, permettono di conoscerne la posizione, velocità e accelerazione. Sono solitamente impiegati insieme a odometri, per la misurazione del percorso lineare, ed a cartografia elettronica per la riconduzione della posizione del veicolo ad un punto di essa (map matching).

Il funzionamento è basato su delle coordinate iniziali note, fornite da un operatore esterno o un segnale GPS, che integrate con altre informazioni quali percorrenze e variazione di direzione permettono di rilevare la posizione del veicolo. Il vantaggio di tali dispositivi è quello di non necessitare di riferimenti esterni, tuttavia sono soggetti a deriva nel tempo e pertanto devono essere frequentemente ricalibrati.

Per calcolare la distanza percorsa linearmente si utilizzano gli odometri, si tratta di strumenti semplici che consentono, attraverso la misura dell'angolo di rotazione delle ruote, la misura della distanza totale. Per ogni angolo di rotazione, infatti, l'odometro potrà associare la distanza percorsa. Tale dispositivo genera degli errori nel momento in cui la macchina slitta, ossia nei casi in cui il veicolo avanza ma l'odometro non è capace di rilevare questo spostamento in quanto le ruote non si muovono, o nel momento in cui si ha una partenza con velocità eccessiva per cui la ruota gira ma la macchina non procede in avanti.

Per raccogliere anche le informazioni sulle variazioni di direzione si utilizza un giroscopio: si tratta di un dispositivo fisico rotante che, per effetto della legge di conservazione del momento angolare, tende a mantenere il proprio asse orientato secondo una direzione

fissa. Tale strumento permette quindi di calcolare la variazione del moto nelle tre direzioni. Per ottenere delle informazioni più precise vengono utilizzati, al posto di giroscopi meccanici, dei giroscopi piezoelettrici che impiegano cristalli piezoelettrici estremamente sensibili. Questi ultimi sfruttano la proprietà naturale di certi materiali che emettono una piccola differenza di potenziale se sottoposti ad una forza e pertanto sono in grado di rilevare minime variazioni di orientamento.

Unendo le informazioni date dai due dispositivi è possibile conoscere la posizione di un veicolo, tuttavia, come già evidenziato, possono essere soggetti ad errori e pertanto sono affiancati a sistemi satellitari.

4.6.2 Sistemi di trilaterazione

I sistemi di trilaterazione affondano le proprie radici negli anni ’50 e costituiscono una tecnica di localizzazione che sfrutta la conoscenza delle dimensioni di figure geometriche come cerchi, sfere o triangoli. Tale tecnologia è basata sull’emissione di un segnale da parte di tre sorgenti, il segnale viene ricevuto dal veicolo e, tramite il calcolo dei raggi delle tre circonferenze che si intersecano, è possibile determinare in maniera univoca un punto che corrisponderà alla posizione del veicolo su di un piano.

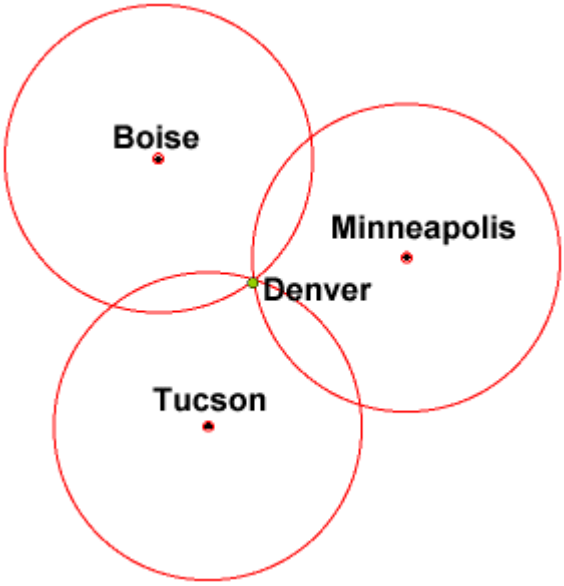


Figura 31:Funzionamento di un sistema di Trilaterazione in un piano

Il principio di funzionamento è stato poi sfruttato per la creazione dei sistemi GPS, GLONASS e GNSS con la differenza significativa che dalle due dimensioni si passa ad una localizzazione in tre dimensioni.

Il sistema di posizionamento GPS, acronimo di *Global Positioning System*, è un sistema che venne inizialmente sviluppato e gestito dal Dipartimento della Difesa degli Stati Uniti (DoD) per scopi militari e reso successivamente disponibile, pur con precisioni limitate, anche per l'impiego da parte di operatori civili. Permette di rilevare informazioni circa la posizione per qualsiasi utente sulla superficie terreste, o in sua prossimità, misurando il tempo di trasmissione del segnale che dal satellite giunge all'antenna del ricevitore. Esso è composto da tre parti:

- Il segmento spaziale;
- Il segmento di controllo;
- Il segmento utente.

La configurazione del segmento spaziale varia da un minimo di 24 ad un massimo di 32 satelliti, a seconda delle condizioni di funzionamento, che si muovono su orbite circolari ad una quota di 20.183 km.

Ad oggi il numero di satelliti in orbita è pari a 31 satelliti attivi più alcuni dismessi, parte dei quali possono essere riattivati in caso di necessità, essi sono disposti su sei piani orbitali con un'inclinazione di 55 ° sul piano equatoriale. Ogni piano orbitale dispone di 4 satelliti ed i piani sono disposti in modo tale che ogni utente possa ricevere il segnale di almeno 5 satelliti.

Il segmento di controllo è composto da:

- una stazione di controllo principale (master control station);
- una stazione di controllo principale alternativa (alternate master control station);
- quattro antenne terrestri dedicate;
- sei stazioni di controllo dedicate.

Il segmento cliente è formato da tutti i ricevitori, sia militari che civili, composti da un'antenna, un microprocessore e una sorgente di tempo.

Il funzionamento del GPS consiste nel calcolo della pseudodistanza D_i del ricevitore dal generico satellite mandato in orbita tramite la seguente formula:

$$D_i = \sqrt{(X - x_i) + (Y - y_i) + (Z - z_i)} + C * dT$$

In cui

i=1,2,3,4 indice generico satellite;

X,Y,Z= coordinate spaziali assolute del ricevitore (latitudine, longitudine e quota);

x_i, y_i, z_i= coordinate spaziali assolute del generico satellite (note);

C= velocità della luce $3 * 10^8 \ {}^{m}/_{s^2}$;

dT= scarto temporale incognito tra la base del ricevitore e quella del sistema satellitare.

Il termine pseudodistanza deriva dal fatto che l'orologio di riferimento del sistema di ricezione non è sincronizzato con quello del satellite che ha emesso il segnale, pertanto si tratta di una distanza geometrica affetta da un errore di disallineamento di scale di tempi. Tale disallineamento temporale è un'incognita del sistema di navigazione, perciò sono necessari almeno 4 satelliti per fornire l'informazione circa la localizzazione geografica, in modo da effettuare la cosiddetta triangolazione satellitare.

I dati GPS sono trasmessi utilizzando due frequenze portanti: una per uso militare e l'altra per uso civile (L1 1575.42 MHz e L2 1227.6 MHz). Vengono impiegati codici diversi: P-code di precisione per uso militare e C/A-code per uso civile. Il segnale di precisione (P-code) è trasmesso su entrambe le frequenze, mentre il segnale non di precisione (C/A-code) è trasmesso soltanto sulla frequenza L1.

Il sistema di posizionamento GPS non garantisce però i tre elementi fondamentali: accuratezza o precisione, continuità e integrità del segnale nel tempo in quanto essendo proprietà degli Stati Uniti d'America ed essendo gestito da militari essi potrebbero decidere

in maniera discrezionale e unilaterale di introdurre errori casuali per ridurne l'accuratezza o di interrompere la continuità del servizio europeo.

Per ovviare a questi problemi, un primo passo per migliorare l'accuratezza e la precisione è stato quello di introdurre il sistema geostazionario europeo di navigazione di sovrapposizione EGNOS, si tratta di un sistema sviluppato dall'Agenzia Spaziale Europea, dalla Commissione Europea e da EUROCONTROL. È costituito da una rete di satelliti lanciati in orbita sul continente europeo che costituiscono delle stazioni differenziali per migliorare la qualità e quindi la precisione e l'accuratezza del segnale. Avere un'accuratezza maggiore è di fondamentale importanza per lo sviluppo di sistemi che incrementino la sicurezza stradale, l'integrazione del sistema EGNOS con reti TETRAPOL, ad esempio, permette di monitorare carichi pericolosi o lanciare SOS guidando i soccorritori.

Come alternativa al sistema GPS, controllato dagli Stati Uniti d'America è stato sviluppato in Europa un sistema di posizionamento e navigazione satellitare civile europeo, il sistema di posizionamento Galileo. Esso, al contrario del sistema GPS, è rivolto principalmente al settore civile-commerciale ed è composto da 30 satelliti di cui 27 operativi, disposti in un numero pari a 9 per ogni piano orbitale, e 3 sostitutivi nel caso di un satellite mal funzionante.

I principali obiettivi di tale sistema di posizionamento sono:

- maggiore accuratezza nella geo-localizzazione rispetto a quella fornita dal sistema GPS;
- incremento della copertura dei satelliti;
- alta disponibilità del segnale nelle aree urbane;
- affidabilità certificata, con un messaggio che avverte di eventuali perdite di integrità nel segnale;
- elevata continuità del servizio.

Nonostante il servizio offerto da tale sistema sia indipendente rispetto a quello fornito dal sistema GPS, i due sistemi saranno comunque compatibili e possono essere utilizzati congiuntamente.

4.7 Strumenti per il monitoraggio del traffico

L'estrema varietà e complessità dei fenomeni di traffico sulla rete stradale negli anni ha accresciuto l'esigenza di monitorare e controllare i flussi di traffico. Il rilevamento dei dati di traffico può essere effettuato tramite diverse tecnologie distinguibili in due classi principali, a seconda del loro posizionamento in:

- strumenti installati nel manto stradale;
- strumenti installati sopra il livello della strada.

Nella prima categoria rientrano i sistemi quali spire induttive, magnetometri, sistemi acustici passivi o piezo-elettrici mentre nella seconda categoria si trovano principalmente sistemi di video rilevamento, microonde, infrarossi, ultrasuoni o sistemi pneumatici.

Tutti questi sistemi possono poi essere integrati tra di loro dando vita alle cosiddette reti di sensori senza fili costituite da dispositivi che si alimentano a batteria o sistemi passivi, che in quanto tali non hanno necessità di essere alimentati.

Il vantaggio apportato dalle reti di sensori è quello di permettere una conoscenza migliore delle condizioni di traffico e ambientali.

La realizzazione di sistemi in grado di monitorare il traffico permette di incrementare la sicurezza delle strade grazie alla conoscenza preventiva di informazioni quali l'intensità del traffico, le caratteristiche del flusso veicolare su un determinato arco stradale e le condizioni atmosferiche.

4.7.1 Spire induttive

Le spire induttive sono realizzate essenzialmente da un circuito di materiale conduttore, tipicamente rame. Tali spire, inserite all'interno di un taglio realizzato nella pavimentazione e successivamente ricoperte con del materiale sigillante, sono percorse da una corrente che genera una variazione di induttanza al momento del passaggio di un veicolo. La

variazione di induttanza generata dal passaggio della massa metallica del veicolo permette quindi la rilevazione dei veicoli stradali.

I vantaggi sono principalmente legati al basso costo ed al fatto che il loro funzionamento non è influenzato dalle variazioni atmosferiche mentre gli svantaggi principali sono collegati alla fase di installazione e manutenzione in quanto comportano la chiusura della strada.

4.7.2 Video Rilevamento

I sistemi di video rilevamento sono sistemi basati sull'utilizzo di una o più telecamere installate in posizioni fisse sopra la carreggiata, orientate in modo tale da poter osservare il flusso dei veicoli.

I principali vantaggi di questi dispositivi risiedono nel permettere la rilevazione di situazioni anomale quali incidenti, l'identificazione dei veicoli tramite riconoscimento della targa, la misura della lunghezza delle code e la possibilità di utilizzare le immagini per rielaborazioni successive. La loro precisione è tuttavia inferiore rispetto a quella delle spire magnetiche.

L'installazione di tali dispositivi risulta meno problematica rispetto ai dispositivi precedenti in quanto non richiede l'interruzione del traffico, tuttavia le telecamere devono essere poste in punti precisi in modo da non ostacolare la visibilità dell'obbiettivo, inoltre, la manutenzione dev'essere effettuata frequentemente.

I sistemi di video rilevamento sono basati su tre principi di funzionamento:

- il primo simula la presenza di una spira posta sulla carreggiata, la presenza di un veicolo viene individuata tramite le variazioni nella scala dei grigi dei pixel che compongono la zona di selezione;
- il secondo è basato su un funzionamento simile con la differenza che in questo caso le spire non sono semplicemente sovrapposte all'immagine ma sono realmente disegnate sulla carreggiata. Ciò consente di confrontare le immagini

con una di riferimento permettendo di identificare il momento in cui avviene il passaggio di un veicolo;

- il terzo principio è utilizzato per il tracciamento di oggetti.

4.7.3 Microonde, infrarossi e ultrasuoni

Si tratta di sensori che possono essere utilizzati in differenti modalità:

- Con radar (microonde): si tratta di strumenti posti a bordo strada, in senso opposto alla direzione di marcia e generalmente indirizzati su una singola corsia, sfruttano il principio Doppler per identificare il passaggio di un veicolo;
- Con radar (microonde): posizionati in alto in modo da consentire l'identificazione dei flussi su un numero maggiore di corsie, non utilizzano il principio Doppler;
- Con infrarossi o ultrasuoni: essi sono generalmente posti sopra la carreggiata.

In base alla posizione in cui vengono installati permettono quindi il monitoraggio di una zona più o meno ampia.

I sistemi ad infrarossi si suddividono ulteriormente in sensori ad infrarossi attivi e sensori ad infrarossi passivi. I primi, utilizzati in *mode reflex*, sono caratterizzati da un laser che emette dei raggi i quali vengono interrotti dalla superficie riflettente del veicolo che transita. L'analisi del raggio riflesso permette quindi di conoscere ulteriori informazioni del veicolo, oltre a rilevarne la presenza, come la distanza dal laser, la lunghezza, l'altezza o la velocità, rilevata tramite osservazione del tempo che intercorre tra l'interruzione di due raggi laser consecutivi posti a distanza nota. I secondi permettono di identificare la presenza di un oggetto non tramite l'emissione di un segnale ma tramite il rilevamento dell'energia infrarossa emessa dagli oggetti.

I sensori ad ultrasuoni utilizzano per il loro funzionamento soprattutto materiali piezo-elettrici, operano ad una frequenza di 25-30 kHz, sono di piccole dimensioni e non richiedono elevata manutenzione.

4.7. Altri Sensori

Oltre ai i sensori sopracitati esistono:

- sensori acustici passivi che misurano i segnali acustici provenienti dai veicoli tramite batterie di microfoni che registrano l'avvicinamento dei veicoli;
- sensori piezo-elettrici costituiti da una fascia metallica posta sulla pavimentazione stradale che viene polarizzata ogni qual volta un mezzo transita al di sopra, sono utilizzati soprattutto per monitorare il peso dei veicoli in movimento, per il loro conteggio e riconoscimento.
- Pneumatici realizzati da un tubo flessibile che viene compresso dal passaggio dei veicoli. Tale compressione provoca un'onda di pressione che viene analizzata da un contatore. Essi, come i sensori piezo-elettrici sono caratterizzati da errori di sottostima nel caso in cui ci sia il passaggio di più veicoli affiancati.

5. Capitolo Quinto: Elaborazione dati – Regione Piemonte

Nei capitoli precedenti è stata fornita una panoramica del fenomeno dell'incidentalità stradale e delle tecnologie ad oggi disponibili orientate al miglioramento della sicurezza in termini di prevenzione degli incidenti.

Prima di introdurre la restante parte del capitolo merita ricordare che il principale obiettivo dell'elaborato è quello di valutare i possibili vantaggi derivanti dall'applicazione di differenti tecnologie, di cui si darà conto nel paragrafo 6.3, attraverso l'analisi del fenomeno dell'incidentalità stradale sul territorio Piemontese, con particolare riguardo ai costi sanitari.

Pertanto, il capitolo 5 sarà dedicato all'analisi delle informazioni sui soccorsi e sui ricoveri a seguito di un incidente stradale mentre una particolare attenzione all'aspetto economico verrà posta all'interno del capitolo successivo in cui le potenzialità delle differenti tecnologie, emerse tramite lo studio dello stato dell'arte, saranno valutate per stimare i benefici economici che la sanità pubblica potrebbe ottenere, non dimenticando che i costi di ospedalizzazione costituiscono solo una parte dei rilevanti costi sociali legati agli incidenti stradali.

L'originalità dell'approccio che caratterizza questo lavoro si basa sulla scelta di aver elaborato un database, a partire da una serie di flussi di dati (118, pronto soccorso, schede di dimissione ospedaliera, ecc.), strutturato attraverso l'utilizzo di un'apposita codifica ("E") presente nelle schede di dimissione ospedaliera (SDO). Tale codifica ha permesso, non solo la classificazione delle cause esterne di traumatismo (es. tipologie di incidenti da traffico di veicolo a motore), ma soprattutto la ricostruzione dell'intero percorso (intervento del 118, passaggio in Pronto Soccorso, ricovero ospedaliero) di ogni singolo caso esaminato.

In tal modo, pur a fronte di una riduzione della casistica, legata all'incompletezza della compilazione delle SDO, sul totale dei traumi stradali, l'approccio prescelto ha consentito di ottenere una migliore accuratezza di inquadramento dei casi esaminati, più funzionale agli obiettivi del presente lavoro.

I dati sanitari, che saranno dettagliati nei capitoli successivi, sono stati resi disponibili dalla Regione Piemonte, Direzione Sanità e Welfare, Assessorato Sanità, Livelli Essenziali di Assistenza ed Edilizia Sanitaria[69].

I dati sanitari sono stati trattati nel pieno rispetto della vigente normativa in materia (D.lgs. n 196/2003 e s.m.i).

5.1 Fonti

Nel presente capitolo verrà effettuata un'analisi dei dati relativi ai soccorsi e ai ricoveri a seguito di incidenti stradali che si sono verificati in Piemonte nel corso di tre anni consecutivi: 2017, 2018, 2019.

Come già anticipato nell'introduzione al presente capitolo, per realizzare tale analisi si è partiti dall'elaborazione dei dati sanitari resi disponibili dalla Regione Piemonte, Direzione Sanità e Welfare, Assessorato Sanità, Livelli Essenziali di Assistenza ed Edilizia Sanitaria[68].

Le informazioni raccolte nel triennio indicato sono relative, in particolare, ai seguenti flussi di dati:

- Centrale Operativa 118 e Servizi di Emergenza Urgenza/Pronto Soccorso;
- Schede di Dimissione Ospedaliera (SDO).

Rispetto al primo flusso è utile ricordare che, in Piemonte, la struttura organizzativa del Dipartimento Interaziendale funzionale dell'emergenza sanitaria territoriale 118 si articola in sei strutture complesse nelle Aziende Sanitarie Regionali (ASR) di seguito indicate:

- ASL CN1 a cui afferiscono le strutture complesse Maxiemergenza 118 ed Emergenza sanitaria Territoriale 118;
- AOU Città della Salute e della Scienza di Torino a cui afferiscono le strutture complesse Elisoccorso ed Emergenza Territoriale 118;

[69] Estrazione dati effettuata dal CSI Piemonte, curata dal Dott. Giuseppe Mianulli.

- AOU Maggiore della Carità di Novara a cui afferisce la S.C. Emergenza Sanitaria Territoriale 118;
- AO SS. Antonio e Biagio e Cesare Arrigo di Alessandria a cui afferisce la S.C. Emergenza Sanitaria Territoriale 118.

I Servizi di Emergenza Urgenza (ex D.G.R. 19 novembre 2014, n. 1-600 "Adeguamento della rete ospedaliera agli standard della legge 135/2012 e del Patto per la Salute 2014/2016 e linee di indirizzo per lo sviluppo della rete territoriale") sono invece strutturati in una rete organizzata in varie aree geografiche (es. Torino nord, Piemonte nord-est, ecc.) con individuazione di 6 Hub (DEA di II livello, come ad es. AOU Città della Salute e della Scienza di Torino, AOU Maggiore della Carità di Novara), 20 Spoke (DEA di I livello, come ad es. Ospedale Maria Vittoria di Torino, Ospedale di Asti, ecc.), 8 ospedali di base con PS (es. Ospedale di Carmagnola, Presidio sanitario Gradenigo, Ospedale di Saluzzo, ecc.) e 4 PS di area disagiata (es. Ospedali di Cuorgnè e Ceva).

La funzione delle Centrali Operative 118 è svolta in maniera omogenea sul territorio regionale attraverso la ricezione e gestione delle richieste di soccorso inoltrate dal NUE 112 mentre le quattro Centrali Operative 118 hanno ambito di competenza provinciale o sovra provinciale.

L'intera attività operativa delle Centrali Operative 118 in Piemonte è registrata attraverso un database dedicato le cui informazioni, integrate con quelle provenienti dai Servizi di Emergenza Urgenza, alimentano il flusso informativo regionale denominato EMUR (Emergenza-Urgenza) per il monitoraggio delle prestazioni erogate nell'ambito dell'assistenza sanitaria in emergenza-urgenza da parte del 118.

Nel triennio di interesse, la presenza di alcuni limiti tecnici prevalentemente legati alla compilazione manuale della cosiddetta scheda ambulanza svolta sul mezzo mobile, ha determinato alcune criticità nel collegamento dei due database citati. Ciò ha comportato la scelta di analizzare, accanto ai dati provenienti da altri flussi (es. SDO), anche i dati aggregati del 118.

Il secondo flusso esaminato (SDO) riguarda invece le informazioni relative ai ricoveri ospedalieri. Il tracciato SDO contiene infatti i dati relativi ai pazienti dimessi al termine di

un iter sanitario in regime di ricovero, descrivendo le patologie che hanno determinato il ricorso alle strutture sanitarie e le procedure diagnostiche e terapeutiche erogate.

Le informazioni cliniche contenute nelle SDO rappresentano inoltre lo strumento fondamentale per ricavare i processi di remunerazione delle prestazioni di assistenza ospedaliera tramite il sistema DRG (Diagnosis Related Group).

I campi di interesse oggetto di estrazione e comuni ad entrambi i flussi hanno riguardato:

- Caso in esame: ad ogni caso è stato assegnato, già al momento dell'estrazione dalla banca dati regionale, un codice numerico a garanzia della non identificabilità, in alcun modo, delle persone soccorse e/o ricoverate a seguito di incidenti stradali. Allo stesso caso presente in entrambi i flussi è stato attribuito il medesimo codice per poterne ricostruire il percorso (es. la vittima di un incidente che viene trasportata in ambulanza in Pronto Soccorso e successivamente ricoverata), gli esiti e i relativi costi di ospedalizzazione;
- Genere;
- Età. È stato scelto il raggruppamento utilizzato nell'analisi ACI-ISTAT dei dati di incidentalità stradale e cioè i gruppi 0-4, 5-9, 10-14, 15-19, 20-24, 25-29, 30-34, 35-39, 40-44, 45-49, 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, 75-79, 80-84, 85-89, > 90;
- Nazionalità;
- Struttura ed azienda sanitaria erogante (es. Ospedale Maria Vittoria/ASL Città di Torino)

Il database appositamente realizzato contiene al suo interno le informazioni relative a:

- Informazioni anagrafiche del paziente ossia codice identificativo anonimo, anno di competenza, sesso, fascia d'età e nazionalità;
- Dati Pronto Soccorso;
- Dati di ricovero contenuti all'interno delle schede di Dimissione Ospedaliera, SDO, che costituiscono una rappresentazione sintetica e fedele della cartella clinica, opportunamente anonimizzata, al fine di permettere la raccolta delle principali informazioni.

Per una più facile comprensione della metodologia utilizzata e dei risultati ottenuti verrà effettuata anche una breve descrizione delle informazioni specifiche contenute all'interno dei due flussi oggetto di analisi.

5.1.1 Flusso informativo EMUR (118 e Servizi di Emergenza Urgenza)

Le informazioni specifiche contenute all'interno del flusso EMUR che sono state oggetto di estrazione sono state le seguenti:

- Codice e Modalità di arrivo (Ambulanza 118, Altra Ambulanza, Autonomo ossia arrivato con mezzi propri, Elicottero 118, Altro Elicottero, Mezzo di soccorso 118 di altre regioni, Altro, Non rilevato);
- Anno, mese, giorno della settimana e ora di entrata in Pronto Soccorso;
- Diagnosi Pronto Soccorso basata sulla classificazione ICD-9-CM (International Classification of Diseases - 9th revision - Clinical Modification) che verrà descritta all'interno del paragrafo 5.1.2;
- Codice e descrizione della modalità di dimissione tra cui: dimissione a domicilio, ricoverato nella stessa struttura, trasferito ad altra struttura di ricovero, trasferito in altro PS della stessa Azienda, rifiuta il ricovero, deceduto.

Tali informazioni sono estremamente importanti in quanto è possibile comprendere non solo in quale struttura sia stato ricoverato il paziente e con quale diagnosi ma anche quale sia stato il suo percorso sanitario. Conoscendo il percorso compiuto da ciascun paziente è infatti possibile individuare se sia arrivato in pronto soccorso in maniera autonoma o tramite mezzi di soccorso, fornendo informazioni utili circa i fattori che influiscono sul costo sanitario totale.

5.1.2 Flusso informativo Schede di Dimissione Ospedaliera SDO

La Scheda di Dimissione Ospedaliera viene definita all'interno delle Linee guida ministeriali[70] come una "rappresentazione sintetica e fedele della cartella clinica, finalizzata a consentire la raccolta sistematica, economica e di qualità controllabile delle principali informazioni contenute nella cartella stessa".

La loro compilazione e la codifica delle informazioni in essa contenute vanno effettuate nel rigoroso rispetto delle linee guida nazionali e regionali. Costituiscono pertanto un importante strumento di raccolta delle informazioni di tutti i pazienti che sono stati ricoverati in strutture ospedaliere, sia esse pubbliche o private.

Le informazioni contenute all'interno delle SDO sono distinguibili in differenti tipologie; comprendono infatti le caratteristiche anagrafiche del paziente quali età, genere, residenza ecc., le caratteristiche del ricovero (es. regime di ricovero, modalità di dimissione, ecc.) e infine le caratteristiche cliniche come ad esempio la diagnosi principale, diagnosi concomitanti, procedure diagnostiche o terapeutiche, ecc. .

Il Ministero della Salute indica che "a partire dal primo gennaio 2009, per la codifica delle diagnosi (principale e secondarie) nonché delle procedure (principale e secondarie) contenute nella SDO, viene adottata su tutto il territorio nazionale la versione 2007 della classificazione ICD-9-CM (International Classification of Diseases - 9th revision - Clinical Modification)" [71].

Il Codice ICD-9-CM è un sistema internazionale di classificazione di malattie e traumi in gruppi basati su criteri ben definiti, derivante dalla Classificazione ICD-9 dell'Organizzazione Mondiale della Sanità. Tale classificazione comprende 17 capitoli di cui 10 sono dedicati a specifici organi o apparati anatomici mentre i restanti 7 descrivono specifiche tipologie di condizioni che interessano l'intero organismo.

All'interno di tale classificazione è presente anche una "Classificazione supplementare delle cause esterne di traumatismo e avvelenamento", di tipo alfanumerico, che consente di

[70] Linee guida ministeriali 17.6.1992 "La compilazione, la codifica e la gestione della scheda di dimissione ospedaliera istituita ex D.M. 28.12.1991"
[71] Ministero della Salute, "Il sistema di classificazione", https://www.salute.gov.it.

descrivere gli eventi, le circostanze o le condizioni che hanno causato il traumatismo, l'avvelenamento o altri fattori avversi.

Tali codici hanno l'obiettivo di migliorare la capacità descrittiva dei codici ICD-9-CM in quanto descrivono come il traumatismo o l'avvelenamento si è verificato, dove tale evento si è verificato e l'intenzionalità (se accidentale, oppure se intenzionale ad es. nel caso di un suicidio).

L'utilizzo della classificazione supplementare dei codici "E" è quindi di fondamentale importanza in quanto permette l'identificazione e l'analisi delle principali modalità di incidente, consentendo di identificarne in modo univoco la natura (traumatica, domestica, lavorativa, ecc.) anche al fine di individuare strategie di prevenzione, implementando strumenti e metodologie nell'ambito di programmi nazionali e regionali orientati alla sicurezza.

Ai fini del presente lavoro, tra le tante informazioni contenute nel flusso SDO, quelle oggetto di estrazione sono state le seguenti:

- Data del ricovero;
- Motivi del ricovero;
- Codice ICD-9-CM attribuito alla diagnosi e descrizione. Sono stati selezionati esclusivamente i codici che, nel capitolo "Traumatismi e avvelenamenti" (800-999) della classificazione ICD-9-CM erano riferibili a lesioni traumatiche da incidente stradale e precisamente: frattura (800-829), lussazioni (830-839), distorsioni e distrazioni delle articolazioni e dei muscoli adiacenti (840-848), traumatismi intracranici, esclusi quelli associati a frattura del cranio (850-854), traumatismi interni del torace, dell'addome e della pelvi (860-869), ferite aperte (870-897), ferite aperte di testa, collo e tronco (870-879), ferite dell'arto superiore (880-887), ferite dell'arto inferiore (890-897), traumatismi dei vasi sanguigni (900-904), postumi di traumatismi, avvelenamenti, effetti tossici ed altre cause esterne (905-909), traumatismi superficiali (910-919), contusioni senza soluzione di continuo (920-924), schiacciamento (925-929), effetti da corpo estraneo penetrato attraverso un orifizio naturale (930-939), ustioni (940-949), traumatismi dei nervi e del midollo spinale (950-957), alcune complicazioni traumatiche e traumatismi non specificati (958-959).

- Classificazione supplementare delle cause esterne di traumatismo e avvelenamento. Come già accennato si tratta di una codifica importante, di tipo alfanumerico, che consente di descrivere gli eventi, le circostanze o le condizioni che hanno causato il traumatismo (elemento oggetto di valutazione del presente lavoro), l'avvelenamento o altri fattori avversi. Essa permette di migliorare la capacità descrittiva dei codici ICD-9-CM e pertanto non deve essere intesa come un suo sostituto ma, appunto, come un complemento. I codici "E" infatti possono essere utilizzati in associazione con qualunque codice di diagnosi che indichi un traumatismo, un avvelenamento o un danno determinato da una causa esterna. Nel caso sia possibile assegnare un solo codice "E", deve essere selezionato quello maggiormente correlato con la diagnosi principale. I codici "E" oggetto di estrazione sono stati quelli identificativi di un incidente stradale e cioè: "Incidente da traffico di veicolo a motore" (E810-E819), "Altri incidenti di veicoli stradali" (E826-E829), "Postumi di traumatismi accidentali" (E929).
- Data di dimissione e numero delle giornate di degenza;
- Ordine diagnosi di dimissione per cui si distingue tra diagnosi principale e diagnosi secondarie. La prima viene definita come la condizione morbosa, identificata alla fine del ricovero, che risulta essere la principale responsabile del bisogno di trattamento o di indagini diagnostiche, mentre la seconda è una condizione che può essere presente sia al momento del ricovero o svilupparsi in un momento successivo e che influenza il trattamento ricevuto o la durata della degenza. Si deve intendere quest'ultima, quindi, come una condizione diversa dalla diagnosi principale ma che influenza l'assistenza erogata al paziente in maniera più o meno importante.
- Modalità di dimissione: dimissione ordinaria al domicilio del paziente, dimissione ordinaria presso una struttura residenziale territoriale, dimissione al domicilio del paziente con attivazione di assistenza domiciliare, dimissione volontaria, trasferimento ad un altro istituto di cura per acuti (pubblico o privato), trasferimento ad altro regime di ricovero (Day Hospital o Ricovero Ordinario) o ad altro tipo di attività di ricovero (acuti, riabilitazione, lungodegenza) nell'ambito dello stesso istituto di cura, trasferimento ad istituto pubblico o privato di riabilitazione o di altra postacuzie (o in reparto pediatrico a minor intensità), CAVS (Continuità

Assistenziale a Valenza Sanitaria), dimissione presso Istituti di attività extra-ospedaliera (Hospice, Riabilitazione extraospedaliera ex art.26, Assistenza soggetti in stato vegetativo permanente), dimissione ordinaria con attivazione ADI (Assistenza Domiciliare Integrata), deceduto.

- Costo della degenza calcolato tramite sistema DRG (*Diagnosis Related Group).* Si tratta di un sistema di classificazione che si basa su raggruppamenti omogenei di diagnosi. Consente di descrivere la complessità assistenziale della casistica dei pazienti di ospedali per acuti tramite la definizione di categorie cliniche omogenee per risorse assorbite. Pertanto, la classificazione permette di esprimere le risorse destinate ad un paziente sulla base dell'assistenza clinica ad esso prestata, partendo dal presupposto per cui malattie simili, trattate in reparti ospedalieri simili, comportano approssimativamente lo stesso consumo di risorse umane e materiali. Le tariffe vigenti sono quelle stabilite con apposito provvedimento (D.M. 18 ottobre 2012) dal Ministero della Salute. Poiché le tariffe hanno carattere di remunerazione omnicomprensiva del profilo di trattamento mediamente associato alla corrispondente categoria di ricoveri, possono riflettere politiche di programmazione sanitaria mirate ad incentivare le modalità terapeutiche e/o organizzative ritenute più efficaci e più appropriate e a disincentivare quelle ritenute inappropriate. Pertanto, le tariffe dei singoli DRG vengono definite a livello regionale sulla base del costo standard di produzione e si riferiscono al costo medio dell'assistenza per tutti i pazienti attribuiti allo stesso DRG.

5.2 Metodologia

Come anticipato nell'introduzione al presente capitolo, l'analisi dei due flussi informativi (EMUR e SDO) ha consentito l'elaborazione di un database costruito a partire dai codici "E", cioè dalla classificazione delle cause esterne di traumatismo. Ciò ha permesso di ricostruire l'intero percorso sanitario, a partire dall'intervento del 118 fino ad arrivare all'eventuale ricovero ospedaliero, di ogni singolo caso esaminato. La migliore accuratezza ha quindi

permesso una lettura dei casi esaminati più adeguata e coerente agli obiettivi del presente lavoro.

Sono stati raccolti pertanto tutti i pazienti che presentavano un codice supplementare appartenente ad una delle seguenti categorie:

- Incidente da traffico di veicolo a motore (E810-E819);
- Altri incidenti di veicoli stradali (E826-E829);
- Postumi di traumatismi accidentali (E929).

In seguito, dalla descrizione associata a ciascun codice "E", consultabile nell'elenco sistematico delle malattie e dei traumatismi presso la pagina web del Ministero della Salute[72] e riportata nella tabella sottostante, è stato possibile identificare la dinamica che ha caratterizzato l'incidente secondo le modalità descrittive presenti nella classificazione ICD-9-CM.

Codice	Descrizione
E810-E919	INCIDENTE DA TRAFFICO DI VEICOLO A MOTORE
E810	Incidente da traffico di veicolo a motore riguardante collisione con il treno
E811	Incidente da traffico di veicolo a motore rientrante che riguarda la collisione con un altro veicolo a motore
E812	Altro incidente da traffico di veicolo a motore riguardante la collisione con veicolo a motore
E813	Incidente da traffico di veicolo a motore riguardante collisione con altro veicolo
E814	Incidente da traffico di veicolo a motore riguardante collisione con pedone
E815	Altro incidente da traffico di veicolo a motore riguardante collisione su strada pubblica
E816	Incidente di veicolo a motore da traffico dovuto alla perdita di controllo, senza collisione sulla strada pubblica
E817	Incidente senza collisione di veicolo a motore da traffico mentre si sale a bordo o si scende
E818	Altro incidente senza collisione di veicolo a motore da traffico
E819	Incidente da veicolo a motore da traffico di natura non specificata
E826-E829	ALTRI INCIDENTI DI VEICOLI STRADALI
E826	Incidente con cicli a pedali
E827	Incidente di veicolo a trazione animale
E828	Incidente di animali cavalcati
E929	Postumi di traumatismi accidentali

Tabella 4:Codici E – Descrizione

L'identificazione della dinamica associata ai vari incidenti ha permesso di definire alcuni scenari in cui la presenza e l'intervento di un dispositivo ADAS avrebbe potuto apportare un beneficio, consentendo di ridurre la probabilità o addirittura evitare il verificarsi dell'incidente stesso. Il numero di scenari individuati è pari a tre: "Incidenti per Collisione, "Incidenti per fuoriuscita di corsia", "Incidenti per perdita di controllo".

Gli incidenti appartenenti ai codici E810, E812, E813, E814 ed E815 che descrivono gli incidenti da traffico di veicolo a motore riguardanti la collisione rispettivamente con treno,

[72] Ministero della Salute, "Il manuale ICD9CM", https://www.salute.gov.it

con altro veicolo a motore, con altro veicolo non a motore, con pedone e su strada pubblica sono stati accorpati in un'unica classificazione denominata "Incidenti per Collisione".

I sinistri caratterizzati dal codice E811 a cui è associata la descrizione "Incidente da traffico di veicolo a motore rientrante riguardante la collisione con altro veicolo a motore" sono stati rinominati in "Incidenti per fuoriuscita di corsia" in quanto essi includono le collisioni tra veicolo a motore che lascia accidentalmente o volontariamente la corsia di marcia e rientra sulla stessa corsia, o sulla corsia opposta su strada pubblica separata, e altro veicolo a motore.

Infine, gli incidenti appartenenti al codice E816 che descrivono incidenti di veicolo a motore da traffico dovuti alla perdita di controllo, senza collisione su strada pubblica (errore nell'affrontare una curva, ribaltamento del veicolo, ecc.) sono stati catalogati sotto il nome di "Incidenti per Perdita di Controllo".

Le restanti tipologie di incidenti, sebbene rientrassero nella categoria più generale degli incidenti stradali contemplati all'interno della classificazione "E", sono stati esclusi dall'analisi successiva in quanto non è stato possibile identificare per essi un tipo particolare di tecnologia di ausilio alla guida utile a contrastare il verificarsi dell'incidente. L'esclusione ha pertanto riguardato gli incidenti con dinamica non specificata o causati da mezzo di trasporto non idoneo all'installazione di tali dispositivi. Le motivazioni specifiche dell'esclusione di ciascun codice sono riportate nella tabella sottostante.

Codice	Descrizione	Motivo Esclusione
E817	Incidente senza collisione di veicolo a motore da traffico mentre si sale a bordo o si scend	Impossibilità nell'identificare un dispositivo di ausilio alla guida per il tipo di dinamica
E818	Altro incidente senza collisione di veicolo a motore da traffico	Dinamica non specificata
E819	Incidente da veicolo a motore da traffico di natura non specificata	Dinamica non specificata
E826-E829	ALTRI INCIDENTI DI VEICOLI STRADALI	
E826	Incidente con cicli a pedali	Mezzo non idoneo all'installazione dei dispositivi
E827	Incidente di veicolo a trazione animale	Mezzo non idoneo all'installazione dei dispositivi
E828	Incidente di animali cavalcati	Mezzo non idoneo all'installazione dei dispositivi
E929	Postumi di traumatismi accidentali	Dinamica non specificata

Tabella 5: Motivazioni Esclusione Codici Incidente stradale

I tre scenari indicati sono stati successivamente analizzati secondo diversi criteri per indagare un particolare aspetto o un fenomeno ricorrente dello scenario considerato e cioè:

- genere di appartenenza: volta a determinare se ci sia una predominanza di genere in uno specifico scenario di incidente;

- età, suddivisa in fasce, studiata per evidenziare se negli scenari considerati esista una maggiore vulnerabilità di alcune fasce o una maggiore severità dei traumatismi e dei loro esiti.
- Nazionalità: tale parametro è stato analizzato per capire quali nazionalità (area UE ed extra UE) fossero coinvolte nella tipologia di incidenti oggetto di indagine.
- tipologia di soggetti infortunati: tale informazione è stata ottenuta dall'analisi dell'ultima cifra del codice "E" che serve a identificare la persona infortunata in un incidente. Nella tabella sottostante sono riportati, per ogni quarta cifra del codice E, la corrispettiva tipologia di infortunato.

Cifra	Infortunato
0	Conducente di veicolo a motore diverso da motociclo
1	Passeggero su veicolo a motore diverso da motociclo
2	Motociclista
3	Passeggero su motociclo
4	Occupante di tram
5	Conducente di animali; occupanti di veicoli guidati da animali
6	Ciclista
7	Pedone
8	Altre persone specifiche
9	Persone non specificate

Tabella 6: Tabella di corrispondenza Quarta Cifra - Tipologia di Infortunato

- Struttura sanitaria di ricovero: allo scopo di identificare la distribuzione geografica della casistica sul territorio regionale è stata effettuata un'analisi per Azienda Sanitaria/Presidio ospedaliero di ricovero. Tale analisi ha innanzitutto l'obiettivo di valutare una maggiore o minore accuratezza nella compilazione delle SDO, con riguardo alla codifica delle cause esterne di traumatismo (codice "E"), da parte dell'ospedale e l'eventuale ricaduta di tale fattore sull'identificazione di determinate zone a maggior frequenza di incidenti stradali caratterizzati da una particolare dinamica.
- modalità di dimissione: identificare e analizzare la modalità di dimissione propria di ciascun caso permette di effettuare una prima stima circa la gravità degli esiti, consentendo di individuare la percentuale dei pazienti deceduti o di coloro che sono stati trasferiti verso altre strutture per ulteriori cure rispetto ai pazienti dimessi al proprio domicilio. Le prime due modalità di dimissione indicano infatti una maggiore gravità delle lesioni riportate dal paziente rispetto a coloro che vengono dimessi ordinariamente al proprio domicilio.

- distretto corporeo interessato dal trauma: tale analisi è stata realizzata suddividendo la casistica in esame secondo il distretto corporeo coinvolto[73]. Per fare ciò ci si è serviti della classificazione Eurocost, che permette di classificare le lesioni secondo gruppi diagnostici a diversa probabilità di invalidità permanente. In particolare, tale classificazione associa ad ogni codice ICD-9-CM appartenente ad una diagnosi principale il corrispettivo distretto anatomico di appartenenza, come evidente nella tabella posta in appendice. Poiché gli esiti funzionali (temporanei e permanenti) sono strettamente collegati al tipo ed alla localizzazione anatomica, l'uso di tale modello appare utile anche per calcolare i costi relativi all'ospedalizzazione a seguito di incidente stradale.

Per ogni distretto corporeo in tabella 5 sono stati quindi calcolati due parametri:

- Degenza media;
- Costo medio.

I due parametri indicano rispettivamente le giornate di degenza che mediamente sono associate ad un ricoverato da incidente stradale e le risorse economiche spese per tale degenza . È tramite quest'ultimo parametro che è stato possibile calcolare, tramite una media pesata tra i vari distretti corporei, il costo medio di un ricovero per un particolare tipo di incidente.

Il calcolo del costo medio per infortunato sarà quindi utilizzato nel capitolo seguente per calcolare l'ammontare di risorse che potrebbero essere risparmiate dalla sanità pubblica dotando gli autoveicoli di tecnologie intelligenti di assistenza alla guida.

5.3 Potenzialità e limiti dell'analisi

Come descritto in precedenza, l'originalità dell'approccio che caratterizza questo lavoro si basa su una particolare lettura dei dati regionali relativi ai flussi EMUR e SDO attraverso

[73] Coding manual V2000 for home and leisure accidents including product related accidents: ISS Database version 2002. Luxembourg, European Commission, 2007.

l'ottica della codifica "E", relativa alla classificazione delle cause esterne di traumatismo. Tale approccio ha permesso di strutturare un apposito database per ricostruire sia l'intero percorso assistenziale (intervento del 118, passaggio in Pronto Soccorso, ricovero ospedaliero) di ogni singolo caso esaminato, nel pieno rispetto della vigente normativa in tema di privacy, sia di identificare delle particolari tipologie di incidenti per la successiva valutazione circa le possibili ricadute positive della dotazione di tecnologie di assistenza alla guida.

Pertanto, il limite di una riduzione della casistica sul totale dei traumi stradali legata all'incompletezza della compilazione delle SDO con riguardo ai codici "E", viene compensato da una migliore accuratezza di inquadramento dei casi esaminati, più coerente e funzionale agli obiettivi del presente lavoro.

È già stato anticipato anche il fatto che, nel triennio di interesse (2017-2019), la gestione manuale dell'attività svolta sul mezzo mobile (cd. scheda ambulanza) ha comportato alcune criticità nel collegamento dei due flussi citati (EMUR e SDO). Questi limiti tecnici hanno determinato la necessità di integrare l'analisi con i dati aggregati del 118.

Si precisa inoltre che la parte dei costi sanitari analizzati riguarda i costi di ospedalizzazione calcolati attraverso il sistema DRG, cioè attraverso un sistema codificato che consente di valutare le risorse destinate ad ogni paziente sulla base dell'assistenza clinica ad esso prestata, partendo dal presupposto per cui malattie simili, trattate in reparti ospedalieri simili, comportano approssimativamente lo stesso consumo di risorse umane e materiali.

Non è stato possibile calcolare altri costi sanitari di indubbio interesse come quelli legati alle "prestazioni riabilitative". Con tale termine si intendono "le prestazioni sanitarie dirette al recupero funzionale e sociale dei soggetti affetti da minorazioni fisiche, psichiche o sensoriali, dipendenti da qualunque causa, erogate nelle fasi di riabilitazione intensiva ed estensiva ed in regime di assistenza extraospedaliera a carattere residenziale a ciclo continuativo, semiresidenziale o diurno, ambulatoriale e domiciliare" (ex art. 26 Legge n. 833/1978 e s.m.i.).

Al contrario dei dati relativi ai flussi EMUR e SDO, per ciò che riguarda le prestazioni riabilitative, i dati fanno riferimento a diverse fonti informative in funzione dell'articolazione degli interventi (es. ambulatoriali, residenziali, semiresidenziali, CAVS,

ecc.) e delle varie tipologie di progetto, di cura (in base ai bisogni sanitari e sociali) e all'intensità dell'assistenza (bassa, medio-bassa, media, medio-alta, alta e alta incrementata).

La scelta di procedere nell'analisi dei due flussi più consolidati (EMUR e SDO) trova pertanto una ragionevole motivazione nella complessità di una ricerca delle informazioni sulle prestazioni riabilitative che, tra le altre cose, avrebbe comportato non poche difficoltà nel ricostruire la tracciabilità del percorso assistenziale di ogni singolo caso. La valutazione dei costi riabilitativi potrà comunque essere oggetto di un successivo lavoro.

5.4 Risultati dell'analisi

Verranno di seguito esaminati i dati aggregati della Centrale Operativa 118 ed il database appositamente predisposto a partire dalla Codifica "E" delle cause esterne di traumatismo.

Dati aggregati delle Centrali Operative 118

I dati relativi al numero di persone soccorse a seguito di un incidente stradale dal sistema 118 della Regione Piemonte nei tre anni risultano essere in aumento; in particolare nel 2017 il loro numero era pari a 18.710, 19.501 nel 2018 e 20.008 nell'anno seguente.

A fronte di un numero totale di interventi eseguiti dal 118 pari a 421.328[74], considerando sia gli interventi eseguiti a terra sia quelli operati dall'elisoccorso, l'incidenza dei soccorsi per incidente stradale è pari, nel 2019, a circa il 5%.

Gli incidenti vedono principalmente coinvolta la categoria degli autoveicoli seguita poi dai motocicli, dalle biciclette, dai pedoni e infine dai mezzi pesanti.

In particolare, dal grafico sottostante è possibile valutare come gli incidenti che vedono coinvolti gli autoveicoli siano aumentati nel 2018 e in seguito diminuiti nuovamente al contrario di quanto avviene per i mezzi pesanti, le biciclette ed i motocicli, in cui il valore

[74] Regione Piemonte, "Emergenza 118, in Piemonte il primo servizio di trasmissione delle immagini dal luogo dell'intervento alla Centrale operativa", https://www.regione.piemonte.it/.

diminuisce mantenendosi poi costante rispettivamente sui valori di 2%, 10% e 14%. La categoria dei pedoni risulta invece in aumento nel 2019 di 1 punto percentuale.

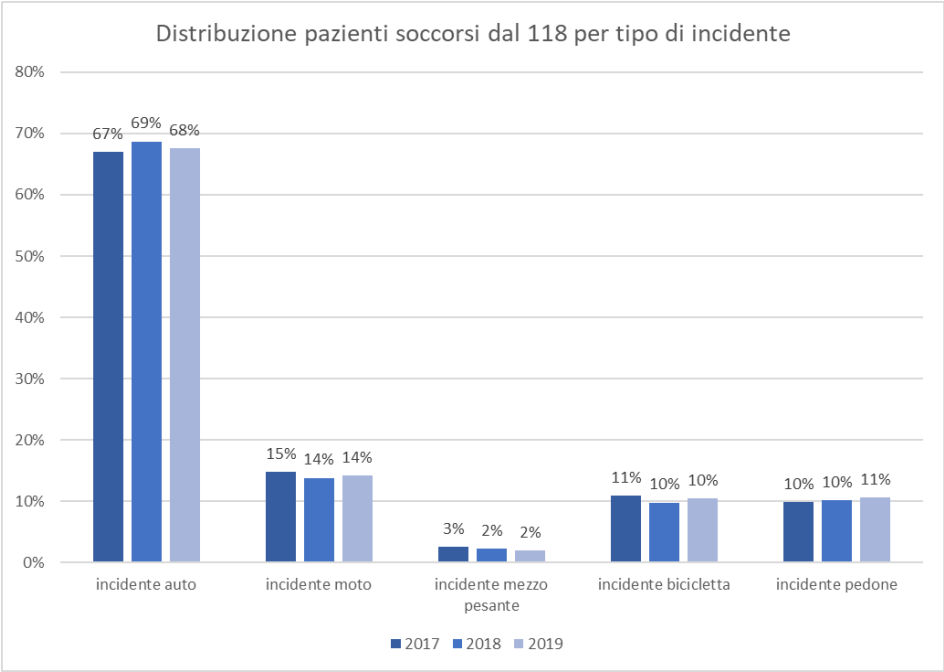


Figura 32: Distribuzione pazienti soccorsi dal 118 per tipo di incidente

Database appositamente predisposto a partire dalla Codifica "E" delle cause esterne di traumatismo.

Nella restante parte del seguente paragrafo verranno presentati i principali risultati ottenuti tramite l'analisi dei due flussi informativi EMUR e SDO, flussi che hanno permesso di elaborare un database costruito a partire dai codici "E" relativi alla classificazione delle cause esterne di traumatismo.

La suddivisione dei dati nei tre scenari (incidenti per collisione, per fuoriuscita di corsia e per perdita di controllo) ha determinato, come precedentemente detto, l'esclusione delle SDO per cui la dinamica dell'incidente fosse incerta o per cui non fosse possibile individuare una tecnologia ADAS che potesse essere installata sul mezzo di trasporto (es. biciclette, animali cavalcati). Ciò ha fatto sì che dai 5032 ricoverati di partenza, considerati congiuntamente per i tre anni, si potessero analizzare esclusivamente le informazioni appartenenti a 2120 pazienti.

Il numero di ricoverati appare esiguo, soprattutto se confrontato con il numero di passaggi in Pronto Soccorso, a cui non è detto segua necessariamente un ricovero, tuttavia tale numero, come si è già avuto modo di sottolineare non costituisce la totalità dei pazienti ricoverati per incidente stradale, il cui valore, per l'anno 2019, è pari a 2018[75]. Con tale numerosità, che costituisce il 13% circa del numero di feriti (15.327[76]), il Piemonte si colloca in linea con le altre maggiori regioni Italiane.

Le tabelle che seguono mostrano, per ogni scenario di incidente, la numerosità dei ricoverati nei tre anni successivi (2017, 2018 e 2019), suddivisa ulteriormente nelle differenti sottocategorie che indicano le tipologie di veicoli o utenti della strada, fra cui si è verificato lo scontro.

La tabella 7 mostra, nei tre anni, un andamento globale altalenante degli incidenti per collisione per cui ad una diminuzione di oltre 10 unità nel 2018 segue poi un successivo incremento che riporta la numerosità nel 2019 ad un valore superiore a quello del primo anno di osservazione.

Le restanti due tipologie di incidenti mostrano andamenti opposti. Gli incidenti per fuoriuscita di corsia sono caratterizzati da un trend crescente nei tre anni di osservazione, con i primi due anni interessati da una leggera variazione ed un aumento del 34% nel 2019.

Gli incidenti per perdita di controllo, al contrario, presentano un massimo nel 2017 che va poi a diminuire negli anni successivi.

Non è facile attribuire una significatività a questi dati in quanto non è possibile un raffronto con le cause, accertate o presunte, di incidenti stradali presenti nelle statistiche ACI-ISTAT, che tengono conto di modalità relative a comportamenti errati alla guida spesso attribuibili a violazioni del Codice della Strada (es. eccesso di velocità, mancata precedenza, svolta irregolare, mancato rispetto delle segnalazioni semaforiche, guida contromano, ecc.).

Di seguito verranno descritti i risultati derivanti dall'analisi dei flussi EMUR e SDO nei tre scenari, dettagliati sulla base degli elementi descritti nel capitolo 5.2 .

[75] Ministero della Salute , "Rapporto annuale sull'attività di ricovero ospedaliero, dati SDO 2019", ottobre 2020.
[76] ISTAT, "Numero di morti e feriti per incidente stradale per regione", 2019.

Tabella 7: Incidenti per collisione 2017 - 2018 - 2019

Tipologia (	Codice classificazione secondaria	Colonr	2017	2017 (%)	2018	2018 (%)	2019	2019 (%)
Incidente da collisione								
E810	Incidente da traffico di veicolo a motore riguardante collisione con il treno	E8100	9	32.14	21	32.31	13	41.94
		E8101	3	10.71	16	24.62	1	3.23
		E8102	8	28.57	11	16.92	13	41.94
		E8103	0	0.00	2	3.08	0	0.00
		E8104	0	0.00	0	0.00	0	0.00
		E8105	0	0.00	0	0.00	0	0.00
		E8106	1	3.57	6	9.23	2	6.45
		E8107	6	21.43	7	10.77	2	6.45
		E8108	1	3.57	1	1.54	0	0.00
		E8109	0	0.00	1	1.54	0	0.00
		Totale	28	100.00	65	100.00	31	100.00
E812	Altro inc. traf. veic. mot. riguard. col. veic. mot.	E8120	27	20.9	35	31.0	30	28.6
		E8121	15	11.6	15	13.3	15	14.3
		E8122	35	27.1	29	25.7	28	26.7
		E8123	6	4.7	6	5.3	0	0.0
		E8124	1	0.8	0	0.0	0	0.0
		E8125	0	0.0	0	0.0	1	1.0
		E8126	5	3.9	5	4.4	13	12.4
		E8127	24	18.6	17	15.0	11	10.5
		E8128	7	5.4	2	1.8	4	3.8
		E8129	9	7.0	4	3.5	3	2.9
			129	100.0	113	100.0	105	100.0
E813	Inc. traf. veic. mot. riguard. col. altro veic.							
		E8130	21	28.77	23	27.06	35	32.11
		E8131	5	6.85	12	14.12	17	15.60
		E8132	17	23.29	20	23.53	19	17.43
		E8133	2	2.74	1	1.18	2	1.83
		E8134	1	1.37	0	0.00	0	0.00
		E8135	0	0.00	2	2.35	0	0.00
		E8136	21	28.77	19	22.35	20	18.35
		E8137	5	6.85	6	7.06	7	6.42
		E8138	0	0.00	1	1.18	6	5.50
		E8139	1	1.37	1	1.18	3	2.75
		Totale	73	100.00	85	100.00	109	100.00
E814	Inc. traf. veic. mot. riguard. col. con pedone							
		E8140	9	11.11	1	1.64	3	3.33
		E8141	1	1.23	2	3.28	4	4.44
		E8142	0	0.00	0	0.00	2	2.22
		E8143	0	0.00	0	0.00	0	0.00
		E8144	0	0.00	1	1.64	0	0.00
		E8145	0	0.00	0	0.00	0	0.00
		E8146	3	3.70	0	0.00	4	4.44
		E8147	68	83.95	56	91.80	76	84.44
		E8148	0	0.00	0	0.00	0	0.00
		E8149	0	0.00	1	1.64	1	1.11
		Totale	81	100.00	61	100.00	90	100.00
E815	Altro inc. traf. veic. mot. riguard. col. su strada pubbl.	E8150	40	22.73	38	24.68	35	22.58
		E8151	16	9.09	16	10.39	25	16.13
		E8152	53	30.11	36	23.38	37	23.87
		E8153	3	1.70	3	1.95	4	2.58
		E8154	2	1.14	0	0.00	0	0.00
		E8155	0	0.00	0	0.00	0	0.00
		E8156	21	11.93	18	11.69	16	10.32
		E8157	26	14.77	30	19.48	28	18.06
		E8158	4	2.27	5	3.25	9	5.81
		E8159	11	6.25	8	5.19	1	0.65
		Totale	176	100	154	100	155	100
		Totale	487		478		490	

Tabella 8: Incidenti per fuoriuscita di corsia 2017 - 2018 - 2019

Tipologia (	Codice classificazione	Codice classificazione secondaria (Tipologia di infortunato)	2017	2017 (%)	2018	2018 (%)	2019	2019 (%)
Incidente da fuoriuscita								
E811	Inc.traf. veic.mot.rien	E8110 Inc.traf. veic.mot.rientrante riguard. col. con altro veic.mot. - Conducente di veicolo a motore diverso da motociclo	22	26.51	29	33.33	26	19.85
		E8111 Inc.traf. veic.mot.rientrante riguard. col. con altro veic.mot. - Passeggero su veicolo a motore diverso da motociclo	15	18.07	6	6.90	22	16.79
		E8112 Inc.traf. veic.mot.rientrante riguard. col. con altro veic.mot. - Motociclista	27	32.53	35	40.23	51	38.93
		E8113 Inc.traf. veic.mot.rientrante riguard. col. con altro veic.mot. - Passeggero su motociclo	6	7.23	2	2.30	10	7.63
		E8114 Inc.traf. veic.mot.rientrante riguard. col. con altro veic.mot. - Occupante di tram	1	1.20	1	1.15	0	0.00
		E8115 Inc.traf. veic.mot.rientrante riguard. col. con altro veic.mot - Conducente di animali; occupanti di veicoli guidati da a	0	0.00	0	0.00	0	0.00
		E8116 Inc.traf. veic.mot.rientrante riguard. col. con altro veic.mot. - Ciclista	5	6.02	4	4.60	4	3.05
		E8117 Inc.traf. veic.mot.rientrante riguard. col. con altro veic.mot. - Pedone	2	2.41	6	6.90	7	5.34
		E8118 Inc.traf. veic.mot.rientrante riguard. col. con altro veic.mot. - Altre persone specifiche	1	1.20	0	0.00	9	6.87
		E8119 Inc.traf. veic.mot.rientrante riguard. col. con altro veic.mot. - Persone non specificate	4	4.82	4	4.60	2	1.53
		Totale	83	100.00	87	100.00	131	100.00

Tabella 9: Incidenti per perdita di controllo 2017 - 2018 – 2019

Tipologia di Incidente	Codice classificazione secondaria	Codice classificazione secondaria (Tipologia di infortunat	2017	2017 (%)	2018	2018 (%)	2019	2019 (%)
Incidente da perdita di controllo								
E816	I. v.m. traf. dovuto perdita di contro	E8160 I. v.m. traf. dovuto perdita di controllo, senza col.	37	27,41	48	36,09	29	30,21
		E8161 I. v.m. traf. dovuto perdita di controllo, senza col.	18	13,33	16	12,03	10	10,42
		E8162 I. v.m. traf. dovuto perdita di controllo, senza col.	58	42,96	47	35,34	43	44,79
		E8163 I. v.m. traf. dovuto perdita di controllo, senza col.	3	2,22	1	0,75	3	3,13
		E8164 I. v.m. traf. dovuto perdita di controllo, senza col.	0	0,00	0	0,00	0	0,00
		E8165 I. v.m. traf. dovuto perdita di controllo, senza col.	0	0,00	0	0,00	0	0,00
		E8166 I. v.m. traf. dovuto perdita di controllo, senza col.	15	11,11	14	10,53	8	8,33
		E8167 I. v.m. traf. dovuto perdita di controllo, senza col.	1	0,74	3	2,26	2	2,08
		E8168 I. v.m. traf. dovuto perdita di controllo, senza col.	1	0,74	1	0,75	1	1,04
		E8169 I. v.m. traf. dovuto perdita di controllo, senza col.	2	1,48	3	2,26	0	0,00
		Totale	135	100	133	100	96	100

5.4.1 Classificazione per genere

Come evidente dai grafici sottostanti, all'interno delle classi che individuano le differenti tipologie di incidenti il rapporto tra i due generi si mantiene pressoché costante negli anni. Ciò che si può notare chiaramente è una netta prevalenza del genere maschile, con percentuali di coinvolgimento che vanno dal 65% al 85%, rispetto a quello femminile. Ciò mette in evidenza la maggiore propensione al rischio degli uomini, soprattutto nelle fasce d'età giovani, rispetto alla controparte femminile della popolazione. I dati ISTAT in Piemonte, suddivisi per genere mostrano invece un rapporto donne/uomini di circa il 60%.

Figura 33: Classificazione per genere "Incidenti per Collisione" 2017 - 2018 - 2019

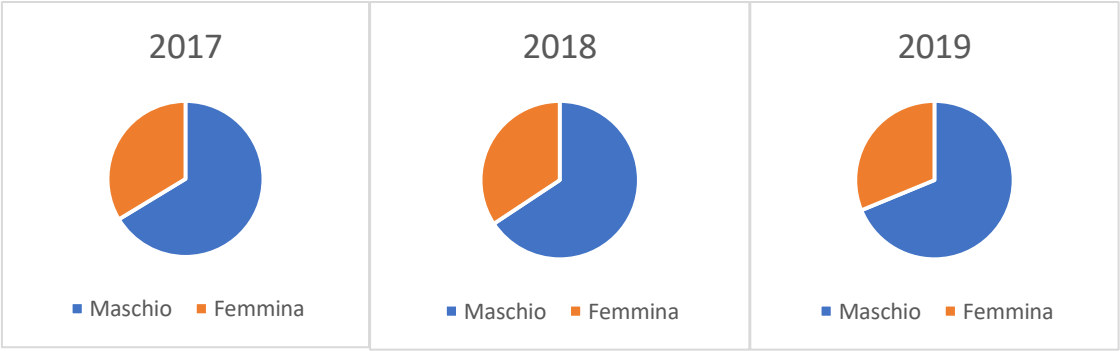


Figura 34: Classificazione per genere "Incidenti per fuoriuscita di corsia" 2017 - 2018 - 2019

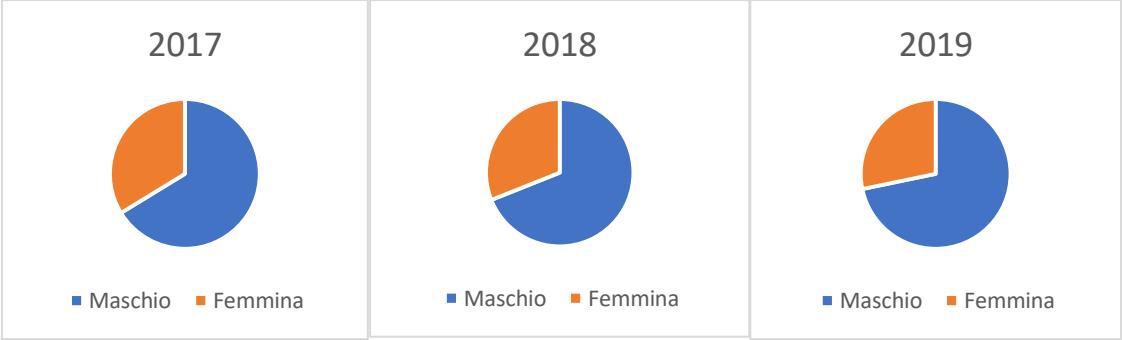
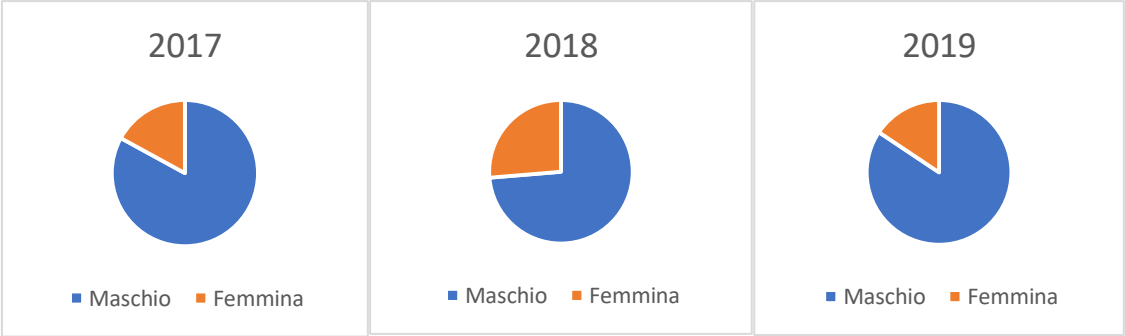


Figura 35: Classificazione per genere "Incidenti per Perdita di controllo" 2017 - 2018 - 2019



5.4.2 Classificazione per classe d'età

Le classificazioni eseguite per fascia d'età (per il raggruppamento utilizzato vedere capitolo 5.1) dei dati di incidentalità stradale mostrano un'elevata frequenza di ricoveri tra i 15 e i 24 anni nel caso di incidenti con collisione. Tale tendenza è in linea con le statistiche mondiali che vedono la fascia d'età dei giovani sotto i 29 anni coinvolta nella maggior parte degli incidenti fatali.

Nel caso di incidenti causati da una fuoriuscita di corsia vi è una netta prevalenza dei soggetti con età compresa tra i 15 e i 19 anni, seguita poi dagli adulti tra i 40 e i 49 anni. A differenza della precedente si evidenzia un calo dei ricoverati nelle età successive ai 59 anni.

Gli incidenti con perdita di controllo mostrano un coinvolgimento delle fasce d'età dei giovani e degli adulti assai più rilevante rispetto a coloro che hanno un'età superiore ai 59 anni.

La prevalenza, nei tre scenari, di soggetti giovani (< 29 anni) può avere varie spiegazioni, tra cui una maggiore propensione al rischio delle fasce più giovani della popolazione, l'adozione di comportamenti alla guida più rischiosi (es. elevata velocità, utilizzo di sostanze quali alcol e droghe, ecc.), un indice di mobilità superiore e con mezzi di trasporto più vulnerabili, ecc. .

I risultati sono coerenti con le statistiche realizzate dall'ISTAT a livello regionale che evidenziano una maggiore lesività nella fascia di età lavorativa, ovvero tra i 15 ed i 64 anni, con una percentuale di decessi pari circa al 30% per individui di età pari o inferiore a 29 anni[77].

[77] Regione Piemonte, Statistiche Incidenti Stradali, "L'incidentalità stradale in Piemonte al 2019", 2020.

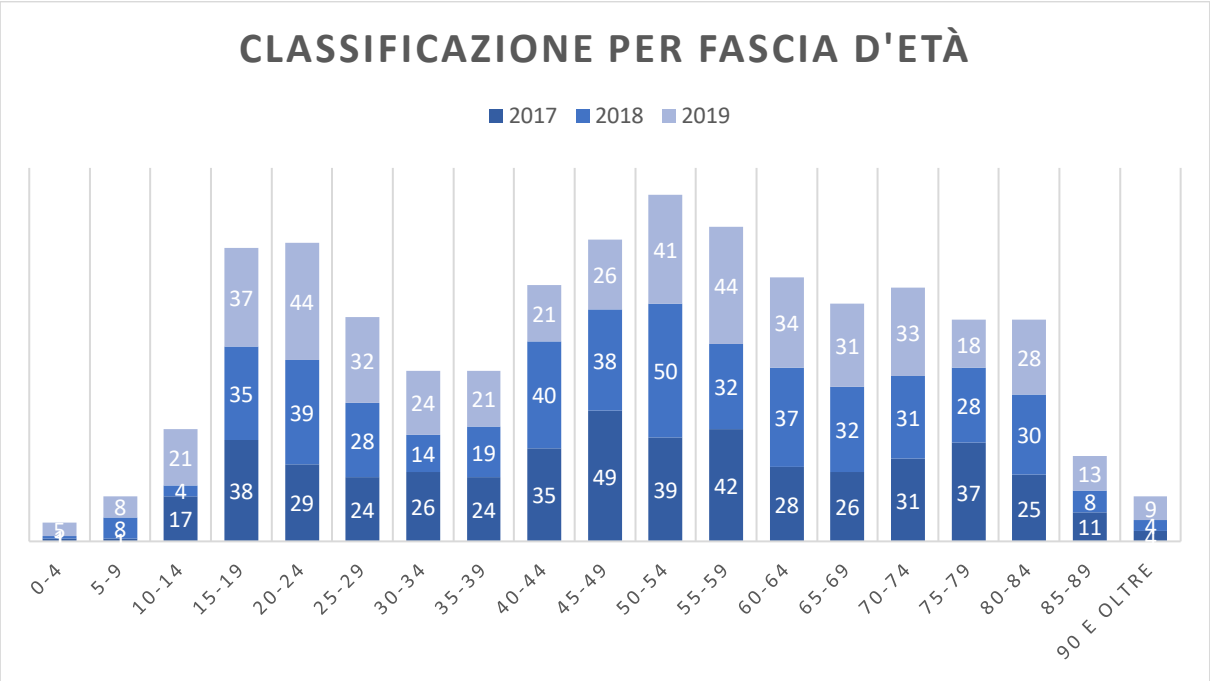


Figura 36: Classificazione per fascia d'età - Incidenti per collisione 2017 - 2018 – 2019

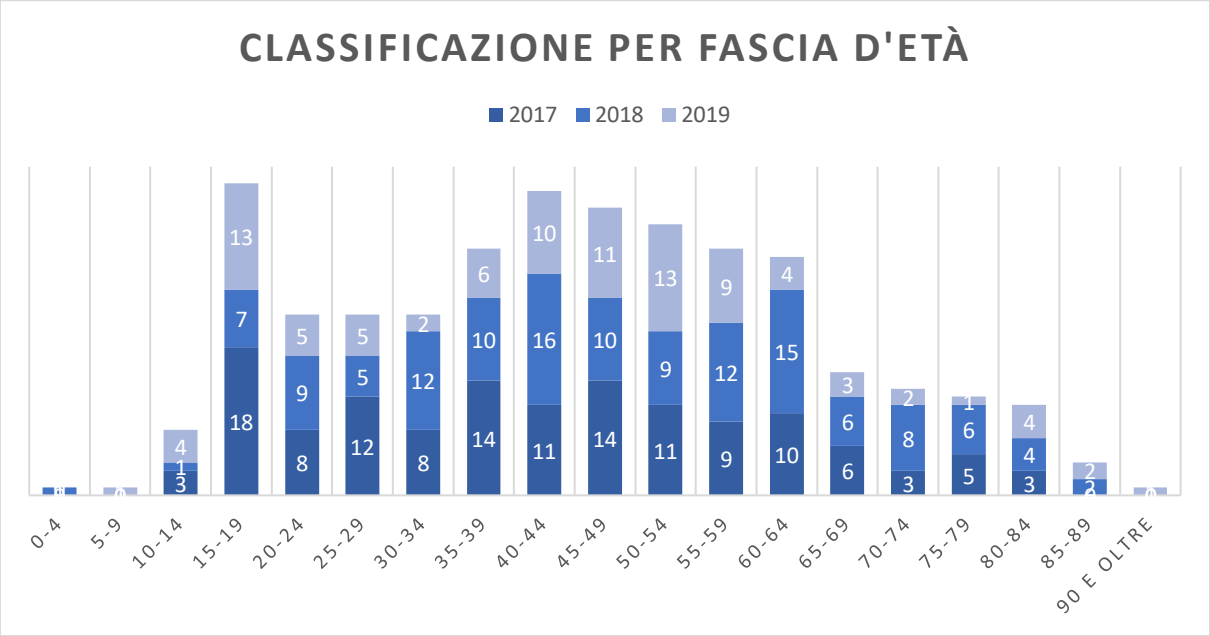


Figura 37: Classificazione per fascia d'età - Incidenti per perdita di controllo 2017 - 2018 – 2019

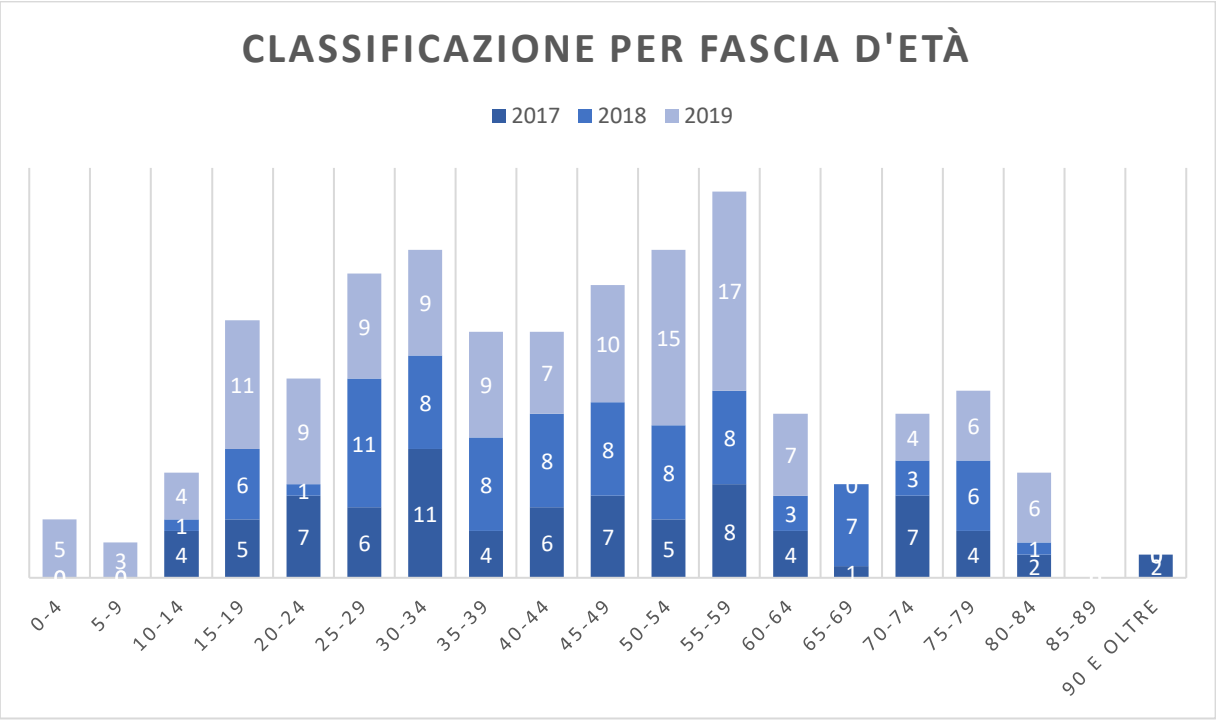


Figura 38: Classificazione per fascia d'età - Incidenti per fuoriuscita di corsia 2017 - 2018 – 2019

5.4.3 Classificazione per Nazionalità

Tale classificazione è stata effettuata per esaminare quali nazionalità (area UE ed extra UE) fossero coinvolte nella tipologia di incidenti oggetto di indagine.

Tuttavia, dall'analisi del database che è stato predisposto, non sono emersi risultati di particolare interesse in quanto i casi di ricoverati a seguito di incidente stradale appartengono per circa il 93% a cittadini di nazionalità Italiana, per il 3% a cittadini di nazionalità Rumena, nazionalità con le quote più consistenti di residenti in Italia, e per la restante parte da altri cittadini di nazioni Europee o Extra UE.

Poiché si fa sempre più preoccupante l'indice di sinistrosità stradale che vede protagonisti -come vittime o come responsabili - cittadini stranieri, sarebbe opportuno considerarlo come fenomeno meritevole di adeguato monitoraggio per comprenderne la portata, la qualità e la categoria dei veicoli coinvolti, la regolarità dei documenti di guida che, in un

numero crescente di casi, si sono rivelati falsi o autentici ma ottenuti irregolarmente, nonché la validità delle coperture assicurative.

5.4.4 Classificazione per Tipologia di infortunato

Gli incidenti per collisione vedono principalmente coinvolti in infortuni le categorie dei conducenti di veicolo a motore, i pedoni, i motociclisti ed in misura minore, ma comunque significativa i ciclisti e i passeggeri di veicoli a motore. In merito a tale classificazione bisogna considerare la figura del pedone, la cui percentuale di coinvolgimento è superiore a quella delle altre categorie in due dei tre anni considerati, 2017 e 2019. La categoria dei pedoni merita quindi un'attenzione speciale, in quanto utente debole della strada; a tale proposito oltre agli investimenti su dispositivi di rilevazione di ciclisti e pedoni, che consentirebbero di evitare tantissimi investimenti, si potrebbero apportare migliorie sulla segnaletica luminosa in corrispondenza degli attraversamenti pedonali e si dovrebbe cercare di ottenere una migliore sensibilizzazione sulle norme che regolano il comportamento che il conducente deve adottare in presenza di un attraversamento pedonale.

Oltre alle categorie dei conducenti di veicoli a motore e dei loro passeggeri, entrambe con presenza elevata a causa della maggiore diffusione di tali mezzi di spostamento, resta significativo e in aumento il coinvolgimento di ciclisti. L'aumento di questa categoria era già stato segnalato dalle rilevazioni ISTAT a seguito del suo maggiore utilizzo negli spostamenti quotidiani. Se, da un lato, emerge la tendenza dello shift verso sistemi di trasporto più rispettosi dell'ambiente, dall'altro è necessario che sia garantita l'incolumità di chi adotta questa scelta, ad esempio tramite l'incentivazione all'acquisto di autoveicoli

dotati di dispositivi di rilevamento dei ciclisti nonché garantendo la disponibilità di infrastrutture adeguate.

Tipologia di infortunato	2017	2018	2019
Conducente di veicolo a motore	22%	25%	24%
Passeggero su veicolo a motore	8%	13%	13%
Motociclista	23%	20%	20%
Passeggero su motociclo	2%	3%	1%
Occupante di tram	1%	0%	0%
Conducente di animali; occupanti di veicoli guidati da animali	0%	0%	0%
Ciclista	10%	10%	11%
Pedone	26%	24%	25%
Altre persone specifiche	2%	2%	4%
Peresone non specificate	4%	3%	2%

Figura 39: Classificazione per tipologia di infortunato in incidenti per collisione 2017 - 2018 – 2019

Nella casistica esaminata, a differenza degli incidenti per collisione, quelli che si verificano a seguito di un cambiamento di corsia o per perdita di controllo dei veicolo vedono coinvolta una percentuale molto elevata di motociclisti, con tassi di coinvolgimento, in alcuni casi, superiori persino al 40%. L'elevata presenza di questa categoria di utenti della strada all'interno delle due differenti tipologie di dinamica è dovuta al fatto che una delle cause principali di incidente per i motociclisti è legata alla loro scarsa visibilità: infatti, se il motociclista si dovesse trovare nella zona cieca delle auto il conducente potrebbe non accorgersi della moto in arrivo causando possibili cadute e perdite di controllo del mezzo a due ruote.

Tipologia di infortunato	2017 (%)	2018 (%)	2019 (%)
Conducente di veicolo a motore diverso da motociclo	27%	33%	20%
Passeggero su veicolo a motore diverso da motociclo	18%	7%	17%
Motociclista	33%	40%	39%
Passeggero su motociclo	7%	2%	8%
Occupante di tram	1%	1%	0%
Conducente di animali; occupanti di veicoli guidati da animali	0%	0%	0%
Ciclista	6%	5%	3%
Pedone	2%	7%	5%
Altre persone specifiche	1%	0%	7%
Persone non specificate	5%	5%	2%

Figura 40: Classificazione per tipologia di infortunato in incidenti per fuoriuscita di corsia 2017 - 2018 – 2019

Tipologia di infortunato	2017 (%)	2018 (%)	2019 (%)
Conducente di veicolo a motore diverso da motociclo	27%	36%	30%
Passeggero su veicolo a motore diverso da motociclo	13%	12%	10%
Motociclista	43%	35%	45%
Passeggero su motociclo	2%	1%	3%
Occupante di tram	0%	0%	0%
Conducente di animali; occupanti di veicoli guidati da animali	0%	0%	0%
Ciclista	11%	11%	8%
Pedone	1%	2%	2%
Altre persone specifiche	1%	1%	1%
Persone non specificate	1%	2%	0%

Figura 41: Classificazione per tipologia di infortunato in incidenti per perdita di controllo 2017 - 2018 – 2019

5.4.5 Classificazione per modalità di dimissione

La classificazione per modalità di dimissione è utile per dare una stima della gravità dei ricoverati a seguito di un incidente stradale. Infatti, comprendere se il paziente sia stato ricoverato presso altre strutture sanitarie per ulteriori cure, se sia deceduto o se sia stato dimesso al proprio domicilio, è utile per avere un'indicazione relativa rispetto all'entità delle lesioni riportate per tipologia di incidente.

Circa il 70% degli infortunati a seguito di un incidente stradale per collisione viene dimesso al proprio domicilio. Nel triennio considerato, una percentuale nei tre anni variabile dal 6 all'11% viene trasferita presso altri istituti di cura per acuzie mentre un altro 10% viene trasferito presso un altro istituto in quanto, pur avendo superato la fase di acuzie necessita comunque di ulteriori interventi terapeutici che possono essere erogati solo in regime di ricovero.

Una percentuale variabile tra il 2% e il 3%, per favorire il percorso di continuità assistenziale alla persona adulta, viene dimessa in CAVS (Continuità A Valenza Sanitaria), cioè in strutture per attività di cura extra-ospedaliera successiva alla dimissione o necessaria per rispondere a particolari situazioni clinico-assistenziali.

I restanti pazienti, sempre in percentuali comprese tra l'1% e il 2% sono stati dimessi con attivazione di assistenza domiciliare o con attivazione di ADI (Assistenza Domiciliare Integrata) o presso strutture residenziali territoriali.

Rispetto ai decessi, nel 2017 il 3% delle persone coinvolte è deceduto e tale percentuale, anche se in maniera lieve, risulta in aumento nei due anni seguenti.

Gli incidenti per fuoriuscita di corsia presentano un numero leggermente inferiore dei decessi ed un aumento di circa 5 punti percentuali di coloro che vengono dimessi al proprio domicilio. Diminuisce la percentuale di pazienti che vengono trasferiti in altri regimi di ricovero per acuti mentre aumentano, soprattutto negli anni 2018 e 2019, i pazienti trasferiti presso altri istituti in regimi di ricovero post acuzie. Tale ragione potrebbe essere dettata da una minore gravità delle lesioni riportate durante gli incidenti per fuoriuscita di corsia. Le restanti modalità di dimissione sono osservabili in tabella 11.

Lo scenario relativo agli incidenti causati da una perdita di controllo del veicolo evidenzia un numero di ricoverati con dimissione ordinaria al proprio domicilio maggiore rispetto agli altri due scenari, con percentuali che variano da 76% all' 80%. Il numero dei decessi in percentuale rimane sostanzialmente stabile ad eccezione del 2018, anno per cui si registra una diminuzione della mortalità a seguito di tali incidenti stradali. Nei tre anni risultano in crescita coloro che necessitano di un trasferimento presso un altro istituto di cura in regime di acuzie, mentre l'assistenza domiciliare risulta essere poco presente nelle modalità di dimissione indicate nelle SDO oggetto di analisi.

Focalizzando l'attenzione sugli aspetti più gravi del fenomeno dell'incidentalità stradale, cioè la perdita di vite umane, si può calcolare il numero di morti che si verificano ogni anno sulle strade della Regione Piemonte; dall'analisi è emerso infatti che nel 2017 si siano verificati 20 decessi, nel 2018 tale numero è salito a 24 mentre nel 2019 esso è stato pari a 25.
Tali numeri devono essere letti rapportandoli al totale dei pazienti considerati all'interno dell'analisi, pari a 2120 nei tre anni e vanno confrontati con i dati relativi alla mortalità da incidente stradale in Piemonte (279 nel 2017, 259 nel 2018 e 232 nel 2019).

Si può facilmente comprendere come il numero di decessi che emerge dall'analisi descritta in questo paragrafo non dia una fotografia corretta del fenomeno, fenomeno che è invece

di grandissima importanza in quanto le morti violente conseguenti ad incidenti stradali appresentano la maggior parte del complesso della mortalità evitabile con adeguati interventi di prevenzione primaria.

Modalità di dimissione	2017	2017 (%)	2018	2018 (%)	2019	2019 (%)
01 Deceduto	14	3%	21	4%	19	4%
02 Dimissione ordinaria al domicilio del paziente	342	70%	314	66%	337	69%
03 Dimissione ordinaria presso una struttura residenziale territoriale	7	1%	2	0%	8	2%
04 Dimissione al domicilio del paziente con attivazione di assistenza domiciliare	4	1%	1	0%	3	1%
05 Dimissione volontaria	8	2%	2	0%	7	1%
06 Trasferimento ad un altro istituto di cura, pubblico o privato, per acuti	31	6%	53	11%	52	11%
07 Trasferimento ad altro regime di ricovero (DH o RO) o ad altro tipo di attività di ricovero (acuti, riabilitazione, lungodegenza) nell'ambito dello stesso istituto di cura	14	3%	20	4%	6	1%
08 trasferimento ad istituto pubblico o privato di riabilitazione o di altra postacuzie, o in reparto pediatrico a minor intensità	47	10%	48	10%	38	8%
09 CAVS	16	3%	10	2%	15	3%
13 Dimissione presso Istituti di attività extra-ospedaliera (Hospice, Riabilitazione extraospedaliera ex art.26, Assistenza soggetti in stato vegetativo permanente)	1	0%	1	0%	2	0%
19 Dimissione ordinaria con attivazione ADI	3	1%	6	1%	3	1%

Tabella 10: Classificazione per modalità di dimissione, Incidenti per collisione, 2017 - 2018 - 2019

Modalità di dimissione	2017	2017 (%)	2018	2018 (%)	2019	2019 (%)
01 Deceduto	2	2%	2	2%	4	3%
02 Dimissione ordinaria al domicilio del paziente	62	75%	62	71%	94	72%
03 Dimissione ordinaria presso una struttura residenziale territoriale	0	0%	0	0%	1	1%
04 Dimissione al domicilio del paziente con attivazione di assistenza domiciliare	0	0%	0	0%	1	1%
05 Dimissione volontaria	1	1%	0	0%	0	0%
06 Trasferimento ad un altro istituto di cura, pubblico o privato, per acuti	7	8%	7	8%	9	7%
07 Trasferimento ad altro regime di ricovero (DH o RO) o ad altro tipo di attività di ricovero (acuti, riabilitazione, lungodegenza) nell'ambito dello stesso istituto di cura	2	2%	1	1%	3	2%
08 trasferimento ad istituto pubblico o privato di riabilitazione o di altra postacuzie, o in reparto pediatrico a minor intensità	5	6%	12	14%	18	14%
09 CAVS	4	5%	3	3%	0	0%
13 Dimissione presso Istituti di attività extra-ospedaliera (Hospice, Riabilitazione extraospedaliera ex art.26, Assistenza soggetti in stato vegetativo permanente)	0	0%	0	0%	0	0%
19 Dimissione ordinaria con attivazione ADI	0	0%	0	0%	1	1%

Tabella 11: Classificazione per modalità di dimissione, Incidenti per fuoriuscita di corsia, 2017 - 2018 – 2019

Modalità di dimissione	2017	2017 (%)	2018	2018 (%)	2019	2019 (%)
01 Deceduto	4	3%	1	1%	2	2%
02 Dimissione ordinaria al domicilio del paziente	107	79%	104	78%	73	76%
03 Dimissione ordinaria presso una struttura residenziale territoriale	2	1%	0	0%	0	0%
04 Dimissione al domicilio del paziente con attivazione di assistenza domiciliare	0	0%	0	0%	1	1%
05 Dimissione volontaria	2	1%	2	2%	1	1%
06 Trasferimento ad un altro istituto di cura, pubblico o privato, per acuti	7	5%	10	8%	9	9%
07 Trasferimento ad altro regime di ricovero (DH o RO) o ad altro tipo di attività di ricovero (acuti, riabilitazione, lungodegenza) nell'ambito dello stesso istituto di cura	0	0%	0	0%	3	3%
08 trasferimento ad istituto pubblico o privato di riabilitazione o di altra postacuzie, o in reparto pediatrico a minor intensità	8	6%	11	8%	7	7%
09 CAVS	5	4%	5	4%	0	0%
13 Dimissione presso Istituti di attività extra-ospedaliera (Hospice, Riabilitazione extraospedaliera ex art.26, Assistenza soggetti in stato vegetativo permanente)	0	0%	0	0%	0	0%
19 Dimissione ordinaria con attivazione ADI	0	0%	0	0%	0	0%

Tabella 12: Classificazione per modalità di dimissione, Incidenti per perdita di controllo, 2017 - 2018 – 2019

5.4.6 Classificazione per Presidio Ospedaliero

Come già accennato, la classificazione per presidio ospedaliero di ricovero è stata realizzata allo scopo di valutare se esista una maggiore o minore accuratezza nella compilazione delle SDO a livello della strutture ospedaliere della Regione Piemonte, con riguardo alla codifica delle cause esterne di traumatismo (codice "E") e le eventuali ricadute sull'identificazione di determinate zone territoriali a maggior prevalenza di incidenti stradali caratterizzati da una particolare dinamica.

Prima di realizzare tale analisi è tuttavia opportuno verificare la percentuale di Schede di Dimissione Ospedaliera compilate con l'informazione del codice "E" rispetto al totale. Ciò servirà per verificare che l'aumento o diminuzione di una determinata tipologia di incidente all'interno delle varie province non sia in realtà legata ad una diminuzione o ad un incremento del numero di SDO correttamente compilate.

Le aree provinciali sono state identificate a partire dall'organizzazione territoriale delle 18 Aziende Sanitarie Regionali (ASR), a cui va aggiunto il Presidio sanitario Gradenigo di Torino che fa parte della rete di Emergenza- Urgenza, come descritto nel capitolo 5.1.

Ogni ASR comprende uno o più presidi sanitari, ognuno dei quali ha una codifica che compare in un apposito campo delle SDO.

La percentuale di compilazione delle SDO è riportata nella tabella sottostante.

Provincia	2017	2018	2019
AL	87%	90%	89%
AT	86%	87%	87%
BI	87%	87%	81%
CN	90%	86%	85%
NO	81%	86%	87%
TO	83%	86%	86%
VC	86%	86%	83%
VCO	92%	85%	87%

Tabella 13: Percentuale di SDO per cui è disponibile l'informazione sul codice "E" per provincia, anni 2017 - 2018 - 2019

La tabella riporta una percentuale di compilazione per le ASL delle varie provincie variabile, a seconda della provincia stessa e dell'anno considerato, tra i valori di 80% e 90%.

Le oscillazioni riscontrate all'interno delle ASL della stessa provincia in anni differenti non appaiono particolarmente significative da far credere che le differenze riscontrate a livello di frequenza degli incidenti siano imputabili ad una maggiore o minore compilazione delle SDO.

Con riferimento alla valutazione della prevalenza territoriale delle diverse tipologie di incidenti, è stato effettuato un confronto tra le percentuali di ricovero presso gli ospedali della stessa provincia in scenari differenti, considerando i ricoveri con diagnosi principale o secondaria di traumatismo.

Da tale osservazione si evidenzia un numero molto elevato di ricoverati a seguito di una collisione in provincia di Torino, seguita poi dalle provincie di Alessandria e Cuneo. La percentuale particolarmente elevata della provincia a cui appartiene il capoluogo, sebbene certamente influenzata dalla maggiore densità di popolazione, potrebbe essere un segnale della maggiore pericolosità delle strade urbane, troppo spesso sottovalutate.

Anche lo scenario relativo alla fuoriuscita di corsia evidenzia il maggior numero di casi a Torino e provincia, nonché un notevole aumento dei casi nella provincia di Novara.

Infine, gli incidenti per perdita di controllo presentano una distribuzione che vede quasi dimezzati gli incidenti in provincia di Torino mentre aumentano oltre i valori del 30% gli incidenti in provincia di Alessandria. Valori similari si registrano anche all'interno del Cuneese.

PROVINCIA	2017	2018	2019
AL	17%	13%	14%
AT	3%	3%	3%
BI	2%	2%	3%
CN	15%	19%	17%
NO	7%	7%	9%
TO	41%	45%	45%
VC	4%	1%	1%
VCO	10%	8%	8%

Tabella 14: Incidenti per collisione, percentuali per provincia, anni 2017 - 2018 - 2019.

PROVINCIA	2017	2018	2019
AL	7%	6%	5%
AT	2%	3%	5%
BI	0%	0%	2%
CN	17%	15%	11%
NO	20%	22%	18%
TO	35%	49%	56%
VC	7%	0%	0%
VCO	11%	5%	4%

Tabella 15: Incidenti per fuoriuscita di corsia, percentuali per provincia, anni 2017 - 2018 - 2019.

PROVINCIA	2017	2018	2019
AL	30%	35%	34%
AT	1%	4%	2%
BI	1%	2%	0%
CN	28%	22%	29%
NO	6%	10%	9%
TO	13%	18%	22%
VC	8%	3%	0%
VCO	11%	7%	3%

Tabella 16: Incidenti per perdita di controllo, percentuali per provincia, anni 2017 - 2018 - 2019.

5.4.7 Classificazione per Distretto Corporeo

Tra le classificazioni realizzate quella per distretto corporeo è caratterizzata da una particolare importanza rispetto alle precedenti in quanto permette di distinguere, per ogni tipologia di incidente, quali parti del corpo sono maggiormente coinvolte, la portata delle conseguenze in termini di giorni di degenza e il costo medio associato.

Inizialmente verranno descritte le principali lesioni associabili ai differenti utenti della strada ed in seguito si andrà a valutare tramite l'analisi dei risultati ottenuti, per ogni tipologia di scenario, quali sono le lesioni riscontrate più frequentemente.

Nel caso di occupanti dell'autovettura le lesioni possono essere causate dall'utilizzo dei sistemi quali cinture di sicurezza, pretensionatori e airbag che, se da un lato, riducono la probabilità di lesioni mortali, dall'altro possono indurre lesioni di minore entità. Le lesioni vertebrali si verificano principalmente in caso di elevata velocità per cui può accadere che il movimento della testa rispetto a quello del torace, bloccato dalla presenza della cintura di sicurezza, causi distrazioni dei legamenti vertebrali o, in casi più gravi, fratture con esposizione del midollo.

La cintura di sicurezza inoltre può essere responsabile di lesioni a livello toracico, ad esempio di fratture costali. A livello addominale si possono verificare lesioni viscerali a causa delle accelerazioni e decelerazioni a cui sono sottoposti gli organi mentre le lesioni alla testa e al volto possono essere dovute al violento impatto con l'airbag.

Nel caso di collisione con pedone sono molteplici le lesioni che si possono verificare. Dividendo l'evento in fasi successive è possibile individuare per ciascuna di esse quali siano i traumi che occorrono più frequentemente: nella prima fase di urto contro la carrozzeria del veicolo si possono verificare principalmente fratture degli arti inferiori o del bacino mentre nella fase di "caricamento", in cui il corpo della persona si piega al di sopra del cofano, sono più probabili lesioni all'addome e al torace. Successivamente, nella fase di caduta e strisciamento al suolo si possono verificare sia lesioni più gravi, come fratture degli arti superiori o del capo, sia lesioni minori come escoriazioni. Infine, nel caso in cui il veicolo non si arresti ma continui a procedere le lesioni principali saranno determinate dallo

schiacciamento del pedone da parte delle ruote dell'autoveicolo comportando fratture di vario genere.

Gli anziani, in particolare, vanno considerati come utenti deboli doppiamente fragili in quanto, accanto alla fragilità fisica che li rende più suscettibili di riportare lesioni gravi rispetto a soggetti di altre età a parità di forza di collisione, presentano processi di natura cognitiva, emotiva e motoria che risultano essere oggettivamente diversi rispetto agli utenti più giovani. Il processo di invecchiamento porta infatti ad una progressiva diminuzione della tolleranza biomeccanica all'impatto, soprattutto per la riduzione della densità ossea, della massa muscolare, della flessibilità, della coordinazione neuromuscolare e delle funzioni cardiovascolari. Inoltre, la frequente concomitanza nella persona anziana di altre patologie in grado di alterare le capacità psico-sensoriali si traduce in una maggiore difficoltà nel percepire, valutare e gestire il rischio connesso alla circolazione stradale.

Il caso di investimento del ciclista è sostanzialmente simile, in quanto a lesioni provocate, all'investimento del pedone. Le differenze che possono essere riscontrate nelle due dinamiche sono dovute:

- all'uso del casco da essi indossato che protegge nella fase di caduta a terra, riducendo l'entità delle conseguenze;
- alla velocità superiore a cui si muove il ciclista rispetto al pedone;
- all'altezza del baricentro, posizionato più alto rispetto al pedone.

Gli ultimi due punti costituiscono tuttavia dei fattori tali per cui l'impatto può risultare più violento.

Infine, dall'analisi biomeccanica degli incidenti che vedono coinvolti i motociclisti è possibile individuare quali lesioni interessano maggiormente tale tipologia di utenti. Esse coinvolgono principalmente gli arti inferiori e superiori in quanto costituiscono le parti più scoperte del corpo, il capo che nonostante sia protetto dal casco può riportare gravi lesioni

a seguito dell'urto con gli elementi dell'infrastruttura e il tratto cervicale a causa delle sollecitazioni causate dal casco stesso.

L'analisi è stata effettuata considerando sia le diagnosi principali sia quelle secondarie con riferimento ai codici ICD-9-CM del modello Eurocost (tabella 34 in appendice) descritto nel paragrafo 5.2.

Nel paragrafo dedicato alla metodologia sono state indicate le motivazioni che hanno portato alla scelta di analizzare un numero inferiore di casi sul totale delle SDO relative a traumatismi. Ciò comporta che, per alcuni scenari, la numerosità della casistica traumatica riferita ad alcuni distretti corporei presenti numeri esigui per un corretto inquadramento dei dati. Non si ritiene comunque tale limite ostativo alla disamina sui costi e sui benefici degli ADAS che verrà descritta nei capitoli successivi.

I costi indicati sono stati calcolati a partire dalla tariffa DGR associata a ciascun caso, tariffa che, come spiegato nel paragrafo 5.1.2, rappresenta lo strumento di riferimento ai fini della remunerazione dell'attività ospedaliera per acuti.

Di seguito saranno illustrate le lesioni associate più frequentemente ai diversi scenari.

Negli **incidenti per collisione** i distretti corporei maggiormente coinvolti sono le estremità inferiori del corpo, l'addome e la testa. La prevalenza di tali distretti corporei rispetto ai restanti è concorde con l'analisi delle lesioni per tipologia di infortunato in quanto la maggior parte degli utenti coinvolti in incidenti per collisione sono conducenti di veicoli a motore e pedoni, categorie di utenti per cui tali tipologie di lesioni sono le più frequenti.

Analizzando i due parametri della degenza media e del costo medio si evince che le lesioni più severe, e pertanto caratterizzate da un valore più elevato dei due indicatori, sono in prima istanza quelle del capo, seguite dalle lesioni del rachide. I pazienti che presentano una diagnosi principale appartenente a tali distretti sono caratterizzati da una degenza media circa pari o superiore ai 13 giorni, con un costo che varia tra i 10.000 e 11.000€. Le lesioni agli arti inferiori, anche se più frequenti delle precedenti, sono caratterizzate da una degenza media di poco superiore ma un costo medio inferiore (14 giorni e 8350€ rispettivamente). I traumi al livello di addome e torace sono presenti nel 25% dei casi e generano un costo medio di oltre 6500€ con circa 10 giorni di degenza. Le lesioni che interessano i restanti distretti corporei sono caratterizzate da un numero di giorni di

degenza minori e costi inferiori, come si può osservare nella tabella n. 17. Infine, si vuole commentare brevemente il risultato ottenuto per le lesioni esterne di minore entità per le quali è riportata una degenza media di oltre 12 giorni, lunghezza certamente influenzata dall'esiguo numero di casi ricoverati a seguito di tale diagnosi.

Gli incidenti per **fuoriuscita**, volontaria o involontaria, provocano principalmente lesioni all'addome o al torace (degenza media superiore ai 9 giorni e costo medio approssimativamente pari a 6000€) e traumi agli arti inferiori per i quali diminuisce il valore del costo medio fino a circa 7200€. Circa il 10-13% dei ricoverati per tale tipologia di sinistro riporta danni al capo e alle estremità superiori, i cui valori dei parametri sono riportati in tabella 18, mentre i restanti distretti corporei sono coinvolti soltanto in misura minore. In questo caso i traumi più gravi, in termini di degenza media e costo medio, si verificano per la colonna vertebrale (degenza media 18 giorni e costo medio di 7500€), tuttavia a causa della scarsa numerosità di pazienti a cui è associata una diagnosi principale di questo tipo non si ritengono tali valori altamente significativi, analogamente a quanto emerso per le lesioni minori esterne.

Gli incidenti per **perdita di controllo** rispetto a quelli per collisione presentano una leggera diminuzione delle lesioni del capo a fronte di un aumento delle lesioni che interessano le estremità superiori e inferiori. Una possibile spiegazione può essere dovuta al fatto che in tale dinamica sono frequentemente coinvolti i motociclisti per cui le lesioni alle estremità superiori e inferiori risultano essere maggiormente probabili come conseguenza delle minori protezioni. La numerosità delle lesioni all'addome/torace rimane comunque elevata a causa degli urti contro gli elementi dell'infrastruttura.

Contrariamente alle precedenti tipologie di incidenti in questo caso le conseguenze più gravi si hanno per diagnosi che coinvolgono il distretto corporeo della faccia con degenza media di 15 giorni e costo medio di circa 12.500€. Seguono i distretti di capo e spina dorsale caratterizzate da degenza media tra loro similare e superiore a 10 giorni con costi medi rispettivamente di 11.800€ e 8.300€. Anche le giornate di degenza collegate ad un trauma agli arti inferiori si attestano sul valore di 10 giorni, tuttavia il costo è inferiore e pari a 6.500€. Restano elevate le giornate di degenza per traumi all'addome con costi superiori ai 4.600€. Infine, nonostante il distretto delle estremità superiori sia coinvolto con la stessa

frequenza rispetto ai precedenti, i costi e le giornate di degenza media ad essi associati sono inferiori e pari a 3.200€ e 5 giorni rispettivamente.

Injury group (EUROCOS	2017			2018			2019				
base level	Totale	Degenza Media	Costo Medio	Totale	Degenza Media	Costo Medio	Totale	Degenza Media	Costo Medio	Degenza media	Costo medio
Testa	104	13,38	10811,42	90	14,48	13248,42	109	11,18	9303,29	13,01	11121,05
Faccia	36	7,75	4045,81	30	6,80	4071,80	27	4,48	3036,11	6,34	3717,91
Colonna Vertebrale	34	13,76	9296,44	45	12,31	10197,00	36	12,31	10821,25	12,79	10104,90
Addome/Torace	117	10,21	6329,91	133	9,69	6929,37	131	10,92	6498,45	10,27	6585,91
Estremità superiore	51	8,73	4883,17	34	10,74	5278,85	44	7,48	4244,62	8,98	4802,22
Estremità inferiore	126	11,90	6552,82	122	16,69	11060,70	121	12,77	7442,07	13,79	8351,87
Lesioni esterne minori	6	18,17	4210,87	11	7,45	2233,47	16	3,81	1915,81	9,81	2786,72
Altre lesioni	13	7,23	4964,84	13	21,38	11414,31	9	8,22	5706,44	12,28	7361,86

Tabella 17: Classificazione per distretto corporeo, incidenti per collisione, 2017 - 2018 – 2019

Injury group (EUROCOST	2017			2018			2019		
base level	Totale	Degenza Me	Costo Medio	Totale	Degenza Media	Costo Medio	Totale	Degenza Media	Costo Medio
Testa	9	6,33	3503,00	10	4,10	4635,20	18	8,72	6993,11
Faccia	2	8,00	1886,50	4	3,75	2533,75	8	8,63	5677,88
Colonna Vertebrale	4	14,50	9371,50	5	26,40	7993,00	12	12,50	5148,33
Addone/Torace	28	11,25	5168,73	18	9,67	6046,83	40	8,80	6457,03
Estremità superiore	10	8,50	3319,29	8	6,38	6891,88	16	17,56	6110,75
Estremità Inferiore	28	11,79	5564,29	35	12,97	8095,20	30	16,33	7899,17
Lesioni esterne minori	1	6,00	1062,00	5	8,20	3953,88	4	35,00	9157,00
Altre lesioni	1	2,00	1271,00	2	2,40	1250,00	3	25,00	6031,67

Tabella 18: Classificazione per distretto corporeo, incidenti per fuoriuscita di corsia, 2017 - 2018 – 2019

Injury group (EUROCOS	2017			2018			2019		
base level	Totale	Degenza Media	Costo Medio	Totale	Degenza Media	Costo Medio	Totale	Degenza Media	Costo Medio
Testa	20	12,65	16240,60	25	9,80	7598,10	14	10,10	11411,00
Faccia	5	6,60	2780,40	3	5,33	4012,67	2	33,00	30524,50
Colonna Vertebrale	7	9,57	5842,00	19	14,21	12637,40	7	7,00	6376,60
Addome/Torace	30	7,67	5425,57	42	8,67	3688,44	40	9,90	4869,80
Estremità superiore	27	4,41	2543,48	15	5,33	3470,13	13	5,70	3599,10
Estremità inferiore	39	11,90	6552,82	26	8,42	6580,89	15	10,30	6412,20
Lesioni esterne minori	5	3,40	1674,72	2	3,50	1583,50	2	2,00	3141,00
Altre lesioni	2	2,50	752,00	1	4,00	3492,00	3	7,00	7277,00

Tabella 19:Classificazione per distretto corporeo, incidenti per perdita di controllo, 2017 - 2018 – 2019

5.5 Calcolo della gravità degli infortunati.

All'interno del capitolo 2.2 dedicato alla regione Piemonte era già stata individuata la necessità di rispondere alle indicazioni della Comunità Europea che richiede di individuare non solo il numero di decessi sulle strade ma anche il numero di feriti gravi. Per rispondere a tale necessità è stato istituito il progetto "*Data linkage dei record degli infortunati negli incidenti stradali regionali con i dati del sistema informativo sanitario regionale*". Esso si pone pertanto come obiettivo quello di stimare la gravità del trauma, rendendone possibile l'analisi nelle dimensioni temporali e territoriali.

Poiché, ad oggi, la definizione di ferito grave differisce tra i diversi paesi dell'Unione Europea, un primo passo fondamentale è l'adozione di una definizione comune Per tale motivo è stata proposta la scala AIS, Abbreviated Injury Score, già analizzata nel capitolo 2, il cui valore massimo, in presenza di paziente con ferite multiple, consente di distinguere i casi con criticità elevata (AIS ≥3) da coloro che presentano ferite lievi o di modesta entità (AIS ≤2).

L'analisi dell'indice di gravità dei casi oggetto del presente studio è stata effettuata dal Servizio Sovrazonale di Epidemiologia (SEPI), struttura a direzione universitaria dell'ASL TO3[78].

Verranno di seguito riportati i risultati frutto di tale analisi.

Ciò che si può notare dalle tabelle sottostanti è che circa il 30% o poco più dei ricoverati presenta un MAIS attribuibile ad una gravità elevata nel caso in cui si consideri solo la diagnosi principale. Tale percentuale sale al 43% – 50% se si considera anche la diagnosi secondaria.

Tipologia di incidente	Gravi	Gravi (%)	Non gravi	Non gravi (%)	Non determinabile	Non determinabile (%)
Collisione	526	36%	854	59%	75	5%
Fuoriuscita di corsia	84	28%	200	67%	16	5%
Perdita di controllo	131	36%	221	61%	12	3%

Figura 42: Gravità dei ricoverati per incidente stradale, valori assoluti e percentuali considerando la sola diagnosi principale.

[78] Elaborazione dati effettuata da SEPI - ASL TO3, curata dal Dott. Marco Dalmasso.

Tipologia di incidente	Gravi	Gravi (%)	Non gravi	Non gravi (%)	Non determinabile	Non determinabile (%)
Collisione	723	50%	703	48%	29	2%
Fuoriuscita di corsia	128	43%	168	56%	4	1%
Perdita di controllo	179	49%	181	50%	4	1%

Figura 43: Gravità dei ricoverati per incidente stradale, valori assoluti e percentuali, considerando diagnosi principale e secondaria.

Di questi il 70% appartengono al genere maschile ed il 30% al genere femminile. Effettuando una classificazione per fascia d'età si possono osservare le classi della popolazione che subiscono le conseguenze più gravi; tra di essi troviamo i giovani tra i 20 ed i 24 anni, gli adulti tra i 45 ed i 59 anni ed in misura solo leggermente minore gli anziani.

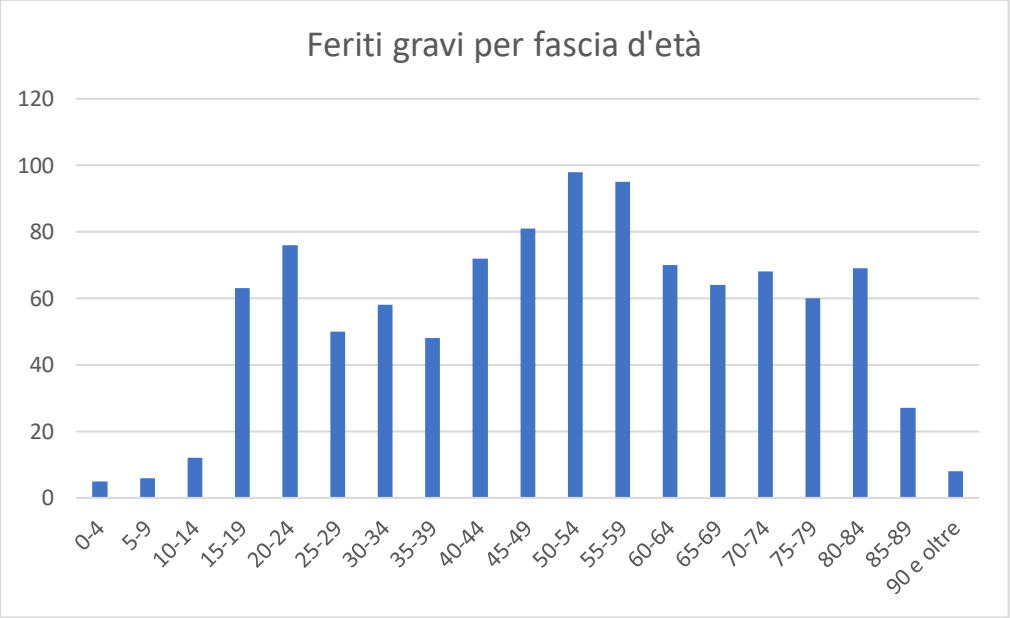


Figura 44: Feriti gravi per fascia d'età

Si evidenzia come le percentuali di gravità, calcolate su tutte le diagnosi (principali e secondarie) presenti nelle SDO dei tre scenari considerati, mostrino valori coerenti con i risultati ottenuti calcolando la media delle medie di costi e degenza che verranno descritte nel capitolo 6.1.

.

Capitolo 6: Il beneficio economico degli ADAS

Dopo aver dato una breve panoramica sulle principali caratteristiche del fenomeno all'interno della Regione quali tipologia di utenti coinvolti, classi d'età maggiormente presenti e lesioni più frequenti è necessario associare ad ogni tipologia di sinistro un costo. Pertanto, il presente capitolo sarà dedicato al calcolo dei costi sanitari legati alle differenti tipologie di incidente, ciò consentirà, grazie all'individuazione delle tecnologie di assistenza alla guida per ogni scenario presentato, di raggiungere l'obiettivo ultimo di questa tesi ovvero la definizione del beneficio economico che può derivare dall'installazione di sistemi ADAS.

Tuttavia, prima di passare ad un'analisi dei dati di tipo economico è bene effettuare una breve analisi su ciò che riporta lo stato dell'arte rispetto ai costi sostenuti dalla sanità a seguito di tali eventi.

Come già riportato all'interno del paragrafo 3.3.1, i costi sanitari degli incidenti stradali sono stati oggetto, in anni passati, di valutazione da parte del Servizio Sovrazonale di Epidemiologia ASL TO3 della Regione Piemonte. Tale valutazione ha permesso di comprendere l'evoluzione del carico assistenziale sugli ospedali della Regione.

Il costo per il soccorso e il ricovero di un infortunato da incidente stradale, nella decade che va dal 2001 al 2011, risulta in crescente aumento; nel 2001 il costo medio di un ricovero ospedaliero per incidente stradale era pari a 3.624€ e risulta quasi duplicato 11 anni più tardi. I dati più recenti infatti, risalenti al 2012, indicano un costo medio del ricovero ospedaliero per incidente stradale pari a 6.476€. Tale costo è superiore al costo sostenuto per il ricovero dovuto ad altri traumi (4.973€) ed è oltre il doppio della spesa per un ricovero non dovuto a traumi (pari a 3.184€).

Tali costi sono stati stimati, seppur con un metodo differente, per la Regione Lombardia che riporta un valore medio del costo sanitario unitario per ricovero a seguito di un incidente stradale nel 2019 di poco inferiore rispetto a quanto calcolato per la Regione Piemonte e pari a 5290€.

I valori precedentemente riportati differiscono in maniera significativa rispetto a quanto riportato nell'elaborato realizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti "Studio

di valutazione dei Costi Sociali dell'incidentalità stradale" che prevedevano nel 2019 un costo sanitario medio per vittima di incidente stradale (morto o ferito), pari a 1.965 euro.

6.1 Calcolo del costo sanitario

Il calcolo del costo sanitario, come è stato mostrato nel capitolo precedente, è stato ottenuto tramite le tariffe DRG; esse sono state utilizzate per effettuare una stima, per ogni regione del corpo, delle risorse spese dalla sanità a seguito di tali lesioni.

Tali valori sono poi stati utilizzati per effettuare una media pesata del costo totale; si è scelto di eseguire una media pesata in quanto permette di tenere conto della maggiore o minore frequenza delle varie lesioni e pertanto dare una stima più affidabile circa il costo sostenuto dalla sanità nelle differenti tipologie di incidente.

Per i differenti scenari i costi medi nei tre anni sono riportati nelle tabelle sottostanti.

Tabella 20: Degenza Media e Costo Medio, Incidenti per collisione, 2017 - 2018 - 2019

Incidenti per collisione	2017	2018	2019
Degenza Media	11.25	12.78	10.59
Costo Medio	6984.84	8837.30	6945.81

Tabella 21: Degenza Media e Costo Medio, Incidenti per fuoriuscita di corsia, 2017 - 2018 – 2019

Incidenti per fuoriuscita di corsia	2017	2018	2019
Degenza Media	10.47	10.49	13.08
Costo Medio	4912.94	6278.87	6444.29

Tabella 22: Degenza Media e Costo Medio, Incidenti per perdita di controllo, 2017 - 2018 – 2019

Incidenti per perdita di controllo	2017	2018	2019
Degenza Media	8.80	9.06	9.42
Costo Medio	6419.49	6166.77	6282.96

I costi medi nei tre anni sono stati successivamente utilizzati per ottenere una media delle medie in modo da correggere per il fattore anno. È infatti possibile che, soprattutto all'interno degli scenari "fuoriuscita di corsia" e "perdita di controllo", caratterizzati da un numero minore di osservazioni, i valori siano influenzati dalla presenza di outliers, ossia, pazienti caratterizzati da una degenza estremamente lunga e costo elevato.

I risultati sono riportati nelle tabelle sottostanti.

Tabella 23: Media delle Medie di Costo e Degenza, Incidenti per collisione, 2017 - 2018 - 2019

Incidenti per collisione	Media delle Medie
Degenza	11.53
Costo	7578.97

Tabella 24: Media delle Medie di Costo e Degenza, Incidenti per fuoriuscita di corsia, 2017 - 2018 - 2019

Incidenti per fuoriuscita di corsia	Media delle Medie
Degenza Media fra gli anni	11.61
Costo Medio fra gli anni	5974.21

Tabella 25: Media delle Medie di Costo e Degenza, Incidenti per perdita di controllo, 2017 - 2018 - 2019

Incidenti per perdita di controllo	Media delle Medie
Degenza Media fra gli anni	9.06
Costo Medio fra gli anni	6291.14

Da tale analisi appare evidente come gli incidenti per collisione abbiano un peso maggiore sul sistema sanitario in quanto causano un costo per la sanità pubblica superiore ai restanti due scenari con lunghezza media della degenza di oltre 11 giorni.

I ricoverati a seguito di un incidente per fuoriuscita di corsia sono caratterizzati da una lunghezza della degenza pari a quella degli incidenti per collisione e un costo di poco inferiore all'importo speso per coloro che sono ricoverati a seguito della perdita di controllo del veicolo, la cui degenza media è la minore fra tutte.

6.2 Tecnologie adottate per ridurre gli incidenti.

Nel seguente paragrafo ad ogni scenario di incidente sono stati associati dei dispositivi, già presentati in maniera più esaustiva nel capitolo 4, che potessero intervenire per prevenire l'incidente. Nel seguito saranno elencate le tecnologie adottate per ciascuna tipologia di incidente unitamente alle motivazioni che hanno spinto all'utilizzo della particolare tecnologia ADAS.

Per gli incidenti riuniti all'interno della categoria "Incidenti per Collisione" e che pertanto, riguardano la collisione con un altro veicolo a motore, con un ciclista, un pedone o altro veicolo non a motore è stata associata la tecnologia di frenata automatica di emergenza (AEB). Il sistema, grazie alla presenza di sensori è capace di individuare la presenza di un ostacolo posto di fronte al veicolo su cui il dispositivo è installato, e avvisare il conducente di una collisione imminente, o, nel caso in cui non ci sia una reazione all'avviso di frenata, applicare automaticamente una frenata d'emergenza. Il dispositivo di frenata automatica di emergenza secondo lo studio realizzato dalla Fondazione Caracciolo in collaborazione con il Politecnico di Torino permetterebbe una diminuzione degli incidenti pari al 35%[79] senza distinzione di dinamica.

Un'ulteriore tecnologia che può agire in tale tipologia di incidenti è il sistema di adattamento intelligente della velocità in quanto la probabilità di non essere capaci di evitare una collisione aumenta con la velocità con cui si muove il veicolo, per cui, a velocità minori il conducente avrebbe a disposizione un tempo maggiore per l'applicazione di azioni

[79] Fondazione Filippo Caracciolo, "La frontiera tecnologica nella lotta agli incidenti stradali - Il ruolo degli ADAS", 2019.

correttive. Le riduzioni percentuali del numero di incidenti per l'Intelligent Speed Adaptation sono state considerate pari al 25% secondo quanto stimato dallo studio di Carsten et al.[80] per uno scenario di implementazione regolata.

Gli "Incidenti per fuoriuscita di corsia" sono stati associati ai seguenti dispositivi:

- Lane Keeping Systems: tale dispositivo, avendo la funzione di evitare un cambio di corsia involontario ridurrebbe il numero di collisioni che si verificano a seguito di questa tipologia di manovra. Secondo quanto affermato dallo studio di Utriainen et al.[81] l'implementazione del sistema poterebbe ad una riduzione del 27% degli incidenti.
- Dispositivi di rilevazione dell'angolo cieco, grazie al sensore che rileva la presenza di un altro veicolo all'interno dell'angolo privo di visibilità è possibile evitare le collisioni che si verificano quando, a seguito di un sorpasso, il conducente del veicolo che ha sorpassato si appresta a rientrare all'interno della propria corsia. In Cicchino[82] è stato stimato l'effetto di tale sistema con esiti che hanno mostrato un coinvolgimento del 20% inferiore nei veicoli dotati di blind spot warning rispetto ai veicoli che ne sono sprovvisti.

Infine, per gli "Incidenti per perdita di controllo" sono state individuate più tecnologie che agiscono su fattori differenti. La prima è l'ISA, *Intelligent Speed Adaptation*, che agisce sul fattore velocità, il quale costituisce una delle principali cause di incidente, regolando questa in base ai limiti imposti sul tronco stradale. La seconda è il Driver Alert Control; il sistema, monitorando lo stato di guida del conducente, evita il verificarsi di distrazioni o "colpi di sonno".

L'effetto del sistema Alcohol Interlock System è stato considerato trasversale, ossia, la sua efficacia nella riduzione degli incidenti stradali è stata considerata positiva indipendentemente dallo scenario in quanto, come si è avuto modo di osservare

[80] Frank Lai, Oliver Carsten, Fergus Tate, How much benefit does Intelligent Speed Adaptation deliver: An analysis of its potential contribution to safety and environment, 2012.
[81] R. Utriainen, M. Pöllänen and H. Liimatainen, "The Safety Potential of Lane Keeping Assistance and Possible Actions to Improve the Potential," in IEEE Transactions on Intelligent Vehicles, vol. 5, no. 4, pp. 556-564, Dec. 2020.
[82] Jessica B. Cicchino (2018) Effects of blind spot monitoring systems on police-reported lane-change crashes, Traffic Injury Prevention, 19:6, 615-622.

precedentemente il rischio di incidente stradale cresce esponenzialmente con l'aumentare del tasso alcolemico.

6.3 Il beneficio economico degli ADAS

Nel paragrafo precedente sono stati individuati, per ogni scenario, più dispositivi di assistenza alla guida che possono agire sulla stessa tipologia di incidente in maniera simultanea, tuttavia non è possibile determinare con esattezza in che modo i differenti dispositivi interagiscano tra di loro, pertanto, per effettuare il calcolo del beneficio economico verranno considerate le singole coppie scenario – tecnologia di interesse come se queste intervenissero in maniera isolata. Ciò permetterà anche di comprendere, per i differenti scenari di incidente, quali siano le tecnologie che apportano un maggiore beneficio economico.

Al fine di identificare il beneficio atteso dovuto all'installazione dei differenti dispositivi sugli autoveicoli è necessario individuare, per ogni tecnologia, la percentuale di decessi o feriti che si potrebbero evitare ipotizzandone una diffusione a tappeto, ciò è stato fatto in maniera più completa tramite l'analisi dello stato dell'arte all'interno del capitolo 4, ed in modo più sintetico nel paragrafo precedente in cui sono stati riportati soltanto i principali risultati per le tecnologie considerate.

L'ipotesi di una diffusione a tappeto dei differenti sistemi sarà più verosimile negli anni seguenti in quanto, già a partire dal 2022, molti dispositivi di sicurezza verranno resi obbligatori sulle nuove autovetture.

In particolare, tra i sistemi considerati, saranno installati quali dispositivi di serie il sistema di segnalazione anti-distrazione e anti-sonnolenza del guidatore (DAC), il sistema di arresto autonomo di emergenza (AEB), l'assistenza intelligente alla velocità (ISA), la predisposizione per l'installazione del blocco motore con etilometro (AIS) e il mantenimento di corsia attivo (LKS).

La tabella seguente sintetizza quindi i risultati dei differenti studi analizzati.

ADAS	Riduzione Percentuale
AEB	35%
ISA	25%
LKS	28%
Blind Spot Warning	20%
Alcohol Interlock System	15%

Tabella 26: Riduzione percentuale incidenti per tipologia di ADAS

L'applicazione delle riduzioni percentuali sopra riportate alla casistica oggetto di analisi fornisce, per i differenti scenari, i valori riportati nelle seguenti tabelle riassuntive, le quali riportano il risparmio annuo ottenuto tramite la formula:

$$R_{ijk} = N_{ij} * C_{ij} * P_k$$

Dove:

i è l'indice dell'anno: 2017, 2018, 2019.

j è l'indice dello scenario con 1= collisione, 2= fuoriuscita di corsia, 3= perdita di controllo;

k indice appartenente alla tecnologia (AEB, ISA, LKS, BSW, AIS);

R_{ijk} è il risparmio ottenuto nell'anno i per lo scenario j tramite la tecnologia k;

N_{ij} è il numero di persone coinvolte in un incidente nell'anno i per lo scenario j;

C_{ij} è la spesa sostenuta dalla sanità in media nell'anno i per lo scenario j;

P_k rappresenta la percentuale di feriti/morti evitabili grazie alla tecnologia k.

Incidenti per Collisione

AEB	N° Incidenti	Costo Medio	Risparmio Annuo
2017	487	6984,84	1190565,33
2018	478	8837,30	1478480,78
2019	493	6945,81	1198499,82

Tabella 27: Risparmio Annuo, Incidenti per Collisione – AEB

ISA	N° Incidenti	Costo Medio	Risparmio Annuo
2017	487	6984,84	850403,81
2018	478	8837,30	1056057,70
2019	493	6945,81	856071,30

Tabella 28: Risparmio Annuo, Incidenti per Collisione – ISA

AIS	N° Incidenti	Costo Medio	Risparmio Annuo
2017	487	6984,84	510242,283
2018	478	8837,30	633634,6215
2019	493	6945,81	513642,78

Tabella 29: Risparmio Annuo, Incidenti per Collisione – AIS

Incidenti per Fuoriuscita di corsia

LKS	N° Incidenti	Costo Medio	Risparmio Annuo
2017	83	4912,94	114176,81
2018	87	6278,87	152953,36
2019	131	6444,29	236376,60

Tabella 30: Risparmio Annuo, Incidenti per fuoriuscita di corsia – LKS

BSW	N° Incidenti	Costo Medio	Risparmio Annuo
2017	83	4912,94	81554,86
2018	87	6278,87	109252,40
2019	131	6444,29	168840,43

Tabella 31: Risparmio Annuo, Incidenti per fuoriuscita di corsia – BSW

AIS	N° Incidenti	Costo Medio	Risparmio Annuo
2017	83	4912,94	61166,148
2018	87	6278,87	81939,3
2019	131	6444,29	126630,3195

Figura 45: Risparmio Annuo, Incidenti per fuoriuscita di corsia – AIS

Incidenti per Perdita di controllo

ISA	N° Incidenti	Costo Medio	Risparmio Annuo
2017	135	6419,49	216657,74
2018	133	6166,77	205045,13
2019	96	6282,96	150791,00

Tabella 32: Risparmio Annuo, Incidenti per perdita di controllo – ISA

AIS	N° Incidenti	Costo Medio	Risparmio Annuo
2017	135	6419,49	129994,64
2018	133	6166,77	123027,08
2019	96	6282,96	90474,60

Tabella 33: Risparmio Annuo, Incidenti per perdita di controllo – LKS

Considerando per le differenti tipologie di incidente le tecnologie che permettono di ottenere il minimo risparmio, ossia, AIS nel caso di collisioni e perdita di controllo ed BSW per gli incidenti da fuoriuscita di corsia, è possibile delineare uno scenario W*orst Case,* per il quale si ottengono i seguenti risparmi annui:

- 721.791,79 per l'anno 2017;
- 865.914,10 nell'anno 2018;
- 772.957,81 nel 2019.

Al contrario, considerando per le differenti tipologie di incidente le tecnologie che permettono di raggiungere il risparmio massimo ossia, AEB nel caso di collisioni, LKS per incidenti dovuti al rientro nella propria corsia e ISA per lo scenario "perdita di controllo" si ottengono i seguenti valori totali per i tre anni:

- 1.635.576,69€ nel 2017;
- 1.989.432,63 per l'anno 2018;
- 1.822.044,01 nel 2019.

Tali valori costituiscono dei *Best Case* a fronte di un costo totale pari a 4,7 milioni nel 2017, 5,6 milioni nel 2018, e 4,9 milioni di euro nel 2019.

Volendo calcolare l'impatto che essi hanno sul costo totale dei ricoveri, considerando per essi un costo medio di circa 7131€[83], più che doppio rispetto al costo sostenuto dalla sanità per i ricoveri non dovuti ad incidente stradale (3184€), si ottiene una percentuale di incidenza pari allo 0,4% annuo. In termini di numero di ricoveri essi incidono per lo 0,16% all'anno.

[83] Valore ottenuto tramite media pesata dei costi attribuiti ai tre differenti scenari.

Tuttavia, bisogna tenere a mente come essi siano stati calcolati tenendo in considerazione un numero di ricoveri per incidente stradale decisamente inferiore rispetto alla dimensione del fenomeno reale. Se si considera infatti, la percentuale di ricoveri a seguito di un incidente stradale per la regione Piemonte riportata nel "Rapporto annuale sull'attività di ricovero ospedaliero, dati SDO 2019"[84], pari al 4,8% del totale dei ricoveri per trauma (41.651), è possibile dare una stima dell'incidenza economica reale che tale fenomeno ha sul Sistema Sanitario.

Considerando tale percentuale il numero di ricoverati a seguito di incidente stradale sale a circa 2000 per l'anno 2019, ossia lo 0,5% del totale dei ricoveri (405.866 nel 2019)[85], portando l'ammontare dei costi sostenuti per incidente al valore di 14.262.000€, pari allo 1,1% della spesa per le ospedalizzazioni.

Se si considerano al contrario solo le ospedalizzazioni in seguito ad un trauma la percentuale del costo totale dovuta ad incidenti stradali sale al 7,3%.

Seguendo tali proiezioni il risparmio ottenibile grazie all'adozione di dispositivi di assistenza alla guida, per l'anno 2019, potrebbe andare quindi da un minimo di 2.139.300€ ad un massimo di 4.991.700 €.

A tali voci andrebbero sommati successivamente i risparmi che si otterrebbero per eventuali prestazioni fisioterapiche e di riabilitazione a seguito del ricovero che completano la spesa sostenuta dalla sanità, non introdotti nei precedenti calcoli a causa del difficile metodo di stima.

Pertanto, le risorse risparmiate potrebbero avere un peso sulla spesa annua decisamente superiore rispetto a quanto emerso dall'elaborato favorendo la destinazione di tali fondi ad altre forme di investimento.

[84] Ministero della Salute , "Rapporto annuale sull'attività di ricovero ospedaliero, dati SDO 2019", ottobre 2020.

[85] Regione Piemonte, "Dimissioni e degenza media dei ricoveri ordinari per Asl di residenza", https://www.regione.piemonte.it/.

Ad esse si dovrebbero poi aggiungere i costi extra sanitari quali la mancata produttività, i danni non patrimoniali e i costi legati all'intervento delle forza dell'ordine i quali potrebbero drasticamente diminuire grazie all'adozione di tecnologie intelligenti.

Si può concludere affermando quindi che l'investimento in risorse tecnologiche quali gli ADAS, e più in generale gli ITS, può essere ampiamente compensato dai vantaggi che si ottengono dalla riduzione degli incidenti stradali.

I risparmi calcolati precedentemente sarebbero continuativi negli anni portando vantaggi non sono solo economici ma anche, e soprattutto, sociali in quanto consentirebbero di salvare numerose vite umane.

Conclusioni

Il fenomeno dell'incidentalità, di cui si è cercato di dare una panoramica nel corso di questa tesi con particolare attenzione alla Regione Piemonte, a seguito di una crescita iniziata nel secondo dopoguerra ha visto poi una progressiva riduzione grazie alle iniziative portate avanti sia in tutto il mondo sia a livello europeo, nazionale e locale.

L'attenzione verso la sicurezza stradale e l'impegno nella prevenzione degli incidenti e delle loro conseguenze sono infatti notevolmente aumentati nel corso degli ultimi anni anche in Italia. Ne sono prova le numerose iniziative legislative, di studio, i programmi sperimentali, le campagne di sensibilizzazione che si moltiplicano ad opera di varie istituzioni (regionali, enti locali, università, ecc.).

A queste iniziative si è affiancato, successivamente, un elevato progresso tecnologico che resta tutt'ora in continua evoluzione. È proprio il progredire della tecnologia che ha permesso lo sviluppo di sistemi ITS la cui potenzialità, unitamente alle possibilità date da altre forme di miglioramento infrastrutturale, ha permesso e, in particolare nei prossimi anni, permetterà il raggiungimento di una maggiore sicurezza stradale.

La stima dei benefici che si possono ottenere dalle differenti tecnologie, al giorno d'oggi, non è tuttavia determinabile con certezza e in maniera assoluta; numerosi studi hanno cercato di comprendere quali esiti si potessero ottenere, in termini di riduzione del numero di incidenti, tramite una loro adozione a tappeto portando a risultati fra loro differenti, anche in ragione del metodo di analisi adottato. Ciò che è indubbio è che i Sistemi di Trasporto Intelligenti, e gli ADAS in particolare, possono davvero portare ad una riduzione degli incidenti che si verificano sulle strade.

Dall'analisi dei dati, effettuata all'interno dell'elaborato, si è ottenuto un risparmio minimo di 700.000€ ed un risparmio massimo pari a circa 2.000.000€.

Ricordando che la casistica all'interno dell'elaborato non rappresenta la totalità dei soccorsi e dei ricoveri per incidente stradale bensì ne costituisce solo una parte è possibile dare una stima dell'incidenza economica reale che tale fenomeno ha sul Sistema Sanitario.

Tramite l'installazione di dispositivi di ausilio alla guida ci si aspettano delle riduzioni, in termini di spesa pubblica, che vanno da un minimo di 2 milioni di euro ad un massimo di 5 milioni di euro per la sola regione Piemonte, per cui, estendendo i risultati ottenuti alle restanti regioni Italiane si potrebbero ottenere dei risultati notevoli.

Considerando ancora una volta che i costi sanitari costituiscono solo una parte dei costi sostenuti dalla società a seguito di tali eventi ci si prospetta che l'efficacia di tali sistemi sia, in proporzione, ben maggiore.

Un aspetto di crescente attualità è quello relativo alla quantizzazione dei costi degli incidenti stradali che, nel nostro Paese, pone seri problemi legati all'incertezza delle informazioni disponibili. Se i dati epidemiologici relativi ai decessi mostrano caratteristiche di completezza e affidabilità, non altrettanto si può dire riguardo ai feriti rispetto ai quali manca, tra le tante, una distribuzione dei casi per scala di gravità, nonché un'indicazione dell'esito in termini di mortalità prematura, di perdita di capacità funzionale e cognitiva e della conseguente disabilità temporanea e permanente.

Inoltre, la quantificazione dei costi sanitari non è tuttavia agevole in quanto le prestazioni sanitarie devono essere valutate tenendo conto della complessità dei percorsi assistenziali, condizionati da molteplici fattori che non riguardano solo la patologia traumatica da trattare ma anche altre caratteristiche del soggetto quali età, genere, eventuali comorbilità, ecc. .

Per una razionale allocazione delle risorse pubbliche e per un efficiente impiego delle stesse nell'azione di prevenzione e cura, un'adeguata conoscenza dei costi sanitari è fondamentale. Va però tenuto presente che anche l'analisi oggetto del presente lavoro, relativa ai costi delle ospedalizzazioni, si è dimostrata solo in apparenza più agevole in quanto strettamente dipendente dall'accuratezza dei flussi informativi presenti nelle schede di dimissione ospedaliera (SDO).

Tenuto conto che tali schede costituiscono una fonte preziosa di dati per la programmazione sanitaria, per il monitoraggio dell'erogazione dell'assistenza ospedaliera e la realizzazione di studi clinico-epidemiologici, è possibile affermare che questo lavoro si è dimostrato assai utile, grazie anche all'originale approccio metodologico prescelto, a sottolineare quanto l'accuratezza nella compilazione della SDO sia un elemento cruciale

per garantire l'attendibilità delle diverse valutazioni di tipo economico, organizzativo-gestionale e clinico-epidemiologico ad esse collegate. Infatti, alcune criticità emerse nell'analisi delle SDO relative alla casistica dei traumatismi, legate principalmente a problemi di omogeneità della compilazione, completezza e accuratezza per alcune variabili, danno conto della necessità di ulteriori migliorie nella qualità della banca dati SDO.

Ancora oggi, purtroppo, le cronache continuano a restituirci non solo la drammaticità del bilancio degli incidenti stradali, ma anche la consapevolezza che una certa quota di vittime (morti e feriti con lesioni più o meno gravi, a cui andrebbero aggiunti anche i loro famigliari) sia evitabile attraverso adeguati interventi di prevenzione che, per essere efficaci, non possono prescindere da quelli di controllo e repressione.

La necessità di una riduzione del numero di vittime da incidenti stradali, quindi, non è solo puramente numerica ed eticamente auspicata ma anche economicamente vantaggiosa; infatti, come è stato mostrato all'interno dei capitoli dedicati all'analisi dei soccorsi e dei ricoveri a seguito di un incidente stradale all'interno della Regione Piemonte, l'installazione dei dispositivi di assistenza alla guida sui veicoli, che in gran parte avverrà nei prossimi 20 anni, permette un calo dei costi sanitari, favorendo la destinazione di risorse economiche ad altre forme di investimento, consentendo, al tempo stesso, di aumentare il benessere collettivo.

Al termine di questa tesi è quindi possibile affermare con ragionevole certezza come l'innovazione e la tecnologia siano fondamentali, non solo per avvicinarsi all'ambizioso obiettivo "zero vittime" entro il 2050 posto dall'Unione Europea, ma anche per ottenere una mobilità più sicura per l'uomo e sostenibile in ottica ambientale, sociale ed economica.

È altresì utile sottolineare come il saper creare presupposti per la costruzione di sinergie intra ed interistituzionali, di cui questo lavoro è un esempio, sia fondamentale anche in ambito di sicurezza stradale per migliorare la conoscenza, mettere a sistema dati, esperienze e competenze diverse, costruire percorsi virtuosi, ottimizzare gli interventi e le risorse disponibili e, non ultimo, diffondere e potenziare la cultura della sicurezza stradale affinché possa diventare patrimonio di tutti in una più ampia cornice di cultura della legalità.

Appendice - Tabella 34: Tabella di corrispondenza Distretto Corporeo - Codice ICD - 9CM EUROCOST

Injury group (EUROCOST)	ICD-9CM	Principale descrizione tipologia traumatica
base level		
Testa		
1. lesioni al cervello	850	850 Concussione
2. altre lesioni al cranio - cervello	800-801,	800 Frattura della volta cranica,
	803-804,	801 Frattura chiusa della base cranica senza menzione di traumatismo intracranico
	851-854,	803 Altre e non specificate fratture del cranio
	950-951	804 Fratture multiple relative al cranio o alla faccia unitamente
		con altre ossa
		851 Lacerazione e contusione cerebrali
		852 Emorragia subaracnoidea, subdurale ed extradurale consecutive a traumatismo
		853 Altre e non specificate emorragie intracraniche consecutive a traumatismo
		854 Traumatismi intracranici di altra e non specificata natura
		950 Traumatismo del nervo ottico e delle vie ottiche
		951 Traumatismo di altri nervi cranici
3. lesioni ai tessuti molli della testa	873.0-1	873 Altre ferite della testa
Faccia		
4. lesioni agli occhi	870-871,	870 Ferita degli annessi ocular
	918	871 Ferita del globo oculare
		918 Traumatismo superficiale dell'occhio e dei suoi
		annessi
5. fratture alle ossa facciali	802	802 Frattura delle ossa della faccia
	925.1	925 Schiacciamento della faccia, del cuoio capelluto e

		del collo
6. ferrite aperte alla faccia	872	872 Ferita dell'orecchio
	873.2-.9	873 Altre ferite della testa
Colonna vertebrale		
7. fratture/lussazioni/distorsioni	805	805 Frattura della colonna vertebrale senza menzione di lesione del midollo spinale
	839.0-.5,	839 Altre, multiple e mal definite lussazioni
	846	846 Distorsione e distrazione della regione sacroiliaca
	847.1-.9,	847 Distorsione e distrazione di altre e non specificate parti del dorso
	953.0-.3	953 Traumatismo delle radici dei nervi e dei plessi
		rachidei
8. colpo di frusta/distorsione al collo/distorsione della colonna vertebrale cervicale	847.0	847 Distorsione e distrazione di altre e non specificate
		parti del dorso
9. lesioni del midollo spinale	806	806 Frattura chiusa della colonna vertebrale con lesione del midollo spinale
	952	952 Traumatismo del midollo spinale senza segni di
		lesione vertebrale
Addome/Torace		
10. lesioni agli organi interni	860-869,	860 Pneumotorace ed emotorace traumatici
	900-902,	861 Traumatismo del cuore e del polmone
	926	862 Traumatismo di altri e non specificati organi intratoracici
	929	863 Traumatismo dell'apparato gastrointestinale
		864 Traumatismo del fegato
		865 Traumatismo della milza
		866 Traumatismo del rene
		867 Traumatismo degli organi pelvici
		868 Traumatismo di altri organi intraddominali

		869 Traumatismo interno di organi non specificati o mal definiti
		900 Traumatismo dei vasi sanguigni della testa e del collo
		901 Traumatismo dei vasi sanguigni del torace
		902 Traumatismo dei vasi sanguigni dell'addome e del bacino
		926 Schiacciamento del tronco
		929 Schiacciamento di sedi multiple e non specificate
11. fratture di sterno/costole	807.0-3,	807 Frattura delle costola(e), dello sterno, della laringe e della trachea
	809	809 Fratture mal definite del tronco
Estremità superiore		
12. frattura della clavicula/scapola	810-811	810 Frattura della clavicola
		811 Frattura della scapola
13. frattura alle ossa del braccio	812.0-3,	812 Frattura dell'omero (Estremita' prossimale)
	818	818 Fratture mal definite dell'arto superiore
14. frattura gomito/avambraccio	812.4-5,	812 Frattura dell'omero (Estremita' distale - Gomito)
	813.0-3, 813.8-9	
15.	813.4-5, 814	813 Frattura del radio e dell'ulna
frattura del polso (incl. ossa carpali)		814 Frattura delle ossa del carpo
16. frattura della mano/dita	815-817	815 Frattura delle ossa del metacarpo
		816 Frattura di una o piu' falangi della mano
		817 Fratture multiple delle ossa della mano
17. lussazione/distorsione/ a spalla/gomito	831-832, 840-841	831 Lussazione della spalla
		832 Lussazione del gomito
		840 Distorsione e distrazione della spalla e del braccio
		841 Distorsione e distrazione del gomito e dell'avambraccio
18. lussazione/distorsione/ a polso/mano/dita	833-834, 842	833 Lussazione del polso
		834 Lussazione delle dita della mano

		842 Distorsione e distrazione del polso e della mano
19. lesione dei nervi degli arti superiori	953.4	953 Traumatismo delle radici dei nervi e dei plessi rachidei
	955	955 Traumatismo dei nervi periferici del cingolo scapolare e dell'arto superiore
20. lesione complessa dei tessuti molli	880.2, 881.2, 882.2, 883.2, 884.2,	880 Ferita della spalla e del braccio
	885-887, 903, 927	881 Ferita del gomito, dell'avambraccio e del polso
		882 Ferita della mano, escluse le dita da sole
		883 Ferita delle dita della mano
		884 Ferite multiple e non specificate dell'arto superior
		885 Amputazione traumatica del pollice (completa) (parziale)
		886 Amputazione traumatica delle altre dita della mano (completa) (parziale)
		887 Amputazione traumatica del braccio e della mano
		(completa) (parziale)
		903 Traumatismo dei vasi sanguigni dell'arto superiore
		927 Schiacciamento dell'arto superiore
Estremità inferiore		
21. frattura del bacino	808	808 Frattura del bacino
22. frattura dell'anca	820	820 Frattura del collo del femore
23. frattura della diafisi femorale	821.0-1	821 Frattura di altre e non specificate parti del femore (frattura di diafisi chiusa - esposta)
24. frattura del ginocchio/ gamba	821.2-3,	821 Frattura di altre e non specificate parti del femore (frattura di epifisi distale chiusa - esposta)
	822	822 Frattura della rotula
	823	823 Frattura della tibia e del perone
25. frattura della caviglia	824	824 Frattura della caviglia
26. frattura del piede (es caviglia)	825, 826	825 Frattura di una o piu' ossa del tarso e metatarso
		826 Frattura di una o piu' falangi del piede
27. lussazione/distorsione/strappo al ginocchio	836, 844	836 Lussazione del ginocchio

		844 Distorsione e distrazione del ginocchio e della gamba
28.	837-838, 845	837 Lussazione della caviglia
lussazione/distorsione/strappo caviglia/piede		838 Lussazione del piede
		845 Distorsione e distrazione della caviglia e del piede
29. lussazione/distorsione/strappo all'anca	835	835 Lussazione dell'anca
	843	843 Distorsione e distrazione dell'anca e della coscia
	848.5	848 Altre e mal definite distorsioni e distrazioni (Altra e mal definita distorsione e distrazione del bacino)
30. lesione dei nervi degli arti inferiori	953.5,	953 Traumatismo delle radici dei nervi e dei plessi
	956	Rachidei
		956 Traumatismo dei nervi periferici del cingolo pelvico
		e dell'arto inferiore
31. lesione complessa dei tessuti molli	890.2, 891.2, 892.2, 893.2, 894.2,	890 Ferita dell'anca e della coscia
	895-897, 904, 928	891 Ferita del ginocchio, della gamba [esclusa la
		coscia] e della caviglia
		892 Ferita del piede, escluse le dita da sole
		893 Ferita delle dita del piede
		894 Ferite multiple e non specificate dell'arto inferiore
		895 Amputazione traumatica delle dita del piede (completa) (parziale)
		896 Amputazione traumatica del piede (completa) (parziale)
		897 Amputazione traumatica della gamba (completa) (parziale)
		904 Traumatismo dei vasi sanguigni dell'arto inferiore e di sede non specificata
		928 Schiacciamento dell'arto inferiore
Minori esterne		
32. lesioni superficiali (incl. contusioni)	910-917, 919-924	910 Traumatismo superficiale della faccia, del collo e del cuoio capelluto, escluso l'occhio
		911 Traumatismo superficiale del tronco

		912 Traumatismo superficiale della spalla e del braccio
		913 Traumatismo superficiale del gomito, dell'avambraccio e del polso
		914 Traumatismo superficiale della mano, escluse le dita da sole
		915 Traumatismo superficiale delle dita della mano
		916 Traumatismo superficiale dell'anca, della coscia, della gamba e della caviglia
		917 Traumatismo superficiale del piede e delle dita del Piede
		919 Traumatismo superficiale di altre, multiple e non specificate sedi
		920 Contusione della faccia, del cuoio capelluto e del collo escluso l'occhio
		921 Contusione dell'occhio e dei suoi annessi
		922 Contusione del tronco
		923 Contusione dell'arto superiore
		924 Contusione dell'arto inferiore e di altre e non specificate
		sedi
33. ferite aperte	874-884 (excl. 880.2, 881.2, 882.2, 883.2, 884.2),	874 Ferita del collo
	890-894 (excl. 890.2, 891.2, 892.2, 893.2, 894.2)	875 Ferita del torace (parete)
		876 Ferita del dorso
		877 Ferita della natica
		878 Ferita degli organi genitali (esterni), compresa l'amputazione traumatica
		879 Ferite di altre e non specificate sedi, esclusi gli arti
		880 Ferita della spalla e del braccio
		881 Ferita del gomito, dell'avambraccio e del polso
		882 Ferita della mano, escluse le dita da sole
		883 Ferita delle dita della mano

		884 Ferite multiple e non specificate dell’arto superiore
Altre lesioni		
37. corpo esterno	930-939	930 Corpo estraneo nella parte esterna dell’occhio
		931 Corpo estraneo nell’orecchio
		932 Corpo estraneo nel naso
		933 Corpo estraneo nella faringe e laringe
		934 Corpo estraneo nella trachea, nei bronchi e nei Polmoni
		935 Corpo estraneo nella bocca, nell’esofago e nello
		Stomaco
		936 Corpo estraneo nell’intestino tenue e nel colon
		937 Corpo estraneo nell’ano e nel retto
		938 Corpo estraneo nell’apparato digerente, sede non
		Specificata
		939 Corpo estraneo nelle vie genitourinarie
39. altre e non specificate lesioni	807.4-6	807 Frattura delle costola(e), dello sterno, della laringe
	819	e della trachea
	827-828	819 Fratture multiple di ambedue gli arti superiori e
	829	dell’arto superiore con le costole e lo sterno
	830	827 Altre, multiple e mal definite fratture dell’arto inferiore
	839.6-9,	828 Fratture multiple interessanti ambedue gli arti inferiori,
	848	l’arto inferiore con quello superiore e l’arto inferiore con le costole e lo sterno
	953.8-9	
	954, 957,	829 Fratture di ossa non specificate
	925.2,	830 Lussazione della mandibola
	959, 990-995	839 Altre, multiple e mal definite lussazioni
		848 Altre e mal definite distorsioni e distrazioni
		953 Traumatismo delle radici dei nervi e dei plessi rachidei

	954 Traumatismo di altri nervi del tronco, esclusi i cingoli scapolare e pelvico
	957 Traumatismo di altri e non specificati nervi
	925.2 Schiacciamento del collo
	959 Altri e non specificati traumatismi
	990 Effetti delle radiazioni, non specificati
	991 Effetti del freddo
	992 Effetti del calore e della luce
	993 Effetti della pressione atmosferica
	994 Effetti di altre cause esterne
	995 Alcuni effetti avversi non classificati altrove

Tabella 34: Tabella di corrispondenza Distretto Corporeo - Codice ICD - 9CM

Bibliografia e Sitografia

[1]. ACI ISTAT, “Rapporto Incidenti Stradali”, 2019.

[2]. ACI, “Sicurezza Stradale – Il sonno al volante”, http://www.aci.it

[3]. Agostino P., “Tamponamenti: -45% con la frenata automatica di emergenza”, 2021, Onda Verde n.32, 18/20.

[4]. Zimelli A. (Regione Piemonte), Marco Dalmasso e Carlo Mamo, Servizio Sovrazonale di Epidemiologia, “Il calcolo della gravità degli infortunati da incidente stradale in Regione Piemonte”.

[5]. Associazione Nazionale fra le Imprese Assicuratrici, “L’assicurazione italiana”, 2019-2020.

[6]. Automobile Club Italia, “Autoritratto 2019”, Roma maggio 2020

[7]. Fildes B., Keall M., Bos N., Lie A., Page Y., Pastor C., Pennisi L., Rizzi M., Thomas P., Tingvall C., “Effectiveness of low-speed autonomous emergency braking in real-world rear-end crashes”, Accident Analysis & Prevention, Volume 81, 2015.

[8]. Basilici Menini B., Roselli M., “I furbetti del rosso presi dai “T-Red”: quasi mille multe al mese”, La Stampa, 13-08-2020

[9]. Dalla Chiara B. “Telematica per i trasporti”, Egaf, 2010.

[10]. Centro di monitoraggio regionale della sicurezza stradale, “L’incidentalità stradale in Piemonte al 2014 : Rapporto 2015. Come evolve l’impatto sanitario dell’incidentalità stradale in Piemonte?” https://ires.piemonte.it

[11]. Cfr. European Commission, Energy and Transport DG,” Intelligent Transport Systems”, Intelligence at the Service of Transport Network, Brussels 2003.

[12]. Commissione Europea, Sicurezza stradale: Mobilità e trasporti, https://ec.europa.eu.

[13]. Dalla Chiara B., “The evolution of transport systems and related energy in Europe and the world urban population, new needs, migration towards innovation and ITS”, March 2020.

[14]. Cascetta E., Punzo V., Montanino M., “Empirical analysis of effects of automated section speed enforcement system on traffic flow at freeway bottlenecks”, 2011.

[15]. Henriksson E., Öström M., Eriksson A., Preventability of vehicle-related fatalities, Accident Analysis & Prevention, Volume 33, Issue 4, 2001, Pages 467-475.

[16]. European Commission, “2019 road safety statistics: what is behind the figures?”, https://ec.europa.eu/ .

[17]. European Road Safety Observatory, “Advance Driver Assistant Systems”, 2018, https://ec.europa.eu/ .

[18]. Fédération Internationale de l'Automobile, “How to maximize the road safety benefits of ADAS?”, 14-12-2020, BH3649-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0001.

[19]. Finch D.J., Kompfner P., Lockwood C.R., Maycock G., 1994. “Speed, speed limits and accidents”. TRL Project Report 58, Transport Research Laboratory, Crowthorne, UK.

[20]. Fondazione Ania, Umberto Guidoni, “Gli incidenti alcol correlati in Italia: le azioni del settore assicurativo”.

[21]. Fondazione Filippo Caracciolo, “La frontiera tecnologica nella lotta agli incidenti stradali - Il ruolo degli ADAS”, 2019.

[22]. Lai F., Carsten O., Tate F., “How much benefit does Intelligent Speed Adaptation deliver: An analysis of its potential contribution to safety and environment”, 2012.

[23]. Hu et al., “Effects of red-light camera enforcement on fatal crashes in large US cities”, 2011.

[24]. Spyropoulou I., Penttinen M., Karlaftis M., Truls Vaa & John Golias, “ITS Solutions and Accident Risks: Prospective and Limitations”, 2018.

[25]. IRES Piemonte, “Prima della tempesta: 10 numeri sulla salute e sanità in Piemonte”, Note brevi sul Piemonte - N. 3/2020.

[26]. ISTAT, “Incidenti Stradali in Piemonte e in Valle d’Aosta”, Anno 2019.

[27]. ISTAT, “La mobilità e l’incidentalità stradale ai tempi del COVID19: primi dati 2020”, 2020.

[28]. Istituto nazionale di statistica ,“Le regioni Italiane verso gli obiettivi di sicurezza stradale: indicatori 2010 - 2018”, Roma 2020.

[29]. Scanlon J. M., Kusano K. D. and Gabler H. C., "Lane departure warning and prevention systems in the U.S vehicle fleet. Influence of roadway characteristics on potential safety benefits", Transp. Res. Board, 2016.

[30]. Cicchino J.B., “Effectiveness of forward collision warning and autonomous emergency braking systems in reducing front-to-rear crash rates”, Accident Analysis & Prevention, Volume 99, Part A, 2017.

[31]. Cicchino J.B. , “Effects of blind spot monitoring systems on police-reported lane-change crashes”, Traffic Injury Prevention, 19:6, 615-622, 2018.

[32]. Doyle M., Edwards A., and Avery M., “AEB REAL WORLD VALIDATION USING UK MOTOR INSURANCE CLAIMS DATA,” in Proceedings of the 24th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV), 2015, no. June 8-11, pp. 1–14.

[33]. Malavasi, “Sicurezza dei Trasporti”, Egaf, 2019.

[34]. Borsati M., Cascarano M., Bazzana F., “On the impact of average speed enforcement systems in reducing highway accidents: Evidence from the Italian Safety Tutor”,2019.

[35]. Edwards M., Nathanson A. & Wisch M., “Estimate of Potential Benefit for Europe of Fitting Autonomous Emergency Braking (AEB) Systems for Pedestrian Protection to Passenger Cars, Traffic Injury Prevention”, 2014.

[36]. Ministero della Salute , “Rapporto annuale sull’attività di ricovero ospedaliero, dati SDO 2019”, ottobre 2020.

[37]. Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, “Piano nazionale sulla sicurezza stradale: orientamento 2020”, http://www.mit.gov.it/

[38]. Montella, Persaud B., D’Apuzzo M., Imbriani L., “Safety evaluation of automated section speed enforcement system”, 2012.

[39]. Utriainen R., Pöllänen M. and Liimatainen H., "The Safety Potential of Lane Keeping Assistance and Possible Actions to Improve the Potential," in IEEE Transactions on Intelligent Vehicles, vol. 5, no. 4, pp. 556-564, Dec. 2020.

[40]. Regione Piemonte, “Dimissioni e degenza media dei ricoveri ordinari per Asl di residenza”, https://www.regione.piemonte.it/.

[41]. Regione Piemonte, “Emergenza 118, in Piemonte il primo servizio di trasmissione delle immagini dal luogo dell'intervento alla Centrale operativa”, https://www.regione.piemonte.it/.

[42]. Regione Piemonte, Sanità, salute e stili di vita, “Proporzione standardizzata di persone di 14 anni e più che presentano almeno un comportamento a rischio”, 2019, https://www.regione.piemonte.it.

[43]. Regione Piemonte, Statistiche Incidenti Stradali, “L’incidentalità stradale in Piemonte al 2019”, 2020.

[44]. Capasso S., ”Le tendenze e le prospettive del settore automobilistico nel contesto internazionale”, febbraio 2019.

[45]. Sternlund S., Strandroth J., Rizzi M., Lie A. & Tingvall C., “The effectiveness of lane departure warning systems—A reduction in real-world passenger car injury crashes”, 2017.

[46]. Van Beeck E., “Priorities in injury epidemiology”, Europ J Epidemiol, 2004; 19: 401-3.

[47]. Virtanen N.; Schirokoff A.; Luoma J.; Kulmala R. 2005. “Impacts of an Automatic Emergency Call System on Accident Consequences”. AINO publications 14/2005.

[48]. World Health Organization, “Global Status Report on Road Safety 2018”, https://www.who.int

Database:

Database ASL Regione Piemonte – Anni 2017, 2018, 2019.

Gentilmente messo a disposizione dalla Regione Piemonte, Direzione Sanità e Welfare.

Database Servizio di soccorso 118 – Anni 2017, 2018, 2019.

Gentilmente messo a disposizione dalla Regione Piemonte, Direzione Sanità e Welfare.