

ALMA MATER STUDIORUM – UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Corso di Laurea Magistrale in
INGEGNERIA MECCANICA

REGISTRATORE DI DATI DI EVENTO (EDR).
REGOLAMENTO EUROPEO 2019/2144 E CASO STUDIO.

Tesi di Laurea Magistrale in
RICOSTRUZIONE DEGLI INCIDENTI STRADALI M

RELATORE:

Prof. Ing. Alfonso Micucci

CANDIDATO:

Massimo Dimatteo

CORRELATORE:

Dott. Ing. Mattia Strangi

Dott. Ing. Filippo Paganelli

ANNO ACCADEMICO 2021/22

Sommario

Introduzione	1
Cap. 1 - Statistiche sull'incidentalità stradale	2
1.1 Gli incidenti stradali nel mondo.....	2
1.2 Gli incidenti stradali in Europa.....	6
1.3 Gli incidenti stradali in Italia.....	10
1.4 Gli incidenti stradali negli Stati Uniti.....	19
1.5 Tendenze future	22
Cap. 2 – Risposte al fenomeno dell'incidentalità stradale	24
2.1 Obiettivi e strategie nel mondo.....	24
2.2 Obiettivi e strategie in Europa.....	26
2.3 Obiettivi e strategie in Italia.....	31
Cap. 3 - Regolamento Europeo 2019/2144.....	32
Cap.4 - Registratore di dati di evento. Event Data Recorder (EDR) in Europa.....	37
4.1 Specifiche EDR.....	40
4.2 Gestazione EDR in Europa.....	52
4.3 Dati EDR e database analisi statistiche in-depth	57
4.4 Criticità EDR in Europa	60
4.5 Gestazione EDR negli Stati Uniti.....	62
Cap.5 - Dispositivo EDR e Bosch CDR.....	65
Cap.6 - Caso studio	82
Conclusioni	105
Bibliografia e sitografia.....	107

Introduzione

Il numero dei decessi per incidenti stradali nel mondo continua ad aumentare secondo ritmi preoccupanti, così come anche il numero dei feriti e i conseguenti costi sociali legati al fenomeno. Le stime delle conseguenze economiche legate agli incidenti stradali presentano cifre considerevoli con valori compresi tra l'1% ed il 3% del prodotto interno lordo di ogni singolo stato¹. Dal punto di vista geografico si assiste ad una spiccata eterogeneità tra paesi ad alto reddito e paesi a basso/medio reddito. I fattori che contribuiscono al verificarsi di un sinistro stradale hanno diversa natura e comprendono una moltitudine di aspetti tra i quali certamente l'età dell'individuo, le sue condizioni di salute, l'attenzione alla guida, le capacità di guida, l'eventuale assunzione di sostanze (alcol e stupefacenti) e le pratiche di guida scorrette, ma anche le caratteristiche stradali, le condizioni di traffico e le caratteristiche dei veicoli. In Europa, e più in generale nei paesi ad alto reddito, il progresso tecnologico e le azioni legislative hanno permesso di raggiungere importanti successi nel miglioramento della sicurezza stradale con conseguente riduzione del numero dei decessi. Purtroppo però, i numeri testimoniano come ci sia ancora molta strada da fare, soprattutto in ottica di protezione degli utenti vulnerabili della strada.

In questa tesi verranno presentate numerose statistiche aggiornate sul fenomeno dell'incidentalità stradale e verranno analizzate le azioni intraprese a livello europeo volte al raggiungimento degli obiettivi internazionali ed europei fissati per il 2030 ed il 2050. Verrà poi analizzato nel dettaglio il recente Regolamento Europeo 2019/2144 con particolare riferimento al Registratore di Dati di Evento (EDR) rientrante tra i dispositivi tecnologici e gli Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) resi obbligatori dallo stesso Regolamento Europeo 2019/2144. A tal proposito verrà illustrato, tramite un caso studio verificatosi in Emilia-Romagna, come un dispositivo EDR possa essere utilizzato efficacemente per ricostruire la dinamica di un sinistro stradale.

¹ United Nations Road Safety Collaboration. Piano globale per il Decennio di azione per la sicurezza stradale 2011-2020. Ginevra.

Cap. 1 - Statistiche sull'incidentalità stradale

1.1 Gli incidenti stradali nel mondo

Gli incidenti stradali costituiscono attualmente nel mondo la principale causa di morte per individui di età compresa tra i 5 ed i 29 anni. Secondo il Report Globale sulla Sicurezza Stradale dell'Organizzazione Mondiale della Sanità del 2018, nel 2016 si sono verificati 1,35 milioni di decessi causati da incidenti stradali, più della metà dei quali avvenuti a spese degli utenti vulnerabili della strada (pedoni, ciclisti, motociclisti). Circa 3700 persone ogni giorno perdono la vita a causa di incidenti stradali; un decesso ogni 24 secondi. A questi numeri si aggiungono 50 milioni di persone ferite ogni anno per la stessa causa. Gli incidenti stradali si posizionano così all'ottavo posto della classifica costituita dalle dieci principali cause di morte nel mondo e secondo le previsioni delle Nazioni Unite, senza adeguati interventi, saranno scalate ulteriori posizioni nei prossimi anni.

Rank	Cause	% of total deaths	Rank	Cause	% of total deaths
1	Ischaemic heart disease	16.6	6	Trachea, bronchus, lung cancers	3.0
2	Stroke	10.2	7	Diabetes mellitus	2.8
3	Chronic obstructive pulmonary disease	5.4	8	Road traffic injuries	2.5
4	Lower respiratory infections	5.2	9	Diarrhoeal diseases	2.4
5	Alzheimer's disease and other dementias	3.5	10	Tuberculosis	2.3

Figura 1. Principali cause di morte nel mondo (World Health Organization, Global Status Report on Road Safety 2018).

Nonostante negli ultimi 30 anni il numero di incidenti sia aumentato, come mostrato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità e da uno studio del 2020 pubblicato sulla rivista medica internazionale *Bmj Injury Prevention*², il tasso di mortalità tende a ridursi passando ad esempio da 135 morti ogni 100.000 veicoli nel 2000 al valore di 64 morti ogni 100.000 veicoli nel 2016³. Risulta interessante notare come l'andamento decrescente del tasso di mortalità appena citato conviva con un altrettanto costante aumento del numero di

² James SL, Lucchesi LR, Bisignano C, et al. Morbidity and mortality from road injuries: results from the Global Burden of Disease Study 2017. *Injury Prevention* 2020.

³ World Health Organization, Global Status Report on Road Safety 2018.

veicoli in circolazione, come visibile nella seguente immagine, che motiva in parte l'aumento del numero di incidenti stradali negli ultimi 30 anni.

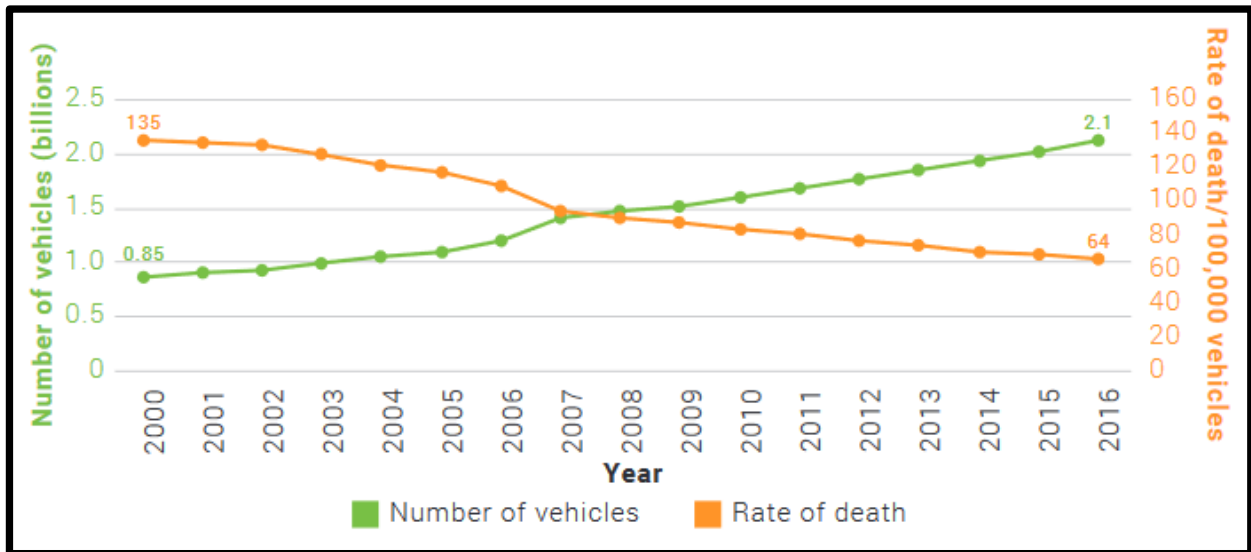


Figura 2. Andamento numero di veicoli e tasso di mortalità ogni 100.000 veicoli (World Health Organization, Global Status Report on Road Safety 2018).

Entrando più nel dettaglio, l'Organizzazione Mondiale della Sanità descrive uno scenario mondiale con importanti differenze in merito ai tassi di mortalità dei diversi paesi. In particolare, i paesi in via di sviluppo presentano tassi di mortalità più elevati rispetto ai paesi industrializzati. Ecco che i paesi definiti *low-income* (paesi a basso reddito) registrano un numero di decessi ogni 100.000 abitanti fino a cinque volte superiore rispetto a quelli di paesi industrializzati, raggiungendo picchi di 27 morti ogni 100.000 abitanti⁴. L'aspetto più preoccupante è che nei paesi *low-income* dal 2013 non è stata osservata alcuna riduzione del numero di decessi causati da incidenti stradali.

⁴ World Health Organization, Global Status Report on Road Safety 2018.

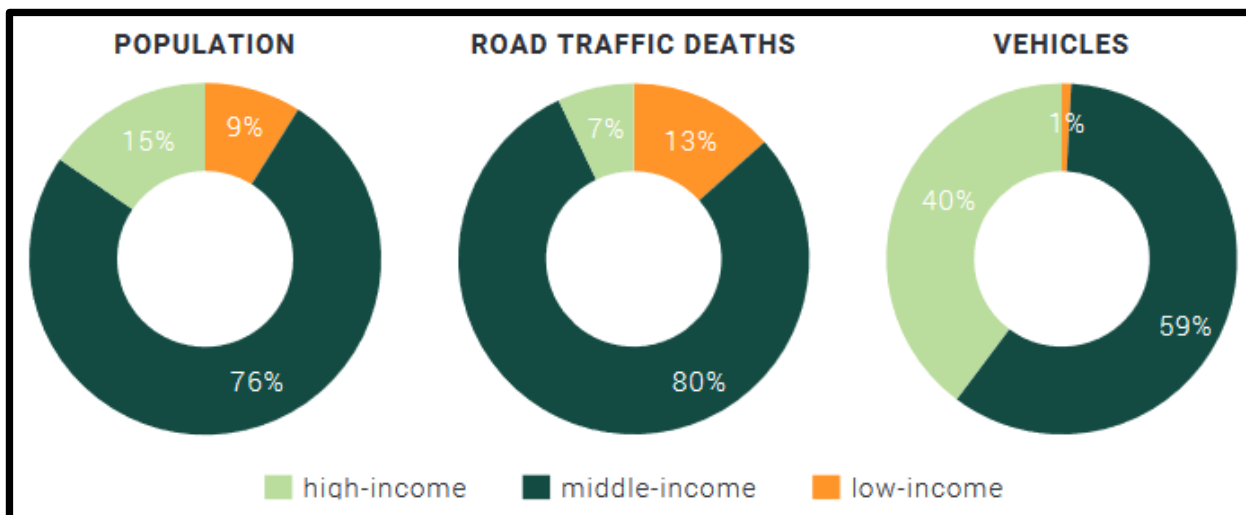


Figura 3. Numerosità popolazione, decessi per incidenti stradali e veicoli registrati per differenti classi di reddito (World Health Organization, Global Status Report on Road Safety 2018).

I maggiori progressi in termini di sicurezza stradale sono stati principalmente osservati nei paesi più sviluppati (paesi ad alto reddito) ed hanno caratterizzato in maniera molto minore i paesi a medio reddito. I motivi di tali marcate differenze vanno ricercati nella differente disponibilità di risorse che i paesi possono destinare a tematiche estremamente complesse come quella della sicurezza stradale, nonché nelle possibilità di accesso a cure mediche efficaci. Il miglioramento della sicurezza stradale risulta essere inoltre estremamente legato alla prevenzione e all'istruzione in generale e non a caso il basso livello di scolarizzazione dei paesi a basso reddito gioca un ruolo fondamentale. Per i Paesi a basso reddito, l'OMS stima che il numero di morti sia in aumento, così come per il 60% dei Paesi a medio reddito⁵. Tra i 175 Paesi del mondo considerati nello studio dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, ben 104 Paesi hanno fatto registrare negli ultimi anni un incremento del numero di decessi causati da incidenti stradali. Tali dati risultano certamente più chiari osservando la seguente figura in cui vengono mostrati sia i decessi in numero assoluto nel mondo sia i decessi ogni 100.000 abitanti.

⁵ World Health Organization, Global Status Report on Road Safety 2018.

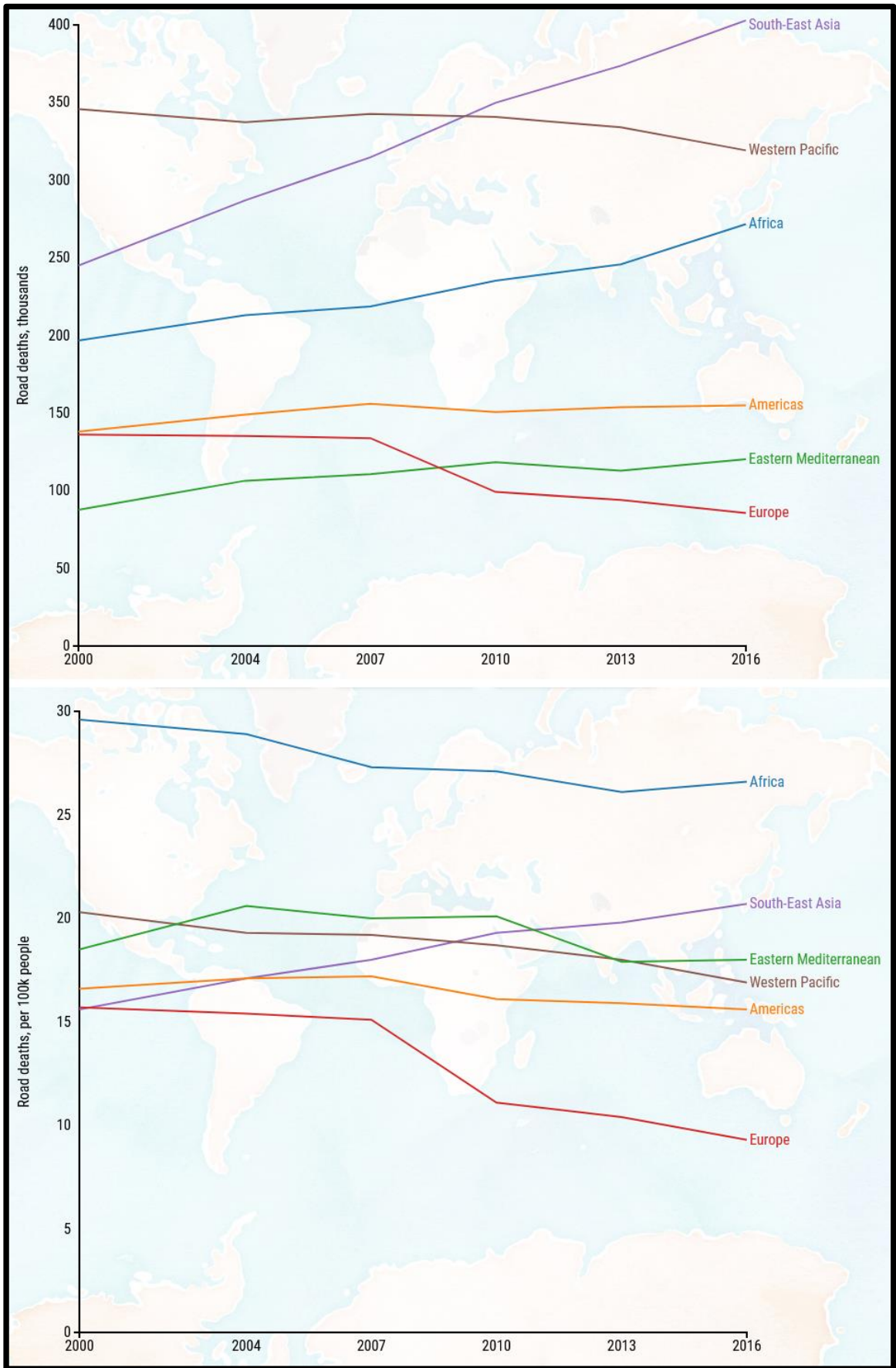


Figura 4. Numero assoluto di decessi nel mondo e numero di decessi ogni 100.000 abitanti tra il 2000 e il 2016 (WHO, Global Status Report on Road Safety 2018).

1.2 Gli incidenti stradali in Europa

La situazione in Europa risulta essere abbastanza soddisfacente. Dal 2010 al 2021 si osserva una continua riduzione del numero dei decessi grazie alle azioni intraprese a livello comunitario e grazie al continuo innalzamento degli standard di sicurezza degli autoveicoli, nonché grazie al miglioramento delle relative infrastrutture⁶. Nell'immagine seguente viene mostrato un grafico con due curve, la curva in blu rappresenta la curva obiettivo necessaria per avere nel 2020 una riduzione delle morti per incidenti stradali del 50% rispetto al 2010 (come stabilito nel 2015 dall'ONU - Sustainable Development Goals⁷), mentre la curva celeste rappresenta la riduzione reale ottenuta in Europa fino al 2020. Si osservi come nel 2020 sia stata raggiunta una riduzione del 36% rispetto al 2010, inferiore del 14% rispetto all'obiettivo prefissato.

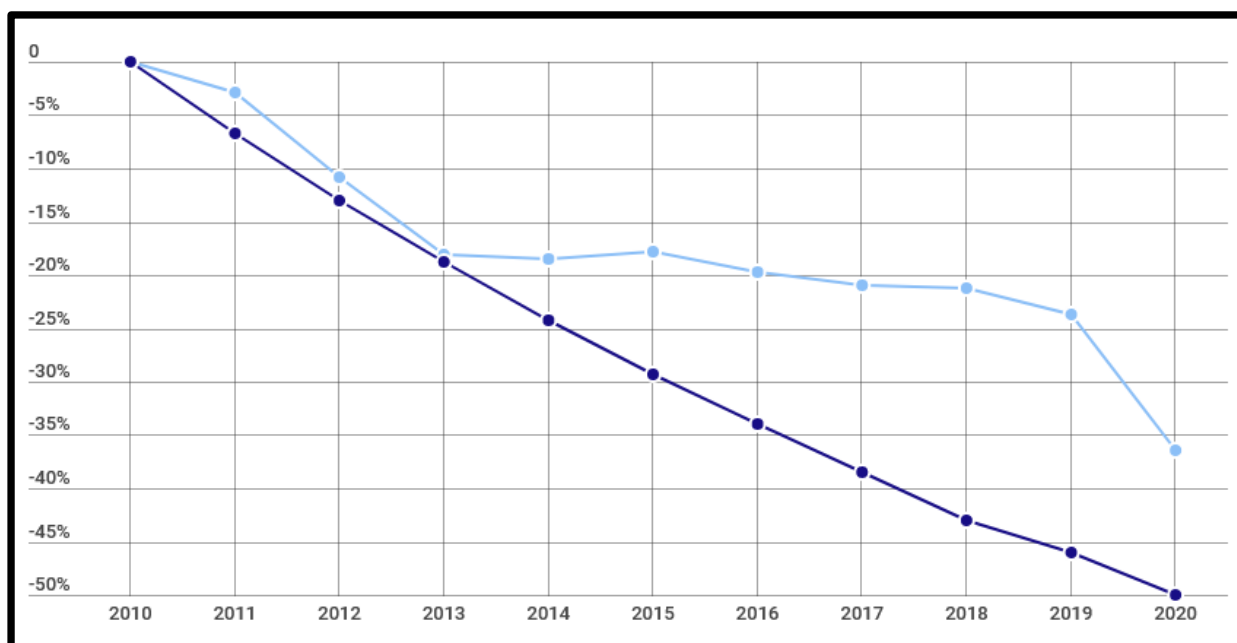


Figura 5. Riduzione del numero di vittime sulla strada rispetto al 2010. Curva riduzione reale e curva riduzione obiettivo (Road deaths in the European Union – ETSC data).

Nell'immagine precedente si può osservare come i maggiori progressi siano avvenuti nel triennio 2011-2013. Dopo il 2013 si assiste ad una fase di stagnazione probabilmente causata dall'esaurimento dei benefici apportati dalle azioni comunitarie intraprese. Interessante notare come invece il periodo di pandemia causato dal virus Covid-19 abbia portato nel 2020 un importante calo del numero di morti sulle strade. I dati del 2021 risultano pertanto

⁶ Road safety in the EU: fatalities in 2021 – European Commission.

⁷ United Nations - Sustainable Development Goals (SDGs).

difficilmente confrontabili con i dati del 2020 a causa degli effetti della pandemia, se però gli stessi vengono confrontati con il periodo pre-pandemia (2019) si osserva una riduzione del numero di decessi pari al 13%. Nel 2019 sono stati circa 22800 gli incidenti mortali, circa 7000 in meno rispetto al 2010 (-23%) e con una diminuzione del 2% rispetto al 2018⁸. Nel 2021 in Europa (EU27) si arriva così ad avere una media di morti causate da incidenti stradali pari a 44 per milione di abitanti⁹. L'Europa ha fissato con il "piano di azione strategico sulla sicurezza stradale" un ulteriore obiettivo di riduzione del 50% dei decessi stradali tra il 2020 e il 2030, e per la prima volta lo stesso obiettivo è stato fissato anche per i feriti gravi¹⁰.

Nell'immagine seguente, viene invece effettuato un confronto che evidenzia l'evoluzione dei singoli stati europei in termini di riduzione dei decessi causati da incidenti stradali dal 2001 al 2020.

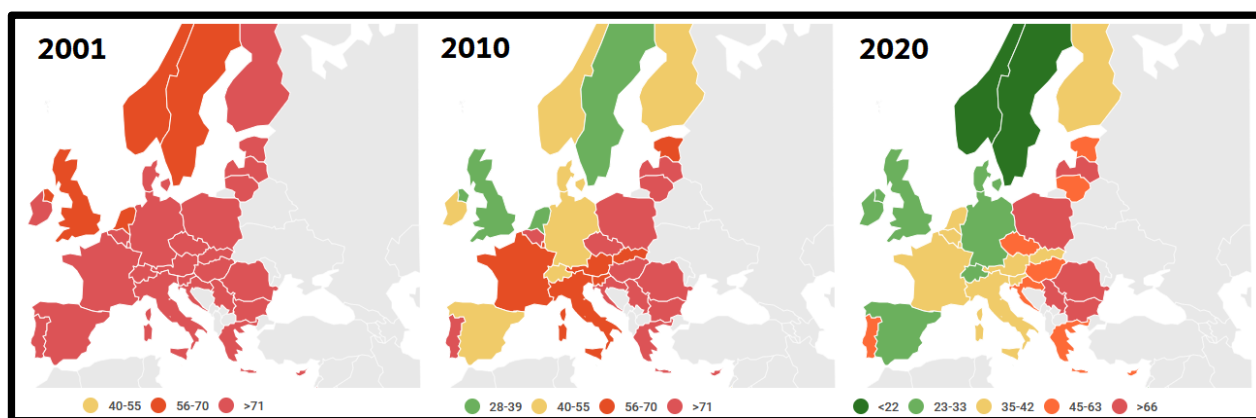


Figura 6. Decessi per milione di abitanti – confronto 2001, 2010 e 2020 (Road deaths in the European Union – ETSC data).

Le statistiche europee forniscono inoltre preziose informazioni sul tipo di utenti della strada coinvolti in sinistri mortali e sulla localizzazione dell'evento. Complessivamente il 52% dei decessi avviene su strade fuori dal centro abitato (strade extraurbane), il 40% su strade urbane e l'8% su autostrade. Più del 50% dei decessi coinvolgono utenti vulnerabili della strada e quindi pedoni, ciclisti e utenti di veicoli a due ruote. In particolare, nelle aree urbane quasi il 70% dei decessi totali è costituito da utenti vulnerabili¹¹. Importante a tal proposito citare l'art.3, comma 53 bis del nuovo codice della strada (Legge 29 luglio 2010, n. 120 - Disposizioni in materia di sicurezza stradale) che definisce utente debole della strada "i pedoni, i disabili in carrozzella, i

⁸ Road safety in the EU: fatalities in 2021 – European Commission.

⁹ Road safety in the EU: fatalities in 2021 – European Commission.

¹⁰ Quadro strategico dell'UE per la sicurezza stradale 2021-2030. Prossime tappe verso l'obiettivo "zero vittime".

¹¹ Most affected groups. Road safety in the EU: fatalities in 2021 – European Commission.

ciclisti e tutti coloro i quali meritino una tutela particolare dai pericoli derivanti dalla circolazione sulle strade. Tra questi anche i bambini”. Altro dato importante certificato dalle statistiche europee è che tra il 40 e il 60 % di tutti gli incidenti mortali legati al lavoro sono in realtà incidenti stradali che si verificano durante l'orario di lavoro o negli spostamenti casa-lavoro.

Nella seguente tabella sono stati infine riportati in dettaglio i dati percentuali ed il numero di morti per milione di abitanti di tutti gli stati dell’Unione Europea per il 2019 e per il 2021.

	Rate per million population		% change 2021 in relation to :		Rate per million population		% change 2021 in relation to :
	2019	2021	2019		2019	2021	2019
EU-27	51	44	-13%	Luxembourg	36	38	9%
Belgium	56	43	-23%	Hungary	62	56	-10%
Bulgaria	90	81	-11%	Malta	32	17	-44%
Czechia	58	50	-14%	Netherlands	34	28	-16%
Denmark	34	23	-32%	Austria	47	40	-14%
Germany	37	31	-16%	Poland	77	59	-23%
Estonia	39	41	6%	Portugal	67	50	-24%
Ireland	29	27	-2%	Romania	96	93	-4%
Greece	64	57	-12%	Slovenia	49	54	12%
Spain	37	32	-14%	Slovakia	50	47	-4%
France	50	45	-9%	Finland	38	40	6%
Croatia	73	72	-2%	Sweden	22	18	-13%
Italy	53	48	-10%				
Cyprus	59	49	-15%	Switzerland	22	23	7%
Latvia	69	78	11%	Norway	20	16	-19%
Lithuania	67	52	-22%	Iceland	17	24	50%

Figura 7. Numero di decessi per milione di abitanti relativo al 2019 e 2021 nei paesi dell’UE-27 (Road safety in the EU: fatalities in 2021 – European Commission).

Viene infine presentato un grafico che mostra chiaramente il numero di decessi causati da incidenti stradali che si sono verificati ogni anno in un arco temporale che va dal 1991 al 2020 in Europa. I dati fanno riferimento ad EU27 e pertanto non sono compresi i dati provenienti dagli stati non appartenenti all’Unione Europea (non sono ad esempio compresi i dati provenienti dall’Inghilterra). Tale andamento è stato ottenuto sfruttando le statistiche ufficiali Europee e le statistiche fornite da Dekra¹².

¹² Dekra – Road Safety Report.

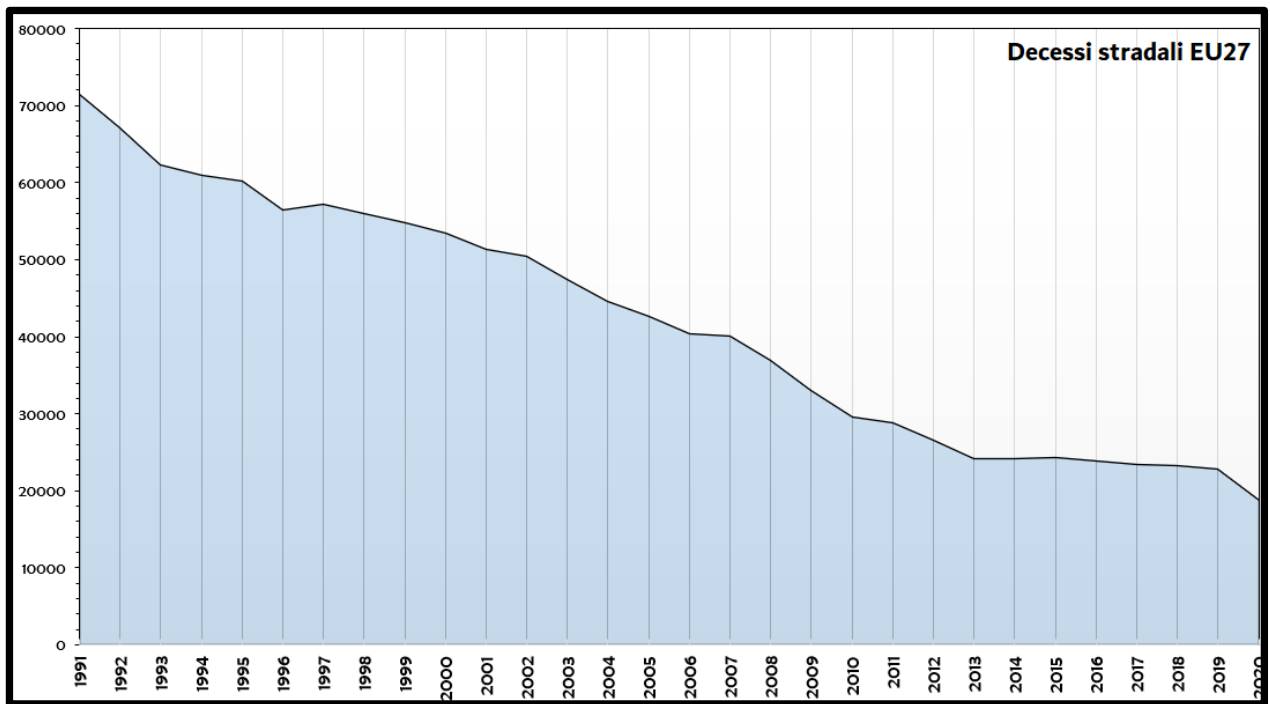


Figura 8. Andamento decessi in Europa (EU27) dal 1991 al 2020.

1.3 Gli incidenti stradali in Italia

La situazione in Italia può essere rappresentata grazie ai seguenti dati, raccolti ed elaborati dall'istituto nazionale di statistica ISTAT. Tra il 2010 e il 2019 si osserva una riduzione del numero delle vittime causate da incidenti stradali in linea con i valori riscontrabili a livello europeo. In particolare, risulta come l'Italia, nella decade 2001-2010 abbia ridotto il numero di vittime sulla strada del 42% rispetto all'anno 2000. Al 2019 l'Italia aveva invece ridotto del 22,9% il numero di vittime sulla strada rispetto al 2010 (in questa trattazione non viene considerato il 2020 in quanto, fortemente influenzato dalla pandemia, porta una riduzione del 41,8% rispetto al numero di decessi registrato nel 2010). Nella seguente immagine viene rappresentata nel dettaglio la situazione fino al 2020.

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
2020	118.298	2.395	159.249	40,3	-24,5	-66,2	-41,8

Figura 9. Andamento del numero di incidenti, morti e feriti in Italia, anni 2001-2020 (ACI-ISTAT, Rapporto Incidenti stradali, 2020).

Ancora più efficace risulta essere il seguente grafico che mostra complessivamente l'andamento positivo che caratterizza dal 1999 al 2019 il numero di incidenti, il numero di morti ed il numero di feriti in Italia.

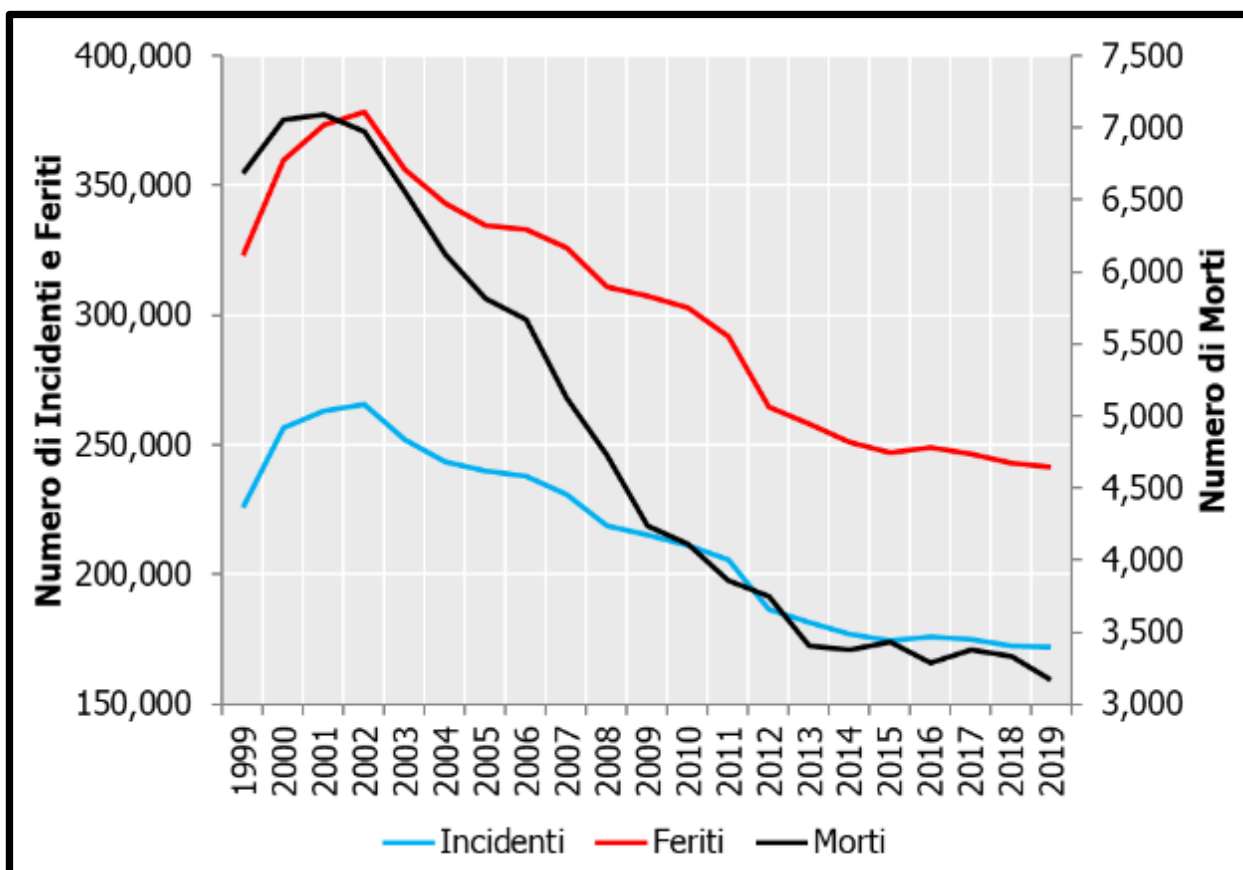


Figura 10. Numero di incidenti, numero di morti e numero di feriti dal 1999 al 2019 in Italia (ACI-ISTAT, Rapporto Incidenti stradali, 2020).

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

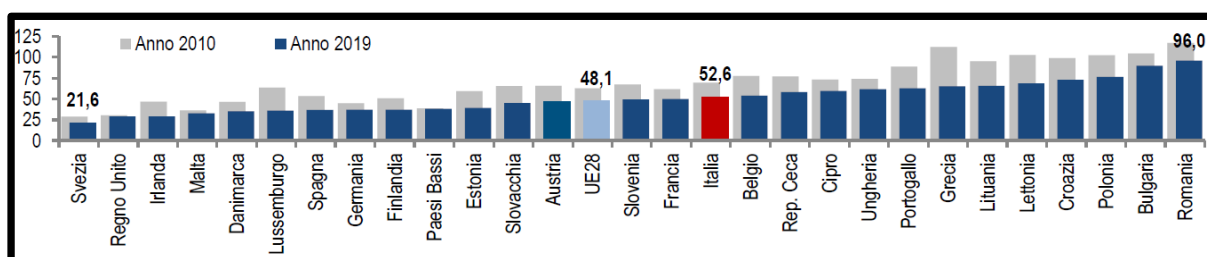


Figura 11. Decessi per milione di abitanti negli stati europei (ISTAT, Rapporto Incidenti stradali, 2019).

Come si evince dai precedenti dati le vittime di incidenti stradali sono state 3.173 nel 2019. Si è trattato di 2.566 uomini e 607 donne. I conducenti deceduti sono 2.222 (1.987 uomini e 235 donne), i passeggeri 417 (243 uomini e 174 donne) e i pedoni 534 (336 uomini e 198 donne). I livelli massimi

si registrano nelle classi di età 20-24 e 45-54 anni per gli uomini e tra i 75 e gli 89 anni per le donne. L'età delle vittime tende comunque ad aumentare negli anni in relazione all'invecchiamento della popolazione. Risulta inoltre confermato nuovamente lo svantaggio delle classi di età più giovani (20-29 anni).

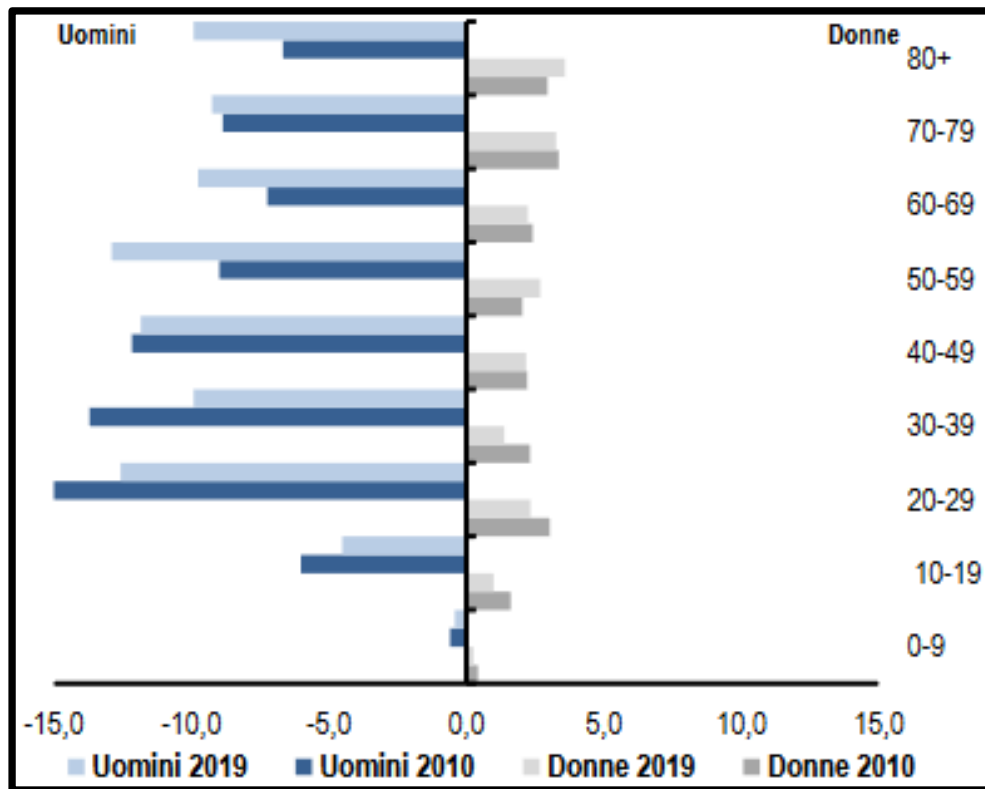


Figura 12. Decessi per classi di età in Italia (ACI-ISTAT, Rapporto Incidenti stradali, 2020).

Per quanto riguarda invece le classi di utenti, nel 2019 sono stati 1.411 i conducenti e passeggeri di autovetture deceduti (-0,8% rispetto al 2018); seguono motociclisti (698; +1,6%), pedoni (534; -12,7%), ciclisti (253; +15,5%), occupanti di autocarri e motrici (137; -27,5%), ciclomotoristi (88; -18,5%) e di altre modalità di trasporto (52; -45,8%) (che includono autobus, macchine agricole, motocarri e quadricicli). Il marcato aumento delle vittime tra i ciclisti è associato anche all'aumento delle vendite di biciclette ed e-bike, il 7% in più nel 2019 rispetto all'anno precedente, nonché ad una serie di politiche volte a favorire la mobilità alternativa e sostenibile come la legge n. 2 dell'11 gennaio 2018 "Disposizioni per lo sviluppo della mobilità in bicicletta e la realizzazione della rete nazionale di percorribilità ciclistica".

Mentre la distribuzione per genere, come visto in precedenza, mostra uno svantaggio nettamente maschile, lo stesso non vale per i pedoni, per i quali la distribuzione delle vittime fa registrare frequenze elevate anche per le donne. Nel complesso risulta inoltre che gli utenti più vulnerabili finiscono per

rappresentare circa il 50% dei morti sulle strade. Con i dati del 2019, nella seguente immagine, vengono suddivisi per categorie i decessi per meglio visualizzare l'entità del fenomeno.

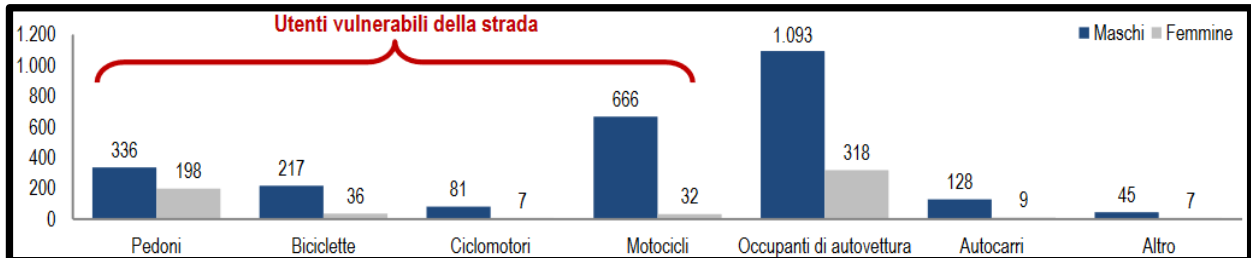


Figura 13. Decessi per categoria di utenti in Italia (ACI-ISTAT, Rapporto Incidenti stradali, 2020).

Gli utenti vulnerabili della strada, rispetto agli occupanti di un autoveicolo, non risultano protetti da una cellula di sicurezza e sono quindi direttamente esposti ai carichi generabili da un eventuale urto. Dal 2001, i continui progressi sulla sicurezza passiva/attiva dei veicoli, il miglioramento delle infrastrutture stradali, la formazione e sensibilizzazione sul tema della guida sicura e l'introduzione di precisi interventi legislativi hanno avuto certamente un peso importante sulla riduzione dei decessi. Purtroppo però, come si evince dal seguente grafico, i principali effetti hanno riguardato soprattutto gli autoveicoli ed in parte i veicoli a due ruote a motore. Riscati miglioramenti hanno invece caratterizzato la mortalità di pedoni e di ciclisti.

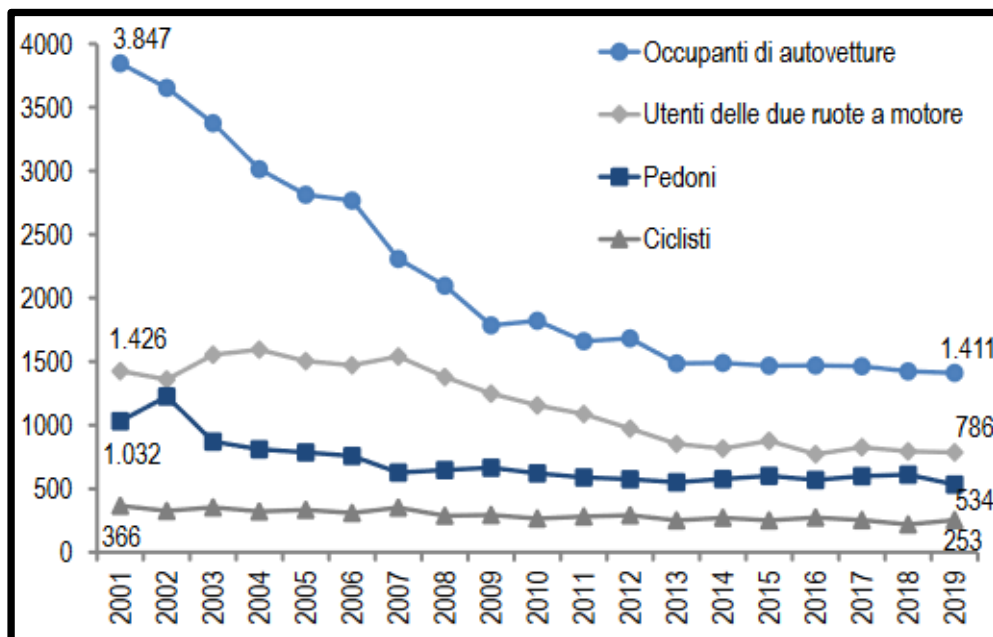


Figura 14. Decessi per categoria di utenti in Italia (ACI-ISTAT, Rapporto Incidenti stradali, 2020).

Nell'immagine a pagina seguente, viene mostrata l'evoluzione del numero di morti nel periodo 1999-2019 con le principali norme sulla sicurezza stradale entrate in vigore nel corso degli stessi anni, il tutto solo per mostrare che l'azione legislativa italiana ha accompagnato in maniera continua l'evoluzione del fenomeno, apportando sicuramente un contributo non trascurabile ai risultati raggiunti.

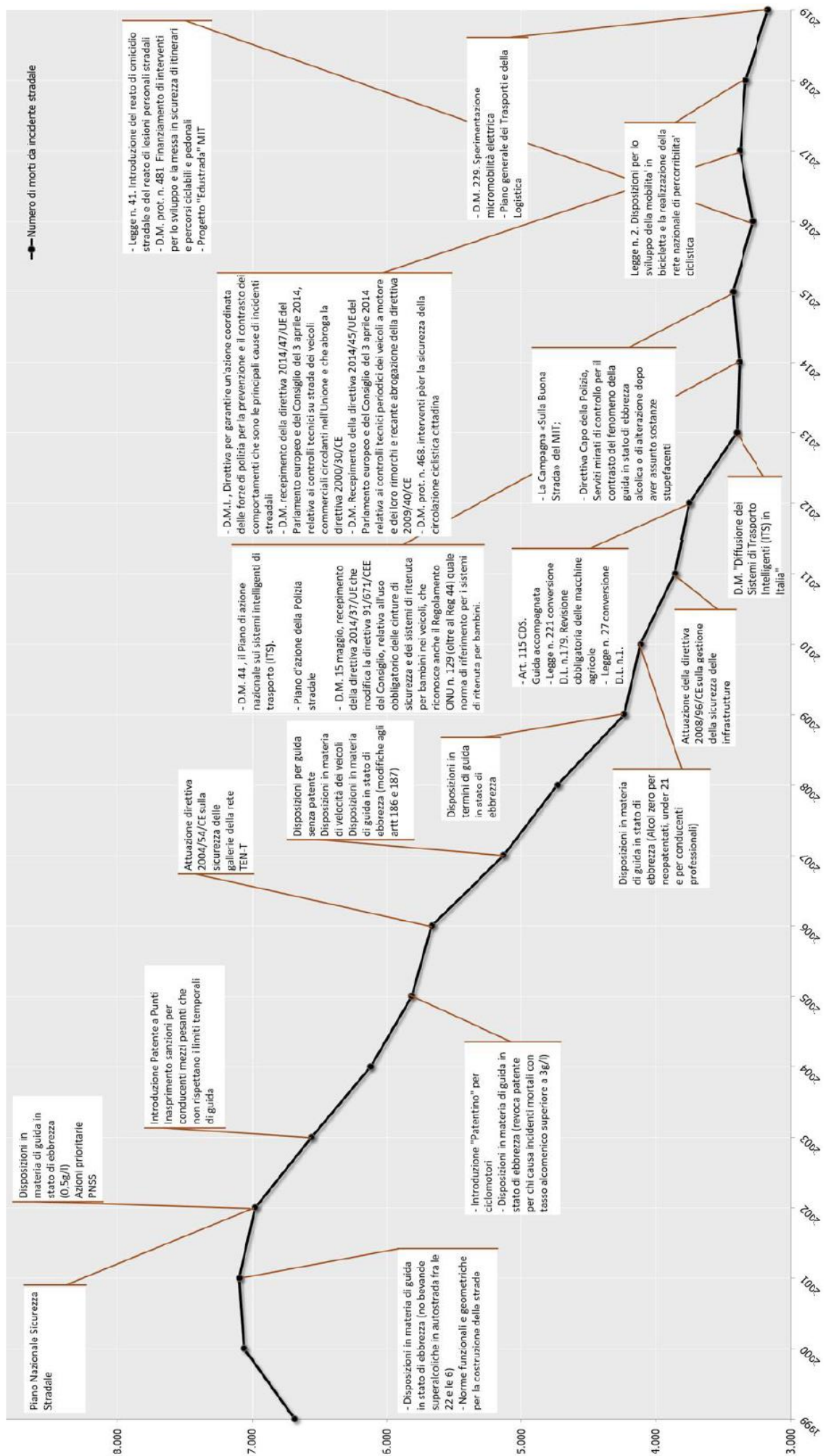


Figura 15. Evoluzione legislativa italiana.

In aggiunta ai precedenti, vanno sicuramente citati altri provvedimenti approvati successivamente al 2019, indirizzati in particolare all'utenza vulnerabile e alle forme emergenti di mobilità:

- Legge 28 febbraio 2020, n. 8, che introduce disposizioni sulla circolazione su strada dei monopattini elettrici e dei dispositivi per la micromobilità elettrica;
- Decreto-legge 19 maggio 2020, n. 34, convertito con Legge 17 luglio 2020, n. 77 e Decreto-legge 16 luglio 2020, n. 76 convertito con Legge 11 settembre 2020, n. 120, che introducono e apportano una serie di modifiche al Codice della Strada (es: strada urbana ciclabile, corsia ciclabile, casa avanzata per i velocipedi).

I dati del 2019 sulla localizzazione dei sinistri presentati da ISTAT mostrano inoltre un allineamento a quelle che sono le medie europee, con più precisamente il 41,9% di decessi avvenuti sulle strade urbane, il 48,3% avvenuti sulle strade extraurbane e il 9,8% avvenuti in autostrada.

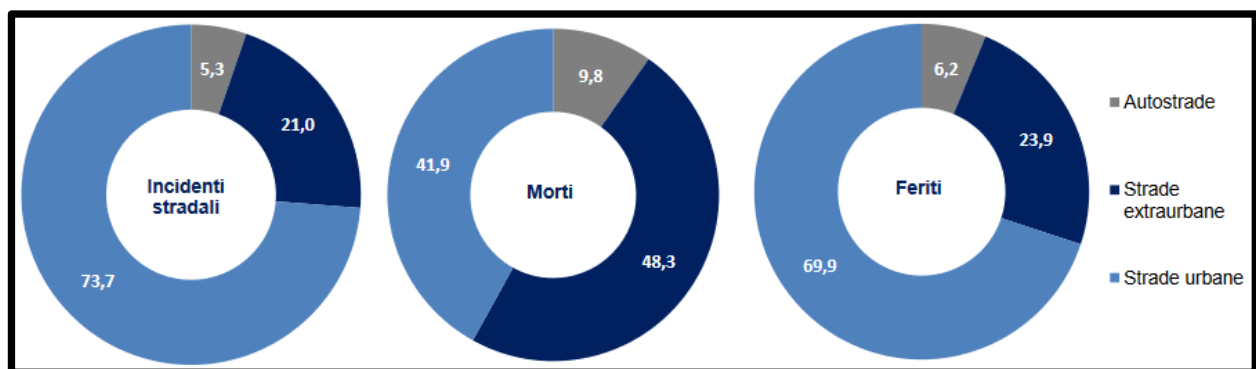


Figura 16. Localizzazione sinistri nel 2019 (ACI-ISTAT, Rapporto Incidenti stradali, 2020).

Altra statistica molto interessante prodotta da ISTAT riguarda poi la variazione di indice di mortalità rispetto all'orario giornaliero. Si nota infatti dal seguente grafico come nelle ore notturne e serali vi sia un importante aumento dell'indice di mortalità. La scarsa visibilità, soprattutto nelle strade fuori dall'abitato, gioca sicuramente un ruolo non trascurabile in queste importanti variazioni.

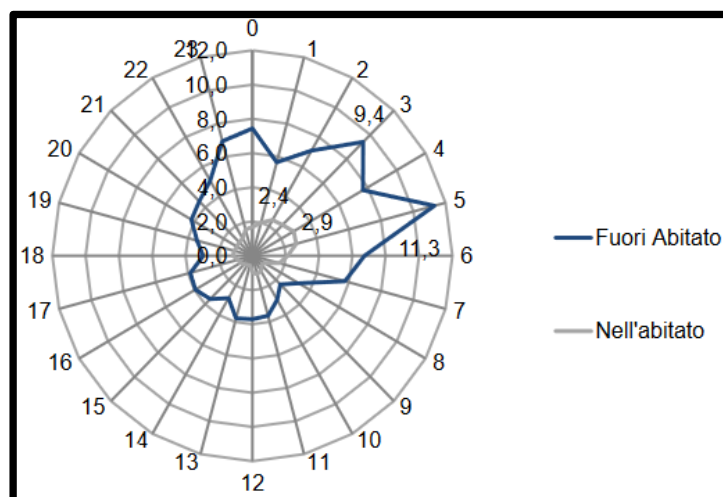


Figura 17. Distribuzione decessi fuori dall'abitato e nell'abitato in funzione dell'orario (ACI-ISTAT, Rapporto Incidenti stradali, 2020).

Come accennato in precedenza gli incidenti stradali, dal punto di vista economico, rappresentano un costo sociale significativo per l'intera collettività. Nel Novembre del 2008 il Parlamento Europeo ha adottato la Direttiva 2008/96/EC che rimanda agli Stati Membri il calcolo del "costo sociale medio di un incidente mortale ed il costo sociale medio di un incidente grave verificatosi sul loro territorio", così come recepito a livello nazionale nel D.Lgs 35/2011. Nel 2019, in particolare, i costi totali nazionali degli incidenti stradali sono risultati pari a più di 16 miliardi di euro.

	Valori in €
Costo totale dei decessi	4.772.160.270,00
• Valore medio per vittima	1.503.990
• N° vittime	3.173
Costo totale dei feriti	10.0190.991.096,00
• Valore medio per ferito	42.219
• N° feriti	241.384
Costi generali totali	1.891.602.438,00
Valore medio per incidente	10.986
• N° incidenti	172.183
COSTO SOCIALE INCIDENTALITA'	16.854.753.804,00

Figura 18. Costi incidentalità nel 2019 (ACI-ISTAT, Rapporto Incidenti stradali, 2020).

Il metodo adottato nello studio è l'approccio basato sul Capitale Umano e prende in considerazione:

- i costi umani riferiti alle vittime di incidente stradale e derivati dalla perdita di produttività per la società, dalla perdita affettiva, dolore e sofferenza delle persone coinvolte e dei parenti delle vittime, dai costi delle cure mediche cui sono state sottoposte le vittime;
- i costi generali riferiti all'incidente stradale derivati dai danni al veicolo, dalle spese per il rilievo degli incidenti da parte delle forze di polizia e dei servizi di emergenza, dai costi legali e amministrativi di gestione, dai danni causati all'infrastruttura stradale e agli edifici.

I costi sociali degli incidenti stradali costituiscono quindi una stima del danno economico subito dalla società a causa di tali eventi. Il danno economico non è rappresentato in realtà da una spesa diretta sostenuta dalla società, ma è la quantificazione economica degli oneri che, a diverso titolo, gravano sulla stessa a seguito delle conseguenze causate da un incidente stradale¹³.

¹³ Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Direzione Generale per la Sicurezza Stradale, 2012. "Studio di valutazione dei Costi Sociali dell'incidentalità stradale".

1.4 Gli incidenti stradali negli Stati Uniti

I dati statistici sugli incidenti stradali all'interno degli Stati Uniti, di seguito presentati, si basano sul report "Overview of Motor Vehicle Crashes in 2020" prodotto da NHTSA¹⁴. Secondo le stime più recenti, il costo economico annuale legato agli incidenti stradali negli Stati Uniti è pari a circa 242 miliardi di dollari¹⁵. I primi dati fondamentali sul fenomeno dell'incidentalità possono essere efficacemente riassunti dall'immagine seguente, in cui viene mostrato il numero totale di decessi e il numero di decessi ogni 100.000 abitanti dal 1975 al 2020.

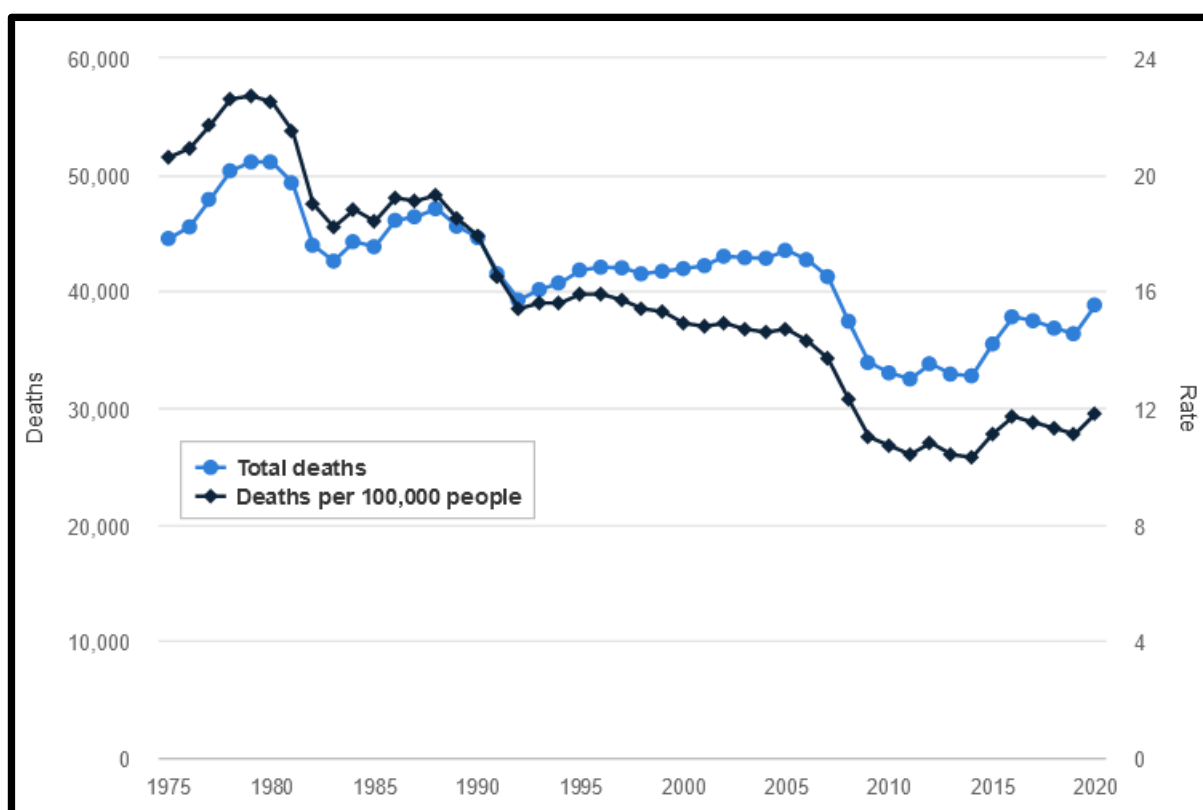


Figura 19. Numero totale di decessi e numero di decessi ogni 100.000 abitanti dal 1975 al 2020 negli Stati Uniti (FHWA's 2020 Statistics).

Analizzando gli andamenti appena mostrati, con particolare riferimento al numero di decessi ogni 100.000 abitanti, si osserva come gli Stati Uniti presentino statistiche meno floride rispetto a quelle dell'Unione Europea. Ad esempio, in riferimento al 2019, nell'Unione Europea le statistiche registrano

¹⁴ Overview of Motor Vehicle Crashes in 2020 (Report No. DOT HS 813 266). National Highway Traffic Safety Administration.

¹⁵ Blincoe, L. J., Miller, T. R., & Zaloshnja, E. and Lawrence, B.A. (2015). The economic and societal impact of motor vehicle crashes, 2010 (revised) (Report No. DOT HS-812-013). National Highway Traffic Safety Administration.

un tasso di mortalità ogni 100.000 abitanti pari a 5,1 , mentre negli Stati Uniti, sempre nello stesso anno, si registra un tasso di mortalità pari a 11,1. L'immagine precedente mostra inoltre un andamento tendenzialmente decrescente, associato purtroppo anche a fasi di stagnazione e di momentanee inversioni di tendenza. Generalmente, nell'Unione Europea, sono stati registrati negli anni andamenti più efficaci in termine di riduzione dei decessi causati da incidenti stradali.

I dati più recenti sugli Stati Uniti mostrano poi come gli individui di sesso maschile presentino tassi di mortalità più elevati rispetto agli individui di sesso opposto, con particolare riferimento agli individui di età compresa tra i 20 e i 24 anni. Interessante anche notare come il 29% dei decessi riscontrati nel 2020 siano stati provocati dall'eccesso di velocità. Proprio l'eccesso di velocità è stato inoltre la causa di più di un quarto delle vittime della strada negli ultimi dieci anni. Tra le altre cause principali figurano similmente anche la guida in stato di ebbrezza e il mancato utilizzo delle cinture di sicurezza.

Viene di seguito proposta un'immagine in cui i decessi vengono suddivisi per categorie, facendo riferimento all'anno 2011 e 2020.

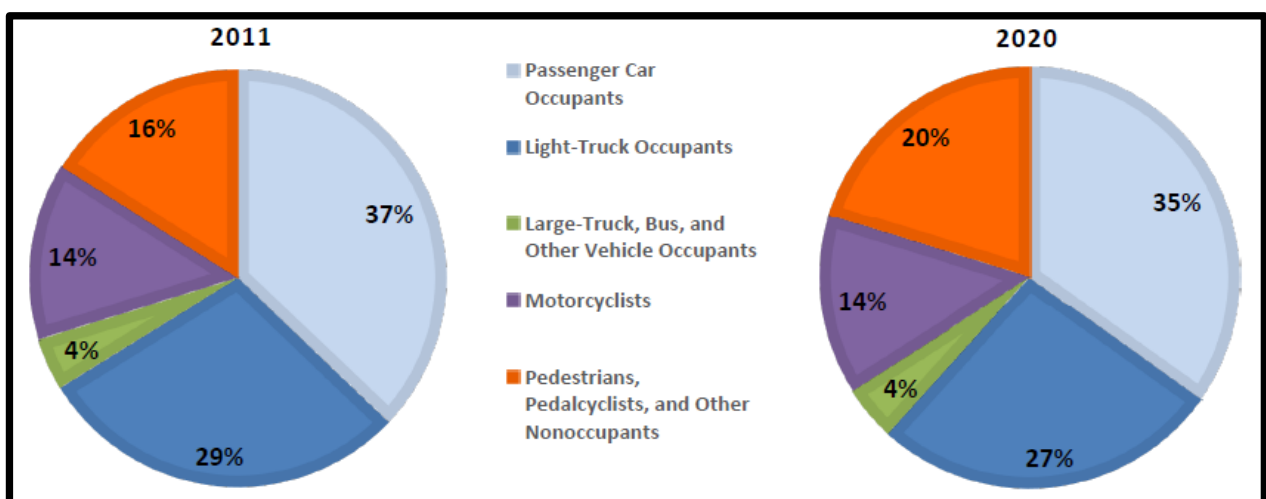


Figura 20. Decessi per categoria di utenti (NHTSA Overview of Motor Vehicle Crashes in 2020).

Dall'immagine appena presentata si osserva come il principale cambiamento riguardi gli utenti vulnerabili della strada. In questa categoria, passando dal 16% al 20%, si è osservato un aumento del 25% dei decessi tra il 2011 e il 2020. Tale criticità è stata anche riscontrata nell'Unione Europea e più in generale a livello internazionale, come mostrato nei precedenti paragrafi. La seguente figura mostra invece come dal 2011 si assista ad una leggera diminuzione dei decessi in ambito rurale e contemporaneamente ad un importante aumento dei decessi in ambito urbano. Più precisamente, le vittime urbane negli ultimi dieci anni risultano aumentate del 48% mentre le

vittime rurali sono diminuite del 6,2%. In merito occorre precisare che secondo le recenti stime la popolazione urbana è aumentata del 13% dal 2010 al 2019 mentre la popolazione rurale è diminuita negli stessi anni del 15%. Viene infine presentata un'immagine che mostra, per singolo stato, il numero di decessi ogni 100.000 abitanti in riferimento all'anno 2018.

Most				Least			
Rank	State	Per Capita Rate		Rank	State	Per Capita Rate	
1	Mississippi	22.3		1	New York	4.8	
2	South Carolina	20.6		2	Massachusetts	5.2	
3	Alabama	19.5		3	Rhode Island	5.6	
4	Wyoming	19.2		4	New Jersey	6.3	
5	New Mexico	18.7		5	Minnesota	6.8	
6	Montana	17.3		6	Washington	7.4	
7	Arkansas	17.2		7	Illinois	8.1	
8	Oklahoma	16.7		8	Hawaii	8.2	
9	Louisiana	16.4		9	Connecticut	8.2	
10	Kentucky	16.3		10	Maryland	8.3	
11	West Virginia	16.2		11	Utah	8.4	
12	Tennessee	15.5		12	California	9.0	
13	Missouri	15.1		13	Ohio	9.2	
14	South Dakota	14.9		14	Pennsylvania	9.3	
15	Florida	14.9		15	Virginia	9.7	
16	Georgia	14.4		16	Michigan	9.8	
17	Arizona	14.4		17	Iowa	10.1	
18	North Carolina	14.0		18	Wisconsin	10.1	
19	North Dakota	13.9		19	Maine	10.3	
20	Kansas	13.9		20	Alaska	10.8	
21	Idaho	13.5		21	Vermont	10.9	
22	Indiana	12.9		22	New Hampshire	10.9	
23	Texas	12.9		23	Nevada	11.0	
24	Oregon	12.2		24	Colorado	11.3	
25	Nebraska	12.0		25	Delaware	11.5	

Figura 21. Numero di decessi ogni 100.000 abitanti per singolo stato USA (FHWA's 2020 Statistics).

1.5 Tendenze future

In futuro, le statistiche fin qui presentate sono destinate a variare e ad arricchirsi di nuovi dati a causa della diffusione di nuove forme di mobilità. Già da qualche anno si assiste a questa evoluzione a cui risultano associate inevitabilmente nuove forme di sinistri stradali. Le statistiche hanno ad esempio iniziato a mostrare nuovi dati che coinvolgono i velocipedi proprio a causa del continuo aumento del numero di velocipedi in circolazione. Allo stesso modo, i diversi tipi di guida autonoma, la Shared mobility, MaaS e la micromobilità, concetti sempre più concreti e reali alla base di questa evoluzione, porteranno ben presto importanti quantità di dati utili per il miglioramento della sicurezza stradale.

Il 15 giugno 2022, il dipartimento americano NHTSA ha pubblicato due report importanti sul tema. Il primo report¹⁶ presenta statistiche sui sinistri che, a partire da luglio 2021, hanno coinvolto veicoli con sistemi ADAS di livello 2. In un veicolo dotato di sistemi ADAS di livello 2 vi è una automazione parziale in alcune fasi di guida e il conducente deve essere sempre vigile nel monitorare queste fasi per fornire opportuni comandi di guida agendo su sterzo, freno e acceleratore. Il secondo report¹⁷ presenta invece statistiche sui sinistri che, a partire da luglio 2021, hanno coinvolto veicoli a guida autonoma ADS, racchiudendo in questa categoria i veicoli che presentano sistemi ADAS di livello 3-5.

L'automazione, soprattutto con riferimento ai veicoli totalmente autonomi, è destinata ad assumere una posizione cardine nella mobilità futura poiché la stessa è in grado di consentire spostamenti efficienti fornendo anche importanti vantaggi in termini di sicurezza stradale, di riduzione di costi e riduzione dei tempi di trasporto. Prima bisognerà ovviamente affrontare un lungo periodo transitorio, molto complesso, durante il quale coesisteranno veicoli con diversi livelli di automazione. Anche la shared mobility è destinata ad aumentare il suo grado di diffusione in futuro grazie ad una serie di innegabili vantaggi quali un uso più efficiente dello spazio urbano, riduzione dei livelli di congestione del traffico, riduzione dei costi, riduzione dell'uso di risorse e riduzione delle emissioni inquinanti. Stesse osservazioni possono essere mosse per la MaaS (Mobility as a service), nuovo modo efficiente di intendere la mobilità attraverso un unico servizio trasversale in grado di consentire all'utente l'utilizzo sequenziale di varie tipologie di mezzo per portare a termine uno spostamento tra due punti. Infine, giocherà un ruolo

¹⁶ Summary Report: Standing General Order on Crash Reporting for Level 2 Advanced Driver Assistance Systems. NHTSA. June 2022.

¹⁷ Summary Report: Standing General Order on Crash Reporting for Automated Driving Systems. NHTSA. June 2022.

fondamentale anche la micromobilità, che sta emergendo come una importante alternativa all'attuale mix di trasporti, sia per utilizzo privato che in sharing. Con il termine micromobilità, si fa riferimento ai dispositivi di mobilità individuale quali biciclette, monopattini elettrici, segway, monowheel, etc., che rappresentano soluzioni di viaggio ottimali per brevi distanze, spesso il primo o l'ultimo miglio di un viaggio. Proprio i fenomeni di incidentalità legati ai veicoli per la micromobilità sono attualmente al centro dell'attenzione dei media e della comunità scientifica^{18 19 20}.

Altro aspetto destinato ad influenzare sempre maggiormente le statistiche sull'incidentalità stradale è costituito dal traffico merci. Il commercio elettronico comporta l'aumento di anno in anno dei volumi di merci e dei veicoli per la relativa distribuzione sulle strade e sulle arterie locali. Secondo i dati dell'Osservatorio B2C del Politecnico di Milano, in Italia nel 2021 gli acquisti online valgono 39,4 mld € (+21% rispetto al 2020), con un trend in continua crescita²¹. Negli Stati Uniti, ad esempio, il tasso di incidenti mortali e di incidenti legati al trasporto delle merci stanno aumentando più rapidamente dei tassi complessivi legati al traffico stradale²². In Italia, fortunatamente fra il 2010 ed il 2019, si è avuta una forte riduzione del numero di morti (-40%) e feriti (-38%) associati ai veicoli merci. Tuttavia, il vigoroso continuo aumento dei volumi di traffico ne fa un settore da tenere sotto controllo.

¹⁸ Billstein, L.; Svernlöv, C.; 2021. Evaluating the Safety and Performance of Electric Micro-Mobility Vehicles. Master's thesis, Chalmers University of Technology.

¹⁹ Boglietti, S.; Barabino, B.; Maternini, G.; 2021. Survey on e-Powered Micro Personal Mobility Vehicles: Exploring Current Issues towards Future Developments.

²⁰ Forum of European Road Safety Research (FERSI), September 2020. E-scooters in Europe: legal status, usage and safety. FERSI paper.

²¹ Osservatori.net – Ecommerce in Italia nel 2021.

²² McDonald, N., Yuan, Q., & Naumann, R. (2019). Urban freight and road safety in the era of e-commerce. *Traffic injury prevention*, 20(7), 764-770.

Cap. 2 – Risposte al fenomeno dell'incidentalità stradale

2.1 Obiettivi e strategie nel mondo

Dalle informazioni statistiche fornite nelle pagine precedenti si evince come sussistano ancora innumerevoli criticità da affrontare su cui intervenire per poter migliorare la sicurezza stradale. Grossi margini di miglioramento si sono resi possibili, e lo saranno soprattutto in futuro, grazie all'internazionalizzazione del fenomeno che ha portato tutti i paesi ad alto reddito a condividere una strada più o meno comune per l'identificazione e l'applicazione di efficaci strategie di miglioramento della sicurezza stradale. Numerose istituzioni internazionali, infatti, continuano da anni ad occuparsi di sicurezza stradale attraverso sensibilizzazione, formazione, programmazione strategica, programmi di ricerca e programmi di finanziamento. Tali istituzioni internazionali (quali ad esempio Commissione Europea, ONU, Banca Mondiale e OMS) sono affiancate da numerosi network e working group europei ed internazionali che si occupano di sicurezza stradale come ad esempio ETSC²³, FERSI²⁴, IRTAD²⁵, CEDR²⁶, ESRA²⁷. In quest'ottica, l'ONU, con la Risoluzione dell'Assemblea Generale del 25/9/2015²⁸, ha adottato l'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile (Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development²⁹), in cui promuove lo sviluppo sostenibile nei successivi 15 anni nella sfera economica, sociale e ambientale. Tale importante documento strategico identifica nella sicurezza stradale un prerequisito fondamentale per garantire una vita sana, promuovere il benessere e rendere le città inclusive, sicure, resilienti e sostenibili ed elenca, tra gli altri, due principali obiettivi:

- dimezzare, entro il 2020, il numero globale di morti e feriti a causa dagli incidenti stradali;
- assicurare a tutti, entro il 2030, l'accesso a sistemi di trasporto sicuri, economici e sostenibili, migliorando la sicurezza stradale, in particolare

²³ <https://etsc.eu>

²⁴ <https://fersi.org>

²⁵ <https://www.itf-oecd.org>

²⁶ <https://www.cedr.eu>

²⁷ <https://www.esranet.eu>

²⁸ United Nations. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015 - 70/1.

²⁹ United Nations. Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development.

potenziando i trasporti pubblici, con particolare attenzione alle esigenze di coloro che si trovano in situazioni vulnerabili, donne, bambini, persone con disabilità e persone anziane.

Tali obiettivi hanno dato nuovo impulso alla strategia dell'ONU, già definita dalla Risoluzione 64/255 con la quale fu proclamata la Decade of Action for Road Safety for the 2011–2020³⁰, tuttavia non consentendo il conseguimento dell'ambizioso obiettivo come mostrato anche nei dati statistici consultabili nelle pagine precedenti. Alla luce di ciò, nel settembre 2020, l'Assemblea Generale delle Nazioni Unite (UN) ha proclamato la "Second Decade of Action for Road Safety 2021–2030"³¹, con l'obiettivo di ridurre il numero di morti e feriti per incidenti stradali di almeno il 50% tra il 2020 e il 2030 e di raggiungere gli ulteriori obiettivi in materia di sicurezza stradale fissati dall'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile.

Nel febbraio 2019 l'Onu e l'Oms hanno siglato una strategia internazionale "A Partnership for Safer Journeys"³² che prevede attività di indirizzo e di coordinamento dei Paesi Membri e si fonda su 5 aree di azione strategiche (pilastri) seguendo nuovamente la strategia già indicata nel Global Plan for the Decade of Action for Road Safety 2011-2020³³:

- gestione della sicurezza stradale (intesa in senso dinamico);
- sicurezza delle strade e della mobilità (nel senso strutturale e statico);
- sicurezza dei veicoli;
- sicurezza degli utenti;
- gestione della fase post incidente.

³⁰ Improving global road safety. Resolution adopted by the General Assembly on 2 March 2010 - 64/255.

³¹ Draft Resolution by the General Assembly. Improving global road safety – 18 August 2020.

³² United Nations. Road safety strategy for the United Nations system and its personnel. A partnership for safer journeys.

³³ WHO. Global Plan for the Decade of Action for Road Safety 2011-2020.

2.2 Obiettivi e strategie in Europa

A livello Europeo si registrano azioni incisive sull'incidentalità stradale fin dagli anni '90. Nel 1994 la Commissione europea diffonde il Primo Programma d'azione in materia di sicurezza stradale³⁴, individuando come principali campi di intervento l'istituzione di una banca dati comunitaria sugli incidenti stradali (Progetto CARE), la sicurezza attiva e passiva dei veicoli, l'educazione e la formazione degli utenti, le misure relative ai comportamenti di guida e il miglioramento della qualità delle infrastrutture.

Dopo pochi anni, nel 1997 viene pubblicato il Secondo Programma per il miglioramento della sicurezza nei Paesi membri: "Promuovere la sicurezza stradale nell'Unione Europea: il programma 1997-2001"³⁵, avente come obiettivo la valutazione da parte degli Stati membri dell'elevato costo sociale degli incidenti stradali e la riduzione del numero delle vittime degli incidenti stradali.

Nel 2001, con il Libro Bianco, la Comunità Europea cerca di delineare una strada condivisa che potesse rendere di interesse internazionale il fenomeno della sicurezza stradale, con l'obiettivo di coordinare in maniera più efficace possibile gli sforzi dei singoli stati membri³⁶.

La Commissione Europea, nel 2003, con il terzo Programma di Azione Europeo per la Sicurezza Stradale suggerisce l'adesione e la cooperazione di tutti i soggetti ed i paesi interessati in modo da: "incoraggiare gli utenti della strada ad un migliore comportamento", "sfruttare il progresso tecnico", "migliorare le infrastrutture stradali", "aumentare la sicurezza del trasporto professionale di merci e passeggeri", "migliorare il soccorso e l'assistenza alle vittime della strada" ed infine "raccogliere, analizzare e diffondere dati sugli incidenti"³⁷. Inoltre, sempre nello stesso Programma, l'Unione Europea assume l'impegno del "*Dimezzare il numero di vittime della strada nell'Unione europea entro il 2010*" definendo tale impegno come una "*responsabilità condivisa*". Il titolo del programma si riferisce al fatto che le responsabilità in materia di sicurezza stradale devono essere ripartite fra i vari livelli di governo poiché l'Unione Europea non può perseguire lo scopo prefissato con sole azioni di sua competenza. Per stimolare e rendere coerente l'impegno di tutti i soggetti responsabili in termini di sicurezza stradale, l'Unione Europea ha richiesto loro

³⁴ Commissione europea. Programma d'azione in materia di sicurezza stradale (GU C 91, 28.3.1994).

³⁵ Commissione europea (1997) Comunicazione n.131, Promuovere la sicurezza stradale nell'Unione Europea: il programma 1997-2001.

³⁶ Commissione europea. Libro bianco: la politica europea dei trasporti fino al 2010. (COM/2001/0370)

³⁷ Commissione europea (2003). Road safety: Road Safety Action Programme (2003-2010).

di firmare la Carta europea sulla sicurezza stradale, presentata ufficialmente il 29 gennaio 2004.

Con il Quarto Programma d'azione europeo per la sicurezza stradale 2011-2020³⁸, la Commissione Europea sottolinea la necessità, nonostante i progressi registrati durante il Terzo Programma, di ulteriori sforzi volti a dimezzare il numero delle vittime entro il 2020 rispetto ai livelli del 2010, puntando a rafforzare la sicurezza a livello di utenti, vetture e infrastrutture attraverso una combinazione di misure di cooperazione, condivisione delle migliori pratiche, ricerche e studi, campagne di sensibilizzazione e, ove opportuno, misure normative. Gli Stati membri sono invitati a contribuire al conseguimento dell'obiettivo comune attraverso opportune strategie nazionali per la sicurezza stradale, tenendo conto delle singole necessità e delle singole condizioni specifiche. È opportuno, infatti, concentrare gli sforzi nelle aree ove i risultati ottenuti sono meno soddisfacenti, facendo riferimento agli Stati membri che hanno conseguito migliori esiti per la stessa area così da ridurre la disparità fra gli Stati. Per questo decennio sono stati individuati sette obiettivi strategici, per ciascuno dei quali sono proposte azioni a livello nazionale ed europeo:

- miglioramento dell'educazione stradale e della preparazione degli utenti della strada;
- rafforzamento dell'applicazione della normativa stradale agevolando anche lo scambio transfrontaliero di informazioni sulle infrazioni in materia di sicurezza stradale, comprese le migliori pratiche che contribuiscono a rendere più efficienti sia i controlli che le applicazioni;
- miglioramento della sicurezza delle infrastrutture stradali soprattutto;
- miglioramento della sicurezza dei veicoli;
- promuovere l'uso delle moderne tecnologie per migliorare la sicurezza stradale grazie ai sistemi di trasporto intelligenti (ITS) e ai sistemi avanzati di assistenza alla guida (ADAS);
- miglioramento dei servizi di emergenza e assistenza post-incidente con la definizione di azioni strategiche globali per ridurre il numero dei morti e feriti così da abbattere anche l'impatto socioeconomico;
- proteggere gli utenti vulnerabili della strada, quali ad esempio i conducenti di motocicli, ciclomotori, ciclisti e pedoni, o coloro che

³⁸ Commissione europea (2010), Verso uno spazio europeo della sicurezza stradale: orientamenti 2011-2020 per la sicurezza stradale.

per loro natura sono individuati come "fragili": anziani, bambini, persone con disabilità.

Al 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"*³⁹ l'Europa cerca di affermare la propria posizione di leader con l'intento di portare il numero di vittime della strada prossimo allo zero entro il 2050. A tal proposito la Commissione europea punta a dimezzare l'uso di veicoli ad alimentazione tradizionale nel trasporto urbano entro il 2030, ridurre il trasporto di merci su strada favorendo il trasporto ferroviario e completando la rete ferroviaria ad alta velocità europea entro il 2050.

A maggio 2018, con la comunicazione "L'Europa in movimento - Una mobilità sostenibile per l'Europa: sicura, interconnessa e pulita"⁴⁰, la Commissione Europea presenta un nuovo approccio alla politica dell'UE in materia di sicurezza stradale, unitamente a un Piano d'azione strategico a medio termine, in cui si continuano a delineare le azioni specifiche da intraprendere per migliorare la sicurezza stradale. In tale comunicazione è stato confermato l'obiettivo a lungo termine di avvicinarsi il più possibile all'azzeramento del numero di vittime sulle strade entro il 2050, aggiungendo che lo stesso obiettivo dovrà essere raggiunto anche per i feriti gravi. Sono stati, inoltre, indicati dei nuovi obiettivi intermedi, in riferimento alla riduzione del 50% del numero di vittime sulle strade tra il 2020 e il 2030, con la contestuale riduzione del 50% del numero di feriti gravi nello stesso periodo, come confermato nella recente 3° Conferenza mondiale ministeriale sulla sicurezza stradale, con la Dichiarazione di Stoccolma nel febbraio 2020. Proprio per il raggiungimento di tali obiettivi, nel giugno 2019 e nel giugno 2021, vengono rispettivamente pubblicati il documento di lavoro "Quadro dell'UE 2021-2030 per la sicurezza stradale - prossime tappe verso l'obiettivo zero vittime ("Vision Zero")"⁴¹ e la risoluzione "Quadro dell'UE 2021-2030 per la sicurezza stradale - raccomandazioni sulle prossime tappe verso l'obiettivo zero vittime ("Vision Zero")"⁴².

Il documento di lavoro del giugno 2019 ricalca nei contenuti quanto definito a livello mondiale e descritto nel paragrafo precedente, cercando di coordinare ed allineare gli stati europei in quest'ottica.

³⁹ Commissione europea. Libro bianco. Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system (COM(2011) 144).

⁴⁰ Commissione europea (2018), comunicazione "L'Europa in movimento – Una mobilità sostenibile per l'Europa: sicura, interconnessa e pulita" (COM(2018) 293).

⁴¹ Commissione europea. Next steps towards 'Vision Zero'. EU road safety policy framework 2021-2030.

⁴² Risoluzione del Parlamento europeo del 6 ottobre 2021 (2021/2014(INI)).

Di seguito invece vengono riassunte le principali raccomandazioni fornite dalla risoluzione del giugno 2021:

- Miglioramento degli indicatori chiave di prestazione ICP per la sicurezza stradale;
- Maggiori investimenti in ricerca e innovazione finalizzati all'aumento della sicurezza stradale;
- Miglioramento degli osservatori nazionali per la sicurezza stradale incaricati di raccogliere ed elaborare banche dati nazionali sulla sicurezza stradale;
- Allineamento delle strategie nazionali in materia di sicurezza stradale degli stati membri con gli obiettivi del quadro strategico dell'UE per la sicurezza stradale 2021-2030;
- Maggiori investimenti sulla sicurezza delle infrastrutture stradali;
- Miglioramento della segnaletica verticale e orizzontale, utile anche per aumentare l'efficacia dei sistemi di assistenza alla guida (come, ad esempio, il sistema di adattamento intelligente delle velocità e il sistema di assistenza al mantenimento della corsia);
- Maggiori investimenti in infrastrutture, programmi di studio e formazione che apportino benefici agli utenti vulnerabili della strada;
- Definizione di interventi finalizzati al miglioramento della mobilità sostenibile;
- Maggiori sinergie tra la rete europea di piste ciclabili EuroVelo e la rete TEN-T per rendere le infrastrutture ciclabili più sicure e meglio connesse;
- Sviluppo di ulteriori stringenti requisiti di omologazione correlati alla resistenza agli urti dei veicoli;
- Sviluppo di un nuovo quadro normativo per i veicoli automatizzati al fine di garantirne il funzionamento assolutamente sicuro per gli utenti della strada.
- Maggiori investimenti per una micromobilità sempre più sicura;
- Definizione di ulteriori interventi per limitare la velocità dei veicoli nelle strade e controllare l'entità della stessa;
- Maggiori investimenti sulla formazione;
- Definizione di ulteriori interventi per limitare l'utilizzo dei dispositivi elettronici alla guida.

All'interno dei precedenti documenti europei si fa chiaramente riferimento all'approccio "Safe System". Le organizzazioni internazionali per lo sviluppo che si occupano di trasporti e salute hanno abbracciato in modo unanime

l'obiettivo etico e strategico del Safe System, che implica una tolleranza zero nel tradizionale compromesso tra mobilità e morti/feriti gravi sulle strade.

Evidenze provenienti da diversi Paesi (come ad esempio Norvegia, Svezia, Regno Unito, Olanda) dimostrano che importanti successi nella riduzione dell'incidentalità stradale sono infatti possibili.

Il documento di lavoro del 2019 citato in precedenza, impiega per la prima volta a livello UE, l'approccio Safe System. L'approccio Safe System prende spunto e sviluppa i concetti messi a punto nell'ultima decade del secolo scorso in Svezia, con la definizione del sistema "Vision Zero", e in Olanda con il principio di "Sustainable Safety".

Il Safe System rappresenta un cambiamento importante rispetto all'approccio seguito nel passato. Ribalta la visione fatalistica secondo cui gli incidenti stradali sono il prezzo da pagare per garantire la mobilità e si prefigge l'obiettivo di eliminare le vittime di incidenti stradali e feriti gravi, sulla base di un quadro delle prestazioni e sulla base di obiettivi temporali.

L'approccio mira a sviluppare un sistema di trasporto stradale più ergonomico ed indulgente, che accetti gli errori commessi dalle persone riducendo le situazioni che li possono generare e accogliendo il concetto di ridondanza, applicato nel campo della sicurezza industriale, che prevede la predisposizione di una combinazione stratificata di misure per evitare che le persone periscano a causa dei loro errori.

Il Safe System infine, funge da quadro unificante per le politiche e i piani di sicurezza stradale che ogni stato membro delle Nazioni Unite è chiamato a predisporre ed è basato su quattro principi guida:

- 1) I guidatori commettono errori che possono portare a incidenti;
- 2) Il corpo umano ha una capacità fisica limitata nel tollerare impatti senza subire danni;
- 3) Esiste una responsabilità condivisa tra coloro che progettano, costruiscono, gestiscono e utilizzano il sistema stradale nelle sue componenti (uomo, infrastruttura, veicolo), nel prevenire incidenti che possano provocare lesioni gravi o mortali;
- 4) Tutte le parti del sistema devono essere rafforzate per moltiplicare i loro effetti in una visione olistica, in modo tale che, se una parte fallisce, gli utenti della strada risultino comunque protetti. Tale visione olistica della sicurezza stradale è caratterizzata da cinque elementi essenziali su cui intervenire: strade e margini stradali più sicuri, veicoli più sicuri, uso della strada più sicuro da parte degli utenti, velocità adatte alla funzione e al livello di sicurezza della strada, assistenza post-incidente.

2.3 Obiettivi e strategie in Italia

Risale al 1959 il primo documento che può essere considerato come primo vero e proprio codice stradale: il Testo Unico delle norme sulla disciplina della circolazione stradale⁴³, che introduce il concetto della sicurezza nella circolazione, con articoli che trattano argomenti come la visibilità, le distanze di sicurezza e i requisiti fondamentali per la patente di guida. Solo negli anni '80 si matura la consapevolezza di un elevato numero di vittime causate dalla "libertà" della circolazione stradale e, nei primi anni '90, si manifesta la necessità di "elaborare ed attuare un programma comunitario di misure concrete destinate a realizzare nuove iniziative comuni e a ravvicinare gli esperimenti attualmente effettuati a livello nazionale nei vari settori d'azione e di ricerca interessati alla lotta contro gli incidenti stradali e le conseguenze per le vittime di tali incidenti"⁴⁴. Nel 1992 in Italia viene così approvato il Nuovo Codice della Strada⁴⁵. Per una normativa specifica sulla sicurezza stradale si è dovuto attendere fino al 1999, dopo che si è recepita la Comunicazione della Commissione europea n.131 del 1997, "Promuovere la sicurezza stradale nell'Unione Europea: il programma 1997-2001", ossia il Secondo Programma d'azione. In Italia è stata quindi approvata la Legge n.144 del 1999 con l'attuazione del primo Piano Nazionale della Sicurezza Stradale (PNSS). Il PNSS è stato il primo atto normativo e legislativo con cui si è iniziato ad analizzare il problema della sicurezza stradale e le possibili soluzioni con lo scopo di diminuire, del 40%, gli effetti (morti e feriti) ed il numero degli incidenti sulla strada entro il 2010. Successivamente, sono state emanate le linee guida di attuazione a supporto dello stesso. Al primo Piano Nazionale di Sicurezza Stradale fa seguito nel 2015 il PNSS orizzonte 2020, per poi arrivare nel 2022 con il PNSS 2030 con cui l'Italia si impegna a raggiungere gli obiettivi di miglioramento della sicurezza stradale definiti a livello europeo ed internazionale.

⁴³ D.P.R. 15.06.1959 n.393.

⁴⁴ Risoluzione del consiglio e dei rappresentanti dei governi degli stati membri. Programma di azione comunitaria in materia di sicurezza stradale. Bruxelles, 21 giugno 1991.

⁴⁵ D. Lgs. n.285 del 30 aprile 1992.

Cap. 3 - Regolamento Europeo 2019/2144

Nel corso degli anni, l'introduzione nei veicoli dell'obbligatorietà di alcuni particolari sistemi tecnologici ha avuto forte impatto positivo sull'incidentalità. Basti pensare al beneficio che gli airbag anteriori, il sistema di antibloccaggio (ABS) e il controllo di stabilità (ESP/ESC) sono stati in grado di apportare negli anni. Ad esempio, secondo stime Bosch, dall'introduzione dell'ESP in Europa e fino al 2019 sono state risparmiate più di 15.000 vite grazie a questo sistema e sono stati evitati circa mezzo milione di incidenti⁴⁶.

Altro importante sistema tecnologico reso obbligatorio (per tutti i veicoli di classe M1) dal 2012 è rappresentato dal sistema di monitoraggio pressione pneumatici (TPMS). Risulta poi fondamentale citare, tra questi sistemi, anche il servizio "eCall". Il sistema eCall, basato sul numero unico di emergenza europeo 112 è in grado di ridurre il numero di vittime e la gravità delle lesioni causate dagli incidenti stradali, grazie all'allerta precoce ed automatica dei servizi di emergenza in caso di sinistro. La Commissione Europea ha stimato nel 2013 che eCall potrebbe ridurre i tempi di risposta del 40% nelle aree urbane e del 50% nelle aree rurali, salvando potenzialmente fino a 2500 vite all'anno⁴⁷. Quando eCall si attiva, a seguito di un forte impatto registrato dai sensori di bordo, si collega al più vicino centro di risposta alle emergenze mediante un dispositivo telefonico e un collegamento dati. Ciò consente a chi è a bordo del veicolo di comunicare con l'operatore del centro di emergenza e, allo stesso tempo, di trasmettere automaticamente una serie di dati fondamentali (l'esatta ubicazione GPS, il momento dell'incidente, il numero di identificazione del veicolo e la direzione seguita). In questo modo i servizi di emergenza possono valutare e gestire il sinistro con la massima efficacia. Con il Regolamento Europeo 2015/758 viene introdotto in Europa l'obbligatorietà del servizio eCall per i nuovi autoveicoli di classe M1 (veicoli progettati e costruiti per il trasporto di passeggeri con un massimo di 8 posti a sedere) ed i nuovi veicoli commerciali leggeri, omologati dopo il 31 marzo 2018⁴⁸.

Si giunge così al recentissimo Regolamento Europeo 2019/2144⁴⁹ che ripone estrema fiducia nell'utilizzo della tecnologia (soprattutto tramite un importante ricorso agli advanced driver assistance systems - ADAS) per il raggiungimento degli obiettivi europei ed internazionali di sicurezza stradale

⁴⁶ Bosch. A quarter century of electronic stability program (2020).

⁴⁷ European Commission - MEMO/13/547, 13/06/2013.

⁴⁸ Regolamento (UE) 2015/758 del Parlamento europeo e del Consiglio (29 aprile 2015).

⁴⁹ Regolamento Europeo 2019/2144 del Parlamento europeo e del Consiglio (27 novembre 2019).

analizzati nel capitolo precedente. Il Regolamento Europeo 2019/2144, infatti, prevede che a partire dal 6 luglio 2022, i veicoli con omologazione UE successiva a tale data circolanti in Europa dovranno essere dotati di una serie di dispositivi di sicurezza avanzati di seguito elencati e descritti. Tuttavia, alcuni dispositivi o alcune categorie⁵⁰ di veicoli presentano differenti date a partire dalle quali il rilascio dell'omologazione UE sarà rifiutato (se il veicolo non risponde a quanto prescritto dal Regolamento). Tali date verranno indicate, quando opportuno, nelle pagine seguenti. Si precisa che l'immatricolazione dei veicoli e la commercializzazione/messa in circolazione di componenti ed entità tecniche che non soddisfano il Regolamento Europeo (in quanto dispongono già di precedente omologazione UE) è consentita fino a 2 anni più tardi la data a partire dalla quale il rilascio dell'omologazione UE deve essere rifiutato. Ulteriori deroghe temporali sono infine previste per l'immatricolazione, la vendita e la messa in circolazione di veicoli con omologazione rilasciata al di fuori dell'Unione Europea.

Sistemi avanzati per tutte le categorie di veicoli a motore. I veicoli a motore saranno dotati dei seguenti sistemi avanzati:

- **Adattamento intelligente della velocità.**
Il sistema Intelligent Speed Assistance (ISA) fornisce al conducente un feedback basato sulle mappe e sull'osservazione dei segnali stradali ogni volta che il limite di velocità viene superato. Il Sistema è pensato per operare in armonia con il conducente e non per limitare la sua possibilità di azione durante la guida. Il conducente ha quindi il pieno controllo del mezzo e può ignorare il sistema. Il regolamento ISA prevede varie opzioni di feedback e di intervento tra le quali le case automobilistiche saranno libere di scegliere come indicato nel Regolamento Delegato (UE) 2021/1958 del 23 giugno 2021 in cui sono consultabili le procedure di prova e i requisiti tecnici per l'omologazione.
- **Interfaccia di installazione di dispositivi di tipo alcolock.**
Trattasi di una interfaccia standardizzata che semplifica l'installazione postvendita di dispositivi di tipo alcolock. Norme dettagliate in merito all'interfaccia di installazione di dispositivi di tipo alcolock sono illustrate nel Regolamento Delegato (UE) 2021/1243 del 19 aprile 2021 e nella normativa EN 50436:2016.
- **Avviso della disattenzione e della stanchezza del conducente.**

⁵⁰ Art. 47 del Codice della Strada.

Driver Drowsiness and Attention Warning (DDAW) è un sistema in grado di monitorare i livelli di sonnolenza dei conducenti e segnalare tramite avvisi visivi, acustici e di altro tipo quando non è più sicuro essere al volante. Le procedure di prova e i requisiti tecnici per l'omologazione sono indicati nel Regolamento Delegato (UE) 2021/1341 del 23 aprile 2021.

- **Avviso avanzato di distrazione del conducente** (è fissata al 7 luglio 2024 la data a partire dalla quale il rilascio dell'omologazione UE sarà rifiutato).

Advanced driver distraction warning (ADDW) è un sistema che aiuta il conducente a continuare a prestare attenzione alla situazione del traffico e che quindi segnala al conducente tramite avvisi visivi, acustici e di altro tipo quando viene rilevata una distrazione che pregiudica il corretto monitoraggio della sede stradale.

- **Segnalazione di arresto di emergenza.**

Trattasi di una funzione di segnalazione luminosa che indica agli altri utenti della strada che si trovano dietro al veicolo che si sta applicando al veicolo una forza di decelerazione elevata in relazione alle condizioni prevalenti della strada.

- **Rilevamento in retromarcia.**

Trattasi di un sistema che segnala al conducente la presenza di persone o oggetti dietro il veicolo, con lo scopo principale di evitare collisioni in retromarcia.

- **Registratore di dati di evento** (per i veicoli di categoria M2, M3, N2, N3 è fissata al 7 gennaio 2026 la data a partire dalla quale il rilascio dell'omologazione UE sarà rifiutato).

Event data recorder (EDR) è un sistema progettato esclusivamente al fine di registrare parametri relativi agli incidenti memorizzando una serie di informazioni immediatamente prima, durante e immediatamente dopo una collisione. Le procedure di prova e i requisiti tecnici per l'omologazione sono indicati nel Regolamento Delegato (UE) 2022/545 della Commissione del 26 gennaio 2022.

Requisiti specifici relativi alle autovetture e ai veicoli commerciali leggeri (categorie M1, N1). Questi veicoli saranno dotati dei seguenti sistemi avanzati:

- **Sistemi avanzati di frenata di emergenza.**

Autonomous emergency braking (AEB) è un sistema in grado di individuare automaticamente una possibile collisione e di attivare

il sistema di frenata del veicolo per farlo rallentare al fine di evitare o di attenuare una collisione. In una prima fase (dopo il 6 luglio 2022) verrà richiesto che siano progettati e attrezzati in modo da rilevare ostacoli e veicoli in movimento davanti al veicolo a motore mentre solo più tardi, dopo il 7 luglio 2024, verrà richiesto che siano anche in grado di rilevare i pedoni e i ciclisti situati davanti al veicolo a motore. I requisiti per l'omologazione sono consultabili all'interno del Regolamento (UE) n. 347/2012 del 16 aprile 2012 e nel Regolamento UNECE n. 131.

- **Sistemi di mantenimento della corsia** (per i veicoli a motore con sistemi sterzanti idraulici servoassistiti è fissata al 7 luglio 2024 la data a partire dalla quale il rilascio dell'omologazione UE sarà rifiutato).

Il sistema Lane Keeping Assist (LKA) è un sistema in grado di intervenire mantenendo una posizione sicura del veicolo rispetto al limite della corsia quando si verifica o sta per verificarsi una deviazione dalla corsia. Le procedure di prova e i requisiti tecnici per l'omologazione sono indicati nel Regolamento di esecuzione (UE) 2021/646.

- **Sistema di monitoraggio della pressione degli pneumatici** (già obbligatorio per veicoli di categoria M1, l'obbligatorietà viene estesa anche ai veicoli di categoria N1).

Il sistema Tyre Pressure Monitoring System (TPMS) è un sistema in grado di valutare la pressione degli pneumatici o le sue variazioni nel tempo e di trasmettere le relative informazioni all'utente quando il veicolo è in marcia così da comunicare quando la pressione degli pneumatici scende sotto una certa soglia. Le specifiche tecniche sono indicate nel Regolamento UNECE n. 141.

Requisiti specifici relativi ad autobus e autocarri (categorie M2, M3, N2, N3). Questi veicoli saranno dotati dei seguenti sistemi avanzati:

- **Sistemi avanzati di frenata di emergenza.**

Autonomous emergency braking (AEB) è un sistema in grado di individuare automaticamente una possibile collisione e di attivare il sistema di frenata del veicolo per farlo rallentare al fine di evitare o di attenuare una collisione. Si noti che nel Regolamento Europeo non viene richiesto, come per i veicoli di categoria M1 ed N1, che siano anche in grado di rilevare i pedoni e i ciclisti situati davanti al veicolo a motore. I requisiti per l'omologazione sono consultabili all'interno del Regolamento (UE) n. 347/2012 del 16 aprile 2012 e nel Regolamento UNECE n. 131.

- **Sistemi di avviso di deviazione dalla corsia.**
Il sistema Lane Departure Warning System (LDWS) è un sistema in grado di segnalare al conducente, tramite avvisi visivi, acustici e di altro tipo, una deviazione del veicolo dalla sua corsia di marcia. I requisiti per l'omologazione sono consultabili all'interno del Regolamento (UE) n. 351/2012 della Commissione, del 23 aprile 2012 e nel Regolamento UNECE n. 130.
- **Sistemi avanzati capaci di rilevare la presenza di pedoni e ciclisti situati in prossimità della parte anteriore del veicolo o sul lato destro** e di emettere un segnale di allerta o di evitare la collisione con essi.
- **Sistema di monitoraggio della pressione degli pneumatici** (già obbligatorio per veicoli di categoria M1, l'obbligatorietà viene estesa, oltre che alle categorie M2, M3, N2, N3, anche alle categorie O3, O4).
Il sistema Tyre Pressure Monitoring System (TPMS) è un sistema in grado di valutare la pressione degli pneumatici o le sue variazioni nel tempo e di trasmettere le relative informazioni all'utente quando il veicolo è in marcia così da comunicare quando la pressione degli pneumatici scende sotto una certa soglia.

Nello stesso Regolamento vengono inoltre fornite ulteriori numerose prescrizioni che riguardano la sicurezza passiva degli occupanti dei veicoli e la sicurezza degli utenti vulnerabili della strada.

Questo tesi tratterà nelle prossime pagine numerose argomentazioni riguardanti il **registratore di dati di evento (EDR)**.

Cap.4 - Registratore di dati di evento. Event Data Recorder (EDR) in Europa

Un EDR è un sistema in grado di registrare specifici parametri di un sinistro stradale memorizzando una serie di informazioni immediatamente prima, durante e immediatamente dopo una collisione. Con il Regolamento Europeo 2019/2144, dal 6 luglio 2022, i veicoli con omologazione UE successiva a tale data circolanti in Europa dovranno essere dotati di tale sistema. Fino al 7 luglio 2024 sarà tuttavia consentita l'immatricolazione dei veicoli che possiedono omologazione UE antecedente al 6 luglio 2022 e che non soddisfano quanto stabilito dal Regolamento Europeo in termini di dispositivo EDR. Si noti che, come indicato anche nelle pagine precedenti, le date appena definite riguardano i veicoli di categoria M1 ed N1; per i veicoli di categoria M2, M3, N2, N3 è fissata al 7 gennaio 2026 la data a partire dalla quale il rilascio dell'omologazione UE sarà rifiutato.

La diffusione dei dispositivi EDR fino ad ora è stata molto limitata in Europa (rispetto soprattutto agli Stati Uniti) e la stessa varia notevolmente tra gli stati membri europei. La mancanza di un quadro comune sul dispositivo, colmata solo recentemente dal Regolamento Europeo 2019/2144, ha creato un ambiente in cui solo un numero limitato di paesi ha introdotto i dispositivi su vasta scala. Laddove sono stati installati dispositivi EDR (o simil-EDR), ciò è stato solitamente guidato dall'interesse commerciale delle compagnie di assicurazione o dalle esigenze di gestione di flotte specifiche come ad esempio nei veicoli di emergenza, flotte di trasporto pubblico o veicoli a noleggio. Dal 2022 quindi, la tendenza è destinata a variare notevolmente grazie al Regolamento Europeo 2019/2144.

All'interno del Regolamento Europeo 2019/2144 si legge che l'introduzione di registratori di dati di evento che memorizzino una serie di dati essenziali anonimizzati relativi al veicolo in un breve arco di tempo prima, durante e immediatamente dopo la collisione è un passo importante per acquisire dati più precisi e approfonditi sugli incidenti. Tali registratori dovrebbero essere in grado di registrare e memorizzare i dati in modo che questi siano utilizzabili dagli Stati membri per effettuare analisi della sicurezza stradale e valutare l'efficacia delle specifiche misure adottate senza permettere di identificare il proprietario o il titolare di uno specifico veicolo sulla base dei dati memorizzati.

Sempre all'interno del Regolamento Europeo 2019/2144 si legge che i registratori di dati di evento devono in particolare soddisfare i seguenti requisiti:

- I dati che sono in grado di registrare e memorizzare per il periodo immediatamente prima, durante e immediatamente dopo una collisione comprendono almeno la velocità del veicolo, la frenata, la posizione e l'inclinazione del veicolo sulla strada, lo stato e la frequenza di attivazione di tutti i suoi sistemi di sicurezza, il sistema eCall di bordo basato sul servizio 112, l'attivazione del freno e qualsiasi altro parametro di input pertinente dei sistemi di bordo di sicurezza attiva e di prevenzione degli incidenti. Tali dati presentano inoltre un livello elevato di accuratezza e ne è garantita la salvaguardia;
- Non possono essere disattivati;
- I dati sono registrati e memorizzati in modo da funzionare su un sistema a circuito chiuso, sono anonimizzati e protetti da manipolazioni e abusi, consentono l'individuazione accurata del tipo, della variante e della versione del veicolo e dei sistemi di sicurezza attiva e di prevenzione degli incidenti in dotazione a tale veicolo;
- i dati che sono in grado di registrare possono essere messi a disposizione delle autorità nazionali, mediante un'interfaccia standardizzata, in base alla legislazione nazionale o dell'Unione, soltanto ai fini della ricerca e dell'analisi in relazione all'incidente, incluso al fine dell'omologazione di sistemi e componenti e conformemente al Regolamento (UE) 2016/679.

Inoltre, il Regolamento aggiunge che un registratore di dati di evento non è in grado di registrare e memorizzare le ultime quattro cifre del codice VIS (*vehicle indicator section*) del numero di identificazione del veicolo (VIN), né qualsiasi altra informazione che possa consentire di individuare il singolo veicolo o il proprietario o titolare del veicolo. È tuttavia estremamente importante sottolineare come tramite il codice VIN sia comunque possibile risalire a marca, modello, anno del veicolo e quindi anche ad altre sue caratteristiche come ad esempio peso e geometria.

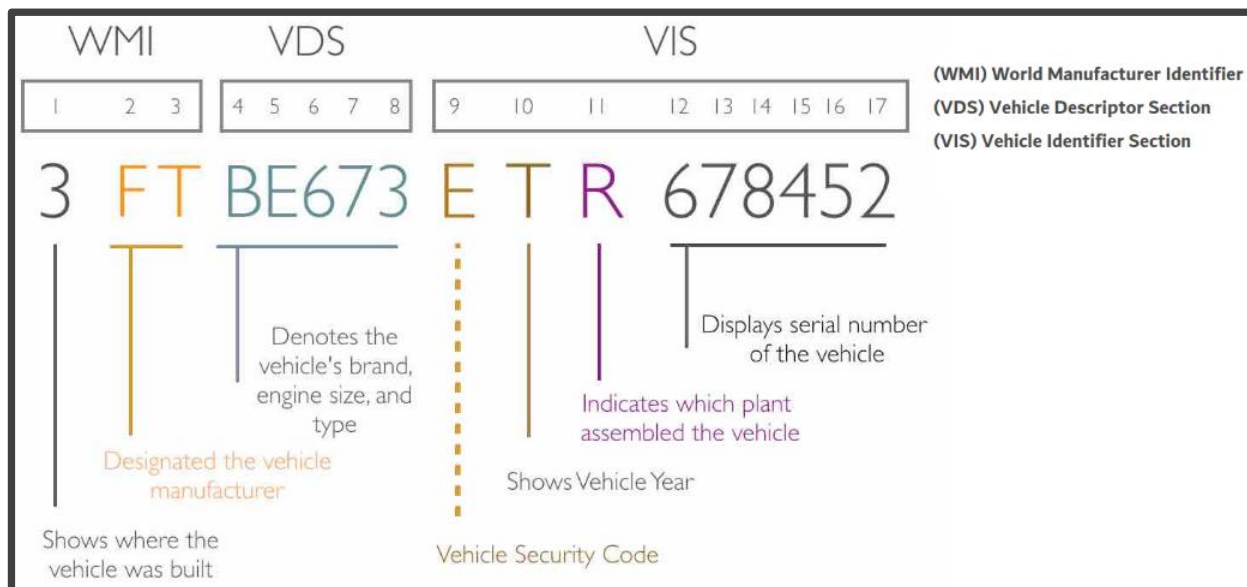


Figura 22. Codice VIN veicolo.

Attualmente esistono diverse tipologie di registratori di dati per veicoli; tutti condividono la funzione di monitoraggio di dati come velocità, accelerazione, frenata e altri parametri simili. Si differenziano per le destinazioni d'uso e quindi per tipologia, frequenza di campionamento, durata di registrazione e qualità dei dati raccolti. Generalmente esistono tre famiglie di registratori di dati: Journey Data Recorder (JDR), Event Data Recorder (EDR) e Video Event Data Recorders (VEDR). I dispositivi JDR registrano i parametri dello stato del veicolo per tutto il tempo viaggio. Possono monitorare le prestazioni del conducente e del veicolo e quindi essere utilizzati ad esempio per controllare e migliorare il comportamento dei conducenti. Questi dispositivi registrano a bassa frequenza (in genere 1 Hz) nonché bassa accuratezza e quindi i dati che ne derivano sono qualitativamente molto inferiori rispetto ai dati provenienti dai dispositivi EDR. I dispositivi EDR (e simil-EDR come le "scatole nere" o "black box" di cui si parlerà più avanti), infatti, consentono il monitoraggio e la registrazione dei dati del veicolo con una qualità superiore. I dati sono generalmente raccolti dal dispositivo EDR ad una frequenza di 2-500Hz e presentano solitamente buona accuratezza. Un EDR differisce da un JDR, inoltre, poiché i dati sono solo registrati nella memoria a lungo termine del dispositivo se si verifica un evento che supera una determinata soglia di attivazione. In questo modo tali dati possono poi essere estratti ed utilizzati per vari scopi. Infine, vanno citati i dispositivi VEDR, dispositivi che al concetto di EDR aggiungono anche dati video/audio dell'ambiente circostante il veicolo. Si noti comunque come in svariati contesti, venga usato il termine EDR per includere qualsiasi dispositivo di raccolta dati di bordo.

4.1 Specifiche EDR

In data 16/12/2019 veniva pubblicato sulla Gazzetta ufficiale dell'Unione Europea il Regolamento 2019/2144. Un Regolamento Europeo è un atto legislativo vincolante che deve essere applicato in tutti i suoi elementi nell'intera Unione Europea alla data della sua entrata in vigore. A tale Regolamento, di cui si è parlato nelle pagine precedenti, fanno seguito una serie di Regolamenti Delegati che integrano le disposizioni legislative aggiungendo una serie di norme dettagliate per l'omologazione. In particolare, per quanto riguarda il registratore di dati di evento (EDR), viene pubblicato:

- Regolamento Delegato 2022/545 del 26 gennaio 2022 che integra il Regolamento (UE) 2019/2144 del Parlamento europeo e del Consiglio stabilendo norme dettagliate sulle procedure di prova e i requisiti tecnici specifici per l'omologazione dei veicoli a motore relativamente ai registratori di dati di evento e per l'omologazione di tali sistemi come entità tecniche;
- Regolamento ONU n.160 - Disposizioni uniformi relative all'omologazione dei veicoli a motore per quanto riguarda il registratore di dati di evento [2021/1215].

Il Regolamento ONU n.160 ha lo scopo di fornire una serie di disposizioni in grado di garantire che i dispositivi EDR registrino dati che siano direttamente utilizzabili, utili alle indagini in caso di incidente e utili alle analisi sulle prestazioni dei dispositivi di sicurezza in generale. Tali dati contribuiranno a una migliore comprensione delle circostanze in cui si verificano incidenti e lesioni e faciliteranno lo sviluppo di modelli di veicoli più sicuri. Il particolare il Regolamento ONU n.160 definisce le procedure di prova e i requisiti tecnici dettagliati per l'omologazione dei tipi di veicolo relativamente ai registratori di dati di evento. Nelle tabelle che seguono vengono mostrati i dati che il dispositivo EDR deve registrare. Per ogni dato viene indicata la "condizione di applicazione", il "tempo di registrazione", la "frequenza di campionamento", il campo di misura definito "intervallo minimo", l' "accuratezza" del dato, la sua "risoluzione" ed infine viene specificato in quale "evento" il dato deve necessariamente essere registrato.

Elemento di dati	Condizione di applicazione ⁽¹⁾	Intervallo/ tempo di registrazione ⁽²⁾ (rispetto al momento zero)	Frequenza di campionamento dei dati (campioni al secondo)	Intervallo minimo	Accuratezza ⁽³⁾	Risoluzione	Evento/i registrato/i per ⁽⁴⁾
Delta-v longitudinale	Obbligatorio — non necessario se l'accelerazione longitudinale è registrata a ≥ 500 Hz e con un intervallo e una risoluzione sufficienti per calcolare il valore delta-v con l'accuratezza richiesta	Da 0 a 250 ms o da 0 all'istante di fine evento + 30 ms, se più breve	100	Da -100 km/h a +100 km/h	± 10 %	1 km/h	Collisione
Delta-v massimo longitudinale	Obbligatorio — non necessario se l'accelerazione longitudinale è registrata a ≥ 500 Hz	Da 0 a 300 ms o da 0 all'istante di fine evento + 30 ms, se più breve	N/A	Da -100 km/h a +100 km/h	± 10 %	1 km/h	Collisione
Tempo del delta-v massimo longitudinale	Obbligatorio — non necessario se l'accelerazione longitudinale è registrata a ≥ 500 Hz	Da 0 a 300 ms o da 0 all'istante di fine evento + 30 ms, se più breve	N/A	Da 0 a 300 ms o da 0 all'istante di fine evento + 30 ms, se più breve	± 3 ms	2,5 ms	Collisione
Velocità indicata dal veicolo	Obbligatorio	Da -5,0 a 0 sec	2	Da 0 km/h a 250 km/h	± 1 km/h	1 km/h	Collisione UVS
Grado (%) di apertura della valvola a farfalla (o grado (%) di pressione sul pedale dell'acceleratore)	Obbligatorio	Da -5,0 a 0 sec	2	Da 0 a 100 %	± 5 %	1 %	Collisione Cappottamento UVS
Freno di servizio, attivo/non attivo	Obbligatorio	Da -5,0 a 0 sec	2	Attivo, non attivo	N/A	Attivo, non attivo	Collisione UVS Cappottamento

⁽¹⁾ Le prescrizioni relative al formato specificate di seguito rappresentano requisiti minimi e i fabbricanti hanno facoltà di superarli.

Elemento di dati	Condizione di applicazione ⁽¹⁾	Intervallo/ tempo di registrazione ⁽²⁾ (rispetto al momento zero)	Frequenza di campionamento dei dati (campioni al secondo)	Intervallo minimo	Accuratezza ⁽³⁾	Risoluzione	Evento/i registrato/i per ⁽⁴⁾
Ciclo di accensione, urto	Obbligatorio	-1,0 sec	N/A	Da 0 a 60 000	±1 ciclo	1 ciclo	Collisione UVS Cappottamento
Ciclo di accensione, download	Obbligatorio	Al momento del download ⁽⁵⁾	N/A	Da 0 a 60 000	±1 ciclo	1 ciclo	Collisione UVS Cappottamento
Stato della cintura di sicurezza, conducente	Obbligatorio	-1,0 sec	N/A	Allacciata, non allacciata	N/A	Allacciata, non allacciata	Collisione Cappottamento
Spia di avvertimento dell'airbag ⁽⁶⁾	Obbligatorio	-1,0 sec	N/A	Accesa, spenta	N/A	Accesa, spenta	Collisione Cappottamento
Apertura dell'airbag frontale, ritardo di apertura, nel caso di un airbag monostadio, o ritardo di apertura del primo stadio nel caso di un airbag a più stadi, conducente	Obbligatorio	Evento	N/A	Da 0 a 250 ms	±2ms	1 ms	Collisione
Apertura dell'airbag frontale, ritardo di apertura, nel caso di un airbag monostadio, o ritardo di apertura del primo stadio nel caso di un airbag a più stadi, passeggero anteriore	Obbligatorio	Evento	N/A	Da 0 a 250 ms	±2 ms	1 ms	Collisione
Urto multievento, numero di eventi	Se registrato ⁽⁷⁾	Evento	N/A	1 o più	N/A	1 o più	Collisione UVS Cappottamento

Elemento di dati	Condizione di applicazione ⁽¹⁾	Intervallo/ tempo di registrazione ⁽²⁾ (rispetto al momento zero)	Frequenza di campionamento dei dati (campioni al secondo)	Intervallo minimo	Accuratezza ⁽³⁾	Risoluzione	Evento/i registrato/i per ⁽⁴⁾
Scarto temporale tra l'evento 1 e l'evento 2	Obbligatorio	Secondo necessità	N/A	Da 0 a 5,0 sec	±0,1 sec	0,1 sec	Collisione Cappottamento
File completo registrato (sì, no)	Obbligatorio	A seguito di altri dati	N/A	Sì, no	N/A	Sì, no	Collisione UVS Cappottamento
Accelerazione laterale (dopo l'urto)	Se registrato	Da 0 a 250 ms o da 0 all'istante di fine evento + 30 ms, se più breve	500 Hz	Da -50 a +50 g	±10 %	1 g	Collisione Cappottamento
Accelerazione longitudinale (dopo l'urto)	Se registrato	Da 0 a 250 ms o da 0 all'istante di fine evento + 30 ms, se più breve	500 Hz	Da -50 a +50 g	±10 %	1 g	Collisione
Accelerazione normale (dopo l'urto)	Se registrato	Da -1,0 a 5,0 sec ⁽⁵⁾	10 Hz	Da -5 g a +5 g	±10 %	0,5 g	Cappottamento
Delta-v laterale	Obbligatorio — non necessario se l'accelerazione laterale è registrata a ≥ 500 Hz e con un intervallo e una risoluzione sufficienti per calcolare il valore delta-v con l'accuratezza richiesta	Da 0 a 250 ms o da 0 all'istante di fine evento + 30 ms, se più breve	100	Da -100 km/h a +100 km/h	±10 %	1 km/h	Collisione
Delta-v laterale massimo	Obbligatorio — non necessario se l'accelerazione laterale è registrata a ≥ 500 Hz	Da 0 a 300 ms o da 0 all'istante di fine evento + 30 ms, se più breve	N/A	Da -100 km/h a +100 km/h	±10 %	1 km/h	Collisione

Elemento di dati	Condizione di applicazione ⁽¹⁾	Intervallo/ tempo di registrazione ⁽²⁾ (rispetto al momento zero)	Frequenza di campionamento dei dati (campioni al secondo)	Intervallo minimo	Accuratezza ⁽³⁾	Risoluzione	Evento/i registrato/i per ⁽⁴⁾
Tempo del delta-v massimo laterale	Obbligatorio — non necessario se l'accelerazione laterale è registrata a ≥ 500 Hz	Da 0 a 300 ms o da 0 all'istante di fine evento + 30 ms, se più breve	N/A	Da 0 a 300 ms o da 0 all'istante di fine evento + 30 ms, se più breve	± 3 ms	2,5 ms	Collisione
Tempo del delta-v massimo risultante	Obbligatorio — non necessario se l'accelerazione corrispondente è registrata a ≥ 500 Hz	Da 0 a 300 ms o da 0 all'istante di fine evento + 30 ms, se più breve	N/A	Da 0 a 300 ms o da 0 all'istante di fine evento + 30 ms, se più breve	± 3 ms	2,5 ms	Collisione
Regime del motore	Obbligatorio	Da -5,0 a 0 sec	2	Da 0 a 10 000 giri/min	± 100 giri/min ⁽⁵⁾	100 giri/min	Collisione Cappottamento
Angolo di rollio del veicolo	Se registrato	Da -1,0 fino a 5,0 sec ⁽⁶⁾	10	Da -1 080 gradi a +1 080 gradi	± 10 %	10 gradi	Cappottamento
Tasso di rollio del veicolo	Obbligatorio se installato e usato per l'algoritmo di controllo del sistema di protezione in caso di cappottamento	Da -1,0 a 5,0 secondi ⁽¹⁰⁾	10	Da -240 a +240 gradi/secondo	± 10 % ⁽¹¹⁾	1 grado/sec	Cappottamento
Attività ABS	Obbligatorio	Da -5,0 a 0 sec	2	Guasto, attivo, in azione ⁽¹²⁾	N/A	Guasto, attivo, in azione ⁽¹¹⁾	Collisione UVS Cappottamento
Controllo della stabilità	Obbligatorio	Da -5,0 a 0 sec	2	Guasto, attivo, non attivo, in azione ⁽¹¹⁾	N/A	Guasto, attivo, non attivo, in azione ⁽¹¹⁾	Collisione UVS Cappottamento
Comando di sterzata	Obbligatorio	Da -5,0 a 0 sec	2	Da -250 gradi in senso orario a +250 gradi in senso antiorario	± 5 %	± 1 %	Collisione UVS Cappottamento
Stato della cintura di sicurezza, passeggero anteriore	Obbligatorio	-1,0 sec	N/A	Allacciata, non allacciata	N/A	Allacciata, non allacciata	Collisione Cappottamento

Elemento di dati	Condizione di applicazione ⁽¹⁾	Intervallo/ tempo di registrazione ⁽²⁾ (rispetto al momento zero)	Frequenza di campionamento dei dati (campioni al secondo)	Intervallo minimo	Accuratezza ⁽³⁾	Risoluzione	Evento/i registrato/i per ⁽⁴⁾
Stato di disattivazione dell'airbag del passeggero anteriore	Obbligatorio	-1,0 sec	N/A	Disattivato, non disattivato	N/A	Disattivato, non disattivato	Collisione Cappottamento
Apertura dell'airbag frontale, ritardo dello stadio n, conducente ⁽³⁾	Obbligatorio se dotato di airbag frontale del conducente con un gonfiatore a più stadi	Evento	N/A	Da 0 a 250 ms	±2 ms	1 ms	Collisione
Apertura dell'airbag frontale, ritardo dello stadio n, passeggero anteriore ⁽¹³⁾	Obbligatorio se dotato di airbag frontale del passeggero anteriore con gonfiatore a più stadi	Evento	N/A	Da 0 a 250 ms	±2 ms	1 ms	Collisione
Apertura dell'airbag laterale, ritardo di apertura, conducente	Obbligatorio	Evento	N/A	Da 0 a 250 ms	±2 ms	1 ms	Collisione
Apertura dell'airbag laterale, ritardo di apertura, passeggero anteriore	Obbligatorio	Evento	N/A	Da 0 a 250 ms	±2 ms	1 ms	Collisione
Apertura dell'airbag laterale a tendina/ tubolare, ritardo di apertura, lato conducente	Obbligatorio	Evento	N/A	Da 0 a 250 ms	±2 ms	1 ms	Collisione Cappottamento
Apertura dell'airbag laterale a tendina/ tubolare, ritardo di apertura, lato passeggero	Obbligatorio	Evento	N/A	Da 0 a 250 ms	±2 ms	1 ms	Collisione Cappottamento
Attivazione del pretensionatore, ritardo di attivazione, conducente	Obbligatorio	Evento	N/A	Da 0 a 250 ms	±2 ms	1 ms	Collisione Cappottamento
Attivazione del pretensionatore, ritardo di attivazione, passeggero anteriore	Obbligatorio	Evento	N/A	Da 0 a 250 ms	±2 ms	1 ms	Collisione Cappottamento

Elemento di dati	Condizione di applicazione ⁽¹⁾	Intervallo/ tempo di registrazione ⁽²⁾ (rispetto al momento zero)	Frequenza di campionamento dei dati (campioni al secondo)	Intervallo minimo	Accuratezza ⁽³⁾	Risoluzione	Evento/i registrato/i per ⁽⁴⁾
Interruttore di posizione del sedile, posizione più avanzata, stato, conducente	Obbligatorio se installato e usato per la decisione di attivazione	-1,0 sec	N/A	Sì, no	N/A	Sì, no	Collisione Cappottamento
Interruttore di posizione del sedile, posizione più avanzata, stato, passeggero anteriore	Obbligatorio se installato e usato per la decisione di attivazione	-1,0 sec	N/A	Sì, no	N/A	Sì, no	Collisione Cappottamento
Classificazione della statura dell'occupante, conducente	Se registrato	-1,0 sec	N/A	Manichino del quinto percentile di sesso femminile o di statura superiore	N/A	Sì, no	Collisione Cappottamento
Classificazione della statura dell'occupante, passeggero anteriore	Se registrato	-1,0 sec	N/A	Manichino HIII di 6 anni o manichino Q6 o di statura inferiore	N/A	Sì, no	Collisione Cappottamento
Stato della cintura di sicurezza, passeggero posteriore	Obbligatorio	-1,0 sec	N/A	Allacciata, non allacciata	N/A	Allacciata, non allacciata	Collisione Cappottamento
Sistema di controllo della pressione degli pneumatici (TPMS) — Stato della spia di avvertimento	Obbligatorio	-1,0 secondi rispetto al momento zero	N/A	N/A	N/A	Accesa, spenta	Collisione Cappottamento
Accelerazione longitudinale (precedente l'urto)	Obbligatorio	Tra -5,0 e 0 secondi rispetto al momento zero	2 Hz	Tra -1,5 g e +1,5 g	±10 %	0,1 g	Collisione UVS
Accelerazione laterale (precedente l'urto)	Obbligatorio	Tra -5,0 e 0 secondi rispetto al momento zero	2 Hz	Tra -1,0 g e +1,0 g	±10 %	0,1 g	Collisione
Tasso di imbardata	Obbligatorio	Tra -5 e 0 secondi rispetto al momento zero	2	Tra -75 e +75 gradi/secondo	±10 % dell'intero intervallo del sensore	0,1	Collisione Cappottamento

Elemento di dati	Condizione di applicazione ⁽¹⁾	Intervallo/ tempo di registrazione ⁽²⁾ (rispetto al momento zero)	Frequenza di campionamento dei dati (campioni al secondo)	Intervallo minimo	Accuratezza ⁽³⁾	Risoluzione	Evento/i registrato/i per ⁽⁴⁾
Stato del sistema di controllo della trazione	Obbligatorio se non dotato di controllo elettronico della stabilità (ESC)	Tra -5,0 e 0 secondi rispetto al momento zero	2	N/A	N/A	Controllo in corso, guasto, non attivo, attivo ma senza controllo in corso	Collisione Cappottamento
Stato del dispositivo AEBs	Obbligatorio	Tra -5,0 e 0 secondi rispetto al momento zero	2	N/A	N/A	Avviso in corso, inserito e attivo, guasto, spento, inattivo	Collisione UVS Cappottamento
Regolatore di velocità	Obbligatorio	Tra -5,0 e 0 secondi rispetto al momento zero	2	N/A	N/A	Controllo in corso, guasto, non attivo, attivo ma senza controllo in corso	Collisione UVS Cappottamento
Stato del regolatore di velocità adattivo (sistema di guida autonoma di livello 1)	Obbligatorio	Tra -5,0 e 0 secondi rispetto al momento zero	2	N/A	N/A	Controllo in corso, guasto, non attivo, attivo ma senza controllo in corso	Collisione UVS Cappottamento
Attivazione del sistema secondario di sicurezza per VRU, ritardo di attivazione	Obbligatorio	Evento	N/A	Da 0 a 250 ms	±2 ms	1 ms	UVS
Stato della spia di avvertimento del sistema secondario di sicurezza per VRU ⁽¹⁴⁾	Obbligatorio	Tra -1,1 e 0 secondi rispetto al momento zero	N/A	N/A	N/A	Accesa, spenta	UVS
Stato della cintura di sicurezza del sedile centrale anteriore	Obbligatorio	-1,0 sec	N/A	Allacciata, non allacciata	N/A	Allacciata, non allacciata	Collisione Cappottamento

Elemento di dati	Condizione di applicazione ⁽¹⁾	Intervallo/ tempo di registrazione ⁽²⁾ (rispetto al momento zero)	Frequenza di campionamento dei dati (campioni al secondo)	Intervallo minimo	Accuratezza ⁽³⁾	Risoluzione	Evento/i registrato/i per ⁽⁴⁾
Airbag centrale per urto sul lato passeggero	Obbligatorio	Evento	N/A	Da 0 a 250 ms	±2 ms	1 ms	Collisione Cappottamento
Stato del sistema di avviso di deviazione dalla corsia	Obbligatorio	Da -5,0 a 0 sec	2	N/A	N/A	Guasto, non attivo, attivo, ma senza avviso in corso, attivo — avviso di deviazione a sinistra, attivo — avviso di deviazione a destra	
Stato della funzione sterzante correttiva (CSF)	Obbligatorio	Da -5,0 a 0 sec	2	N/A	N/A	Guasto, non attivo, attivo ma non in azione, attivo — in azione	
Stato della funzione sterzante di emergenza (ESF)	Obbligatorio	Da -5,0 a 0 sec	2	N/A	N/A	Guasto, non attivo, attivo ma non in azione, attivo — in azione	
Stato della funzione sterzante a comando automatico (ACSF) di categoria A	Obbligatorio	Da -5,0 a 0 sec	2	N/A	N/A	Guasto, non attivo, attivo ma senza controllo in corso, attivo — controllo in corso	
Stato della funzione sterzante a comando automatico (ACSF) di categoria B1	Obbligatorio	Da -5,0 a 0 sec	2	N/A	N/A	Guasto, non attivo, attivo ma senza controllo in corso, attivo — controllo in corso	
Stato della funzione sterzante a comando automatico (ACSF) di categoria B2	Obbligatorio	Da -5,0 a 0 sec	2	N/A	N/A	Guasto, non attivo, attivo ma senza controllo in corso, attivo — controllo in corso	

Elemento di dati	Condizione di applicazione ⁽¹⁾	Intervallo/tempo di registrazione ⁽²⁾ (rispetto al momento zero)	Frequenza di campionamento dei dati (campioni al secondo)	Intervallo minimo	Accuratezza ⁽³⁾	Risoluzione	Evento/i registrato/i per ⁽⁴⁾
Stato della funzione sterzante a comando automatico (ACSF) di categoria C	Obbligatorio	Da -5,0 a 0 sec	2	N/A	N/A	Guasto, non attivo, attivo ma senza controllo in corso, attivo — controllo in corso	
Stato della funzione sterzante a comando automatico (ACSF) di categoria D	Obbligatorio	Da -5,0 a 0 sec	2	N/A	N/A	Guasto, non attivo, attivo ma senza controllo in corso, attivo — controllo in corso	
Stato della funzione sterzante a comando automatico (ACSF) di categoria E	Obbligatorio	Da -5,0 a 0 sec	2	N/A	N/A	Guasto, non attivo, attivo ma senza controllo in corso, attivo — controllo in corso	
Stato del sistema di chiamata di emergenza in caso di incidente	Obbligatorio	Evento	N/A	N/A	N/A	Guasto, attivo ma senza che sia avviata una chiamata di emergenza, attivo — chiamata di emergenza avviata	

(¹) L'indicazione «Obbligatorio» è soggetta alle condizioni di cui alla sezione 1.

(²) I dati precedenti l'urto e quelli relativi all'urto sono asincroni. La prescrizione relativa all'accuratezza del tempo di campionamento per il periodo precedente l'urto è da -0,1 a 1,0 secondi (p. es. T = -1 dovrebbe verificarsi tra -1,1 e 0 secondi).

(³) La prescrizione relativa all'accuratezza si applica solo all'interno dell'intervallo del sensore fisico. Se le misurazioni rilevate da un sensore superano l'intervallo di progetto del sensore, l'elemento riportato deve indicare il momento in cui la misurazione ha superato per la prima volta l'intervallo di progetto del sensore.

(⁴) «Collisione» comprende gli eventi attivati delle sezioni 5.3.1.1, 5.3.1.2, e 5.3.1.3, mentre «UVS» comprende gli eventi attivati della sezione 5.3.1.4.

(⁵) Il ciclo di accensione al momento del download non deve essere registrato durante l'urto ma deve essere riportato durante il processo di download.

(⁶) La spia di avvertimento dell'airbag è l'indicatore di disponibilità specificato nelle prescrizioni nazionali in materia di airbag e può illuminarsi anche per segnalare un malfunzionamento di un'altra parte attivabile del sistema di ritenuta.

(⁷) Per «Se registrato» si intende il caso in cui i dati siano stati registrati in una memoria non volatile per poter essere successivamente scaricati.

(⁸) Può essere registrato per qualsiasi durata; si suggerisce da -1,0 a 5,0 sec.

(⁹) Questi elementi non devono necessariamente rispettare le prescrizioni relative all'accuratezza e alla risoluzione nelle prove d'urto specificate.

(¹⁰) L'«angolo di rollio del veicolo» può essere registrato per qualsiasi durata; si suggerisce da -1,0 a 5,0 sec.

(¹¹) rispetto all'intero intervallo del sensore.

(¹²) Il costruttore può aggiungere altri stati del sistema.

(¹³) Riportare questo elemento n-1 volte, una volta per ciascuno stadio del sistema di airbag a più stadi.

(¹⁴) Nella spia di avvertimento dell'airbag possono essere combinati diversi avvisi relativi allo stato dei sistemi di sicurezza.

Sono tuttavia esclusi i seguenti elementi di dati:

- dati di localizzazione/posizionamento;
- informazioni sul conducente;
- data e ora degli eventi.

Il Regolamento ONU n.160 prevede che il dispositivo EDR registri un evento se è raggiunto o superato uno dei seguenti valori di soglia:

- variazione della velocità longitudinale del veicolo superiore a 8km/h in un intervallo uguale o inferiore a 150ms;
- variazione della velocità laterale del veicolo superiore a 8km/h in un intervallo uguale o inferiore a 150ms;
- attivazione/apertura di un dispositivo non reversibile di ritenuta dell'occupante;
- attivazione di un sistema secondario di sicurezza per gli utenti vulnerabili della strada.

È previsto, inoltre, che il "momento zero" sia determinato nel momento in cui si verifica per la prima volta una delle seguenti situazioni:

- per i sistemi dotati di una funzione di controllo degli airbag, il momento in cui è attivato l'algoritmo di controllo del dispositivo di ritenuta dell'occupante;
- per gli algoritmi in esecuzione continua, il primo punto dell'intervallo durante il quale viene raggiunto un delta-v longitudinale cumulativo (variazione della velocità longitudinale) superiore a 0,8km/h entro un periodo di 20ms;
- per i veicoli che registrano il valore delta-v laterale, il primo punto dell'intervallo durante il quale viene raggiunto un delta-v laterale cumulativo (variazione della velocità laterale) superiore a 0,8km/h entro un periodo di 5ms;
- l'apertura/attivazione di un dispositivo non reversibile di ritenuta o l'attivazione di un sistema secondario di sicurezza degli UVS.

Il dispositivo EDR deve poi disporre di un buffer di memoria non volatile con spazio sufficiente a contenere i dati di almeno tre eventi diversi e nel Regolamento vengono indicate le logiche che regolano la "sovrascrittura" di tali dati nonché l' "attivazione del blocco dei dati" per impedirne la sovrascrittura.

Risulta infine importante sottolineare come le specifiche fornite nel Regolamento non comprendano specifiche relative agli strumenti e ai metodi di recupero dei dati.

Il Regolamento Delegato 2022/545 presenta comunque un articolo che fa riferimento al "recupero dei dati" all'interno del quale si legge che i dati relativi agli incidenti registrati dai registratori di dati di evento devono essere resi disponibili per essere recuperati attraverso la porta seriale sul connettore normalizzato per la trasmissione dati (porta che permette l'accesso ai dati dell'OBD)⁵¹. Se dopo una collisione la porta seriale non funziona più, i dati devono poter essere recuperati mediante un collegamento diretto al registratore di dati di evento. Nello stesso Regolamento si legge anche che il costruttore del veicolo fornisce all'autorità di omologazione e, su richiesta di quest'ultima, a qualsiasi costruttore o riparatore interessato di componenti, strumenti diagnostici o apparecchiature di prova, informazioni sulle modalità di accesso, recupero e interpretazione dei dati di evento.

⁵¹ Regolamento n. 49 della Commissione economica per l'Europa delle Nazioni Unite (UN/ECE).

4.2 Gestazione EDR in Europa

Secondo gli studi che verranno di seguito mostrati, l'EDR può fornire dati preziosi sugli incidenti stradali che possono essere utilizzati per migliorare la sicurezza dei veicoli. In particolare, dagli stessi studi risulta che le informazioni sullo stato del veicolo e dei suoi sistemi al momento della collisione, nonché subito prima e subito dopo, dovrebbero consentire una migliore comprensione delle cause e delle circostanze degli incidenti e del funzionamento dei sistemi di sicurezza del veicolo. Tali dati contribuiranno, inoltre, a ridurre il numero dei sinistri stradali. In Europa, negli anni, si è molto diffuso l'utilizzo delle scatole nere, dispositivi simil-EDR, utilizzati soprattutto dagli operatori assicurativi per gestire i premi assicurativi, vigilare sul rispetto dei contratti, prevenire i furti, gestire efficacemente i sinistri e fornire ulteriori servizi come quello "ecall". In alcuni paesi europei, sono state intraprese nel tempo azioni legislative volte a definire l'obbligatorietà dei dispositivi EDR per i veicoli di soccorso, per i veicoli delle forze dell'ordine, per i veicoli scolastici e per i veicoli del trasporto pubblico. Ecco che quindi i dati provenienti dai dispositivi simil-EDR sono stati spesso utilizzati anche nella ricostruzione degli incidenti stradali.

I primi progetti di ricerca sui dispositivi EDR sono stati realizzati negli Stati membri dell'UE nel 1991 e nel 1992^{52,53}. È stato solo nell'ambito del Piano d'azione per la sicurezza stradale dell'UE 2003 che la Commissione europea ha deciso di finanziare un progetto volto a fornire informazioni approfondite sulla fattibilità della tecnologia EDR in Europa. Il progetto, denominato VERONICA (Vehicle Event Recording based ON Intelligent Crash Assessment)⁵⁴, si concluse nel 2006 con il coinvolgimento di numerosi partner del settore. Il suo scopo era valutare la possibilità di implementare gli EDR per migliorare la comprensione del motivo per cui si verificano le collisioni, ma anche per comprendere e riconoscere i potenziali benefici per la prevenzione degli incidenti stradali, per la sicurezza stradale e per il contenzioso.

Nel progetto VERONICA sono stati identificati una serie di parametri che il dispositivo EDR deve registrare e una serie di requisiti tecnici da soddisfare. È stata anche sottolineata l'importanza di assicurare l'uso del "triggering intelligente", il processo che attiva la registrazione di una serie di parametri

⁵² Salomonsson, O.; Koch, M. 1991. Crash Recorder for Safety System Studies and as a Consumer's Product.

⁵³ Mannesmann Kienzle, Germany/ Volvo Car Corporation, Göteborg, Sweden. 13 p. Frontal Crash Safety Technologies for the 90's. Warrendale, SAE, 1991. Report No. SAE 910656. UMTRI-80924.

⁵⁴ R. Schmidt-Cotta, H. Steffan, A. Kast, S. Labbett, M. Brenner. VERONICA, Vehicle Event Recording based on Intelligent Crash Assessment, Project Final Report.

dopo che un evento di una certa entità supera una certa soglia. VERONICA ha sottolineato, ad esempio, che il "trigger" collegato all'airbag utilizzato al tempo negli Stati Uniti non era sufficiente a fornire dati precisi per le indagini sugli incidenti in quanto potrebbe portare all'esclusione delle collisioni a bassa velocità e delle collisioni con gli utenti vulnerabili della strada⁵⁵. Il progetto ha anche suggerito che fosse necessario standardizzare l'attivazione intelligente in funzione della categoria di veicoli. Nello stesso progetto venivano inoltre analizzate le possibili problematiche legate alle leggi sulla privacy e veniva definito un ipotetico ciclo di vita del prodotto come mostrato nell'immagine seguente.

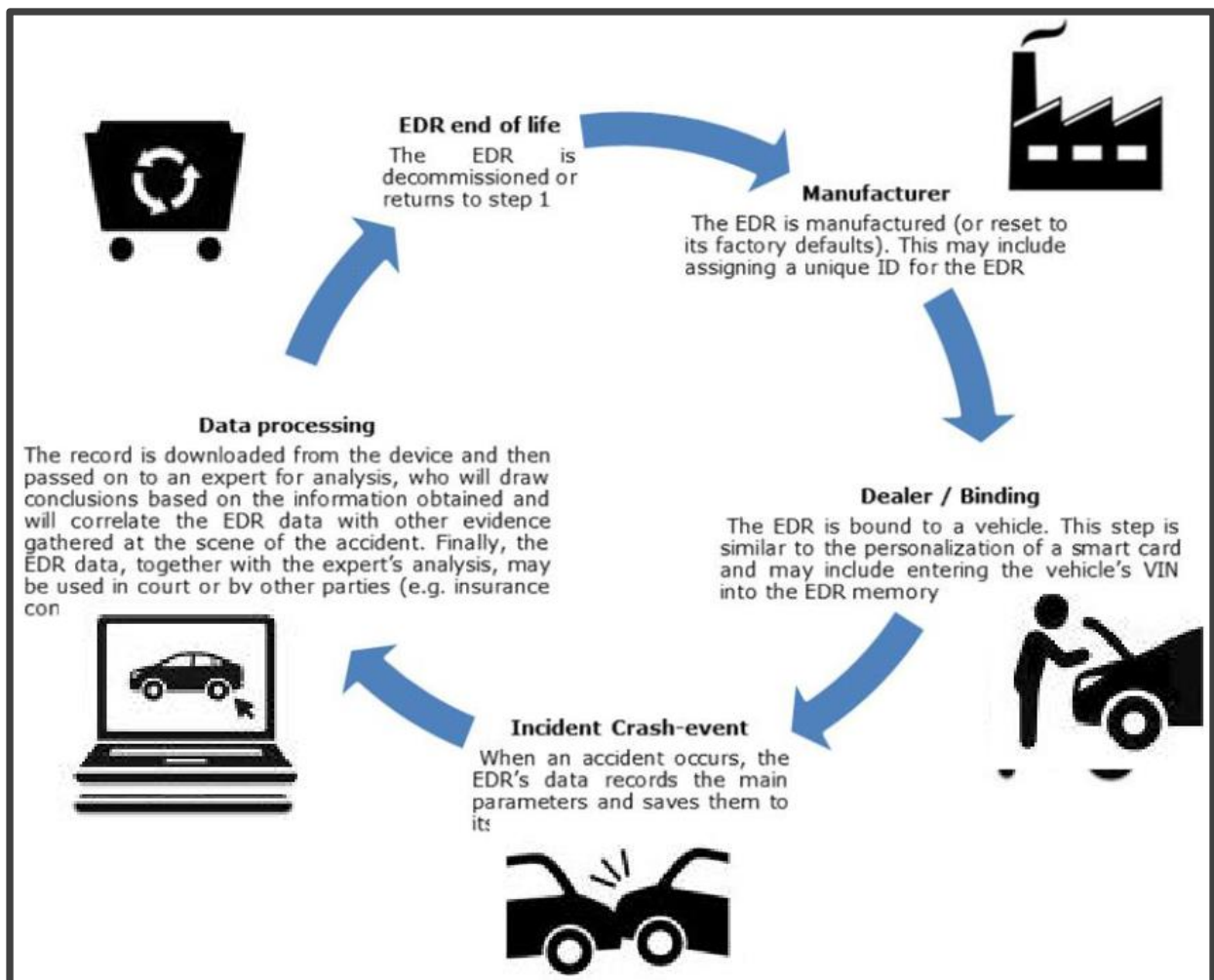


Figura 23. Ciclo di vita ipotizzato di un dispositivo EDR (VERONICA 2006).

Ecco che nel progetto VERONICA vengono mostrati numerosi potenziali benefici che il dispositivo EDR è in grado di apportare alla sicurezza stradale nell'Unione Europea. Tra questi benefici vengono riconosciuti anche benefici

⁵⁵ EC (2006), Vehicle Event Recording based ON Intelligent Crash Assessment Final Report, Bruxelles.

per il settore privato/assicurativo, sostanzialmente dovuti ai benefici che un dispositivo EDR, con i suoi dati, può apportare alla ricostruzione del sinistro stradale. La disponibilità di dati sicuri e affidabili fornirebbe infatti ulteriori prove per supportare le decisioni dei tribunali e migliorerebbe la protezione dei diritti delle vittime di incidenti.

Successivamente, tra il 2007 e il 2009, le tematiche riguardanti il dispositivo EDR continuano ad essere analizzate con un nuovo progetto finanziato dalla Commissione Europea che prende il nome di VERONICA II⁵⁶.

Nel report finale VERONICA-II viene sottolineato come i dati provenienti dal dispositivo EDR possano essere utilizzati per mettere in relazione la gravità dell'incidente e i danni al veicolo da un lato e gravità/tipologia della lesione e tipologia di impatto dall'altro, quindi come gli stessi dati possano assumere un ruolo chiave nello studio e nella ricerca del fenomeno dell'incidentalità; basti pensare alla mole di dati di cui gioverebbero i database per analisi in-depth. Inoltre, viene rimarcato come la ricostruzione dei singoli incidenti trarrà indubbiamente vantaggio dall'analisi dei dati EDR.

Nel progetto VERONICA-II viene approfondita la questione che riguarda il "triggering intelligente" sulla quale già il primo progetto VERONICA aveva posto l'attenzione. Se la soglia di "trigger" non viene raggiunta i dati vengono continuamente sovrascritti da nuovi dati e pertanto non vengono memorizzati dal dispositivo EDR. Nello studio si osserva come a seguito di un urto, la variazione di velocità Δv in un certo intervallo temporale, può essere efficacemente utilizzata come soglia di trigger. In realtà, come mostrato nel 2007 in uno studio americano⁵⁷, molti eventi a basso Δv non raggiungono la soglia di attivazione e conseguentemente il dispositivo EDR non è in grado di ricevere il comando di memorizzazione dei dati, anche perché bassi valori di Δv possono essere facilmente confusi con le decelerazioni generate dall'azionamento dell'impianto frenante. È il caso tipico di urti che avvengono tra un autoveicolo, avente massa elevata, e un utente vulnerabile della strada avente massa molto minore rispetto a quella dell'autoveicolo. In tal caso è probabile che la soglia di trigger basata solo sul Δv non sia affidabile. Stessa osservazione può essere estesa alle collisioni che si verificano tra mezzi pesanti e mezzi con massa molto minore. Pertanto, nel progetto VERONICA-II viene sottolineata l'importanza di utilizzare combinazioni intelligenti di diversi parametri.

Dopo le importanti risposte fornite dal progetto VERONICA-II, numerose organizzazioni europee hanno mantenuto i riflettori puntati sull'argomento e

⁵⁶ RR Schmidt-Cotta. VERONICA-II, Vehicle Event Recording based on Intelligent Crash Assessment, Final Report.

⁵⁷ Clay Gabler/John Hinch, Craig Wilkinson, SAE EDR Symposium, Sept. 05/06/2007, Ashburn, VA, USA.

nel 2013 la Commissione Europea ha pubblicato la "call for tenders" N° MOVE/C4/2013-200-1⁵⁸ con l'obiettivo di studiare i benefici per la sicurezza stradale nell'utilizzo di un Registratore di Dati di Evento (EDR) nei veicoli.

L'obiettivo di questo studio era soprattutto quello di supportare la Commissione nel decidere se l'installazione dell'EDR in tutti i veicoli o in determinate categorie di veicoli potesse comportare un miglioramento della sicurezza stradale o avere altre possibili conseguenze in grado di giustificare i costi associati all'adozione delle misure europee.

Lo studio è stato affidato a Transport Research Laboratory (TRL) che nel 2014 pubblica un report finale "PROJECT REPORT PPR707"⁵⁹ in grado di rispondere con precisione alle richieste della Commissione Europea.

Il progetto è stato organizzato in tre fasi: raccolta di informazioni, consultazione delle parti interessate e analisi costi-benefici. TRL osservava nello studio come tipicamente l'utilizzo di dispositivi EDR porti principalmente tre vantaggi:

- Miglioramento della sicurezza stradale poiché i produttori e i legislatori possono ottenere informazioni sulla causa dell'incidente e utilizzarle per migliorare la sicurezza stradale, ma anche poiché quando sono installati registratori di dati di bordo, ed il conducente è opportunamente informato, le prestazioni di guida di quest'ultimo sono influenzate positivamente con conseguenti benefici per la società;
- Benefici per l'incidentologia stradale poiché dati accurati prima, durante e dopo un incidente forniscono informazioni solide per aiutare a determinare la causa dell'incidente e consentono di valutare l'efficacia delle contromisure intraprese per il miglioramento della sicurezza stradale;
- Miglioramento dei procedimenti legali in quanto le informazioni sull'incidente possono essere utilizzate per attribuire profili di responsabilità in maniera più accurata e obiettiva, riducendo così i tempi ed i costi legali, favorendo agli utenti della strada e alla società l'accesso ad una migliore giustizia.

Sempre in questo studio TRL considera molto bassi i costi per veicolo associati all'implementazione di un dispositivo EDR, anche considerando che già da molti anni quasi tutti i produttori risultavano al lavoro sull'implementazione dei dispositivi EDR all'interno dei propri veicoli. Negli Stati Uniti d'America, ad esempio, NHTSA ha stimato che nel 2013 il 96% dei veicoli leggeri in

⁵⁸ Commissione Europea. Call for tenders N° MOVE/C4/2013-200-1.

⁵⁹ David Hynd and Mike McCarthy. Study on the benefits resulting from the installation of Event Data Recorders - Final Report.

circolazione era dotato di dispositivo EDR⁶⁰. Contestualmente, in Europa, Volvo, Toyota e Lexus per la prima volta nel 2014 avviavano ufficialmente l'utilizzo del dispositivo EDR su tutti i loro nuovi veicoli. TRL pone poi l'accento su possibili problematiche legate alla privacy, proprio come già era stato fatto anni prima nel progetto VERONICA, a causa delle disposizioni legislative nazionali differenti tra di loro.

Contemporaneamente allo studio prodotto da TRL, nel 2014 il Dipartimento Tematico (Policy Department) per il trasporto e il turismo realizza uno studio⁶¹ di ricerca per il Parlamento Europeo intitolato "TECHNICAL DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF EVENT DATA RECORDING IN THE ROAD SAFETY POLICY". Lo scopo di tale studio di ricerca era quello di fornire al Parlamento Europeo una panoramica chiara e completa sullo sviluppo tecnico e sull'implementazione dei dispositivi EDR. I Dipartimenti Tematici sono unità di ricerca che forniscono consulenza specializzata a commissioni, delegazioni interparlamentari e altri organi parlamentari su richiesta degli stessi.

In questo studio di ricerca sono stati confermati tutti i possibili aspetti positivi legati all'implementazione del dispositivo EDR sui veicoli che già gli studi passati avevano portato alla luce con molta chiarezza, sottolineando tuttavia nuovamente la presenza di possibili problematiche da affrontare legate alle leggi sulla privacy.

Sulla base delle informazioni provenienti dagli studi fin qui citati, la Commissione Europea ha poi stilato un elenco di potenziali misure che riguardavano l'adozione del dispositivo EDR. Tali misure sono state discusse negli anni con il Working Group on Motor Vehicles (WVWG)⁶² ed hanno portato alla definizione del Regolamento Europeo 2019/2144 e alle misure associate come i relativi Regolamenti Delegati. Il WVWG è un gruppo di esperti che dal 1970 porta avanti confronti tra tutte le parti interessate dei governi, dell'industria e delle associazioni dei consumatori in merito alle attività normative europee riguardanti i veicoli a motore.

⁶⁰ NHTSA 46-10. U.S. DOT Proposes broader use of Event Data Recorders to help improve vehicle safety.

⁶¹ Policy Department B: Structural and Cohesion Policies - Transport and Tourism. Technical development and implementation of event data recording in the road safety policy.

⁶² European commission. Working Group on Motor Vehicles (E01295).

4.3 Dati EDR e database analisi statistiche in-depth

Dalla precedente trattazione risulta chiaro come il dispositivo EDR, con i suoi dati, sia uno dei tanti sistemi implementati nel Regolamento Europeo 2019/2144 in grado di contribuire al soddisfacimento dei cinque "pilastri" stabiliti dall'ONU all'interno della "Second Decade of Action for Road Safety 2021-2030". Ad esempio, si consideri in particolare il "pilastro 1" che fa riferimento alla "Gestione della Sicurezza Stradale". Le linee strategiche incluse in questo pilastro riguardano tre aspetti principali: digitalizzazione e raccolta dati, coordinamento, e ricerca. Per supportare efficacemente la gestione della sicurezza stradale è necessario, infatti, avviare un processo di digitalizzazione e raccolta dei dati d'incidentalità e dei dati relativi al trasporto stradale. Digitalizzazione dei dati relativi agli incidenti e agli infortuni, inteso anche come informatizzazione del dato e parziale automazione del processo di raccolta e invio, per favorire un monitoraggio continuo del fenomeno e migliorare la qualità del dato garantendo la presenza del maggior numero possibile di informazioni. Questo è sicuramente un aspetto fondamentale a cui il dispositivo EDR può contribuire positivamente. La digitalizzazione dei dati aprirebbe poi anche le porte al collegamento e scambio di dati con altre banche dati (schede di dimissione ospedaliera, dati del pronto soccorso, assicurazioni e concessionarie servizi assicurativi) al fine di migliorare le conoscenze sul tema e poter massimizzare i progressi della ricerca.

Nelle prime pagine di questa tesi è stato mostrato come i dati provenienti dall'analisi statistica degli incidenti abbiano fornito informazioni utili per intraprendere una serie di azioni volte alla diminuzione del numero di vittime sulla strada. Nei paesi ad alto reddito gli incidenti stradali sono stati studiati in ogni loro dettaglio e nel tempo sono stati raccolti moltissimi dati⁶³. L'analisi dei dati degli incidenti permette in particolare lo sviluppo di strategie e misure per prevenire i sinistri e mitigare la gravità degli infortuni. Tuttavia, la varietà delle domande di ricerca richiede diversi tipi di informazioni. Per effettuare un'analisi di base sul fenomeno dell'incidentalità, come quella effettuata nel capitolo 1, possono essere utilizzati i comuni database nazionali. D'altro canto, l'identificazione delle cause di un sinistro, delle lesioni subite ed altre specifiche valutazioni, richiedono dati con un livello più alto di dettaglio. Per quanto riguarda l'incidentologia, viene utilizzata infatti un tipo di statistica detta "in-depth" (approfondita). Per effettuare un'analisi accurata, quindi, le statistiche di base non sono sufficienti poiché non sono in grado di fornire informazioni che permettano di definire relazioni causa-effetto. Ne consegue

⁶³ L. Piano, La sicurezza passiva degli autoveicoli. Criteri di progettazione e sperimentazione, 2013.

l'impossibilità di definire con accuratezza soluzioni a problemi ben specifici che riguardano l'incidentologia stradale. L'istituto italiano di statistica (ISTAT) è il principale fornitore di informazioni statistiche ufficiali in Italia e i dati prodotti sono relativi al contesto italiano. I dati provenienti da ISTAT non sono adatti per l'analisi approfondita poiché i dati che vengono raccolti (numero feriti, numero decessi, tipologia mezzo di trasporto, data e ora sinistro) non permettono ad esempio di stabilire la relazione fra tipologia di incidente, caratteristiche dell'urto e tipologia e severità delle lesioni subite. Grazie ai dati provenienti dal dispositivo EDR l'analisi in-depth risulterà enormemente avvantaggiata e sarà possibile ricostruire una moltitudine di aspetti relativi all'incidentologia stradale con estrema accuratezza.

L'analisi degli incidenti ha preso avvio in USA negli anni '90 per poi diffondersi successivamente in alcuni paesi europei tra cui Regno Unito, Germania, Svezia e Francia. Per ridurre gli incidenti, e quindi il numero di vittime sulla strada, è necessario conoscere cause, dinamica e conseguenze degli incidenti su strada. Nel tempo istituzioni pubbliche e private, ma anche diverse case automobilistiche hanno mostrato estremo interesse per le statistiche approfondite sugli incidenti stradali al fine di comprendere e poter gestire meglio in fase progettuale gli aspetti relativi alla sicurezza stradale. Nella classificazione degli incidenti occorre specificare dettagliatamente i soggetti coinvolti ed indicare la tipologia di incidente: collisione tra due o più veicoli, collisione di un veicolo contro elementi fissi come alberi, pali, guard rail, strutture a bordo strada, ecc, collisione di un veicolo contro un altro utente della strada come pedone, ciclista, motociclista, trattore agricolo, animali, ecc, collisione contro mezzi non stradali come ad esempio treni, incidente senza collisioni che provoca uscita di strada o ribaltamento. Per questo motivo negli ultimi anni sono emersi diversi progetti che svolgono un'analisi approfondita, in-depth, su database che contengono dati sugli incidenti. Sfortunatamente, a causa di diversi standard per la raccolta e la codifica dei dati, l'analisi comparativa di dati approfonditi provenienti da diversi paesi e quindi da diverse fonti è risultata difficoltosa. Per gestire questa problematica sono nati dei database all'interno dei quali si trovano informazioni dettagliate sull'incidente, come i dati che riguardano le deformazioni delle autovetture e le lesioni subite dagli occupanti. Questo permette di definire opportune correlazioni tra la severità dell'incidente, la risposta del veicolo e le sollecitazioni tollerabili dall'occupante. Per fare analisi statistiche in-depth sono quindi stati creati database che contengono dati armonizzati che riguardano incidenti stradali appartenenti a diversi Paesi, allo scopo di avere una raccolta di dati standardizzati che possono essere elaborati e analizzati. Importante a tal proposito citare IGLAD⁶⁴ (*Initiative for the Global*

⁶⁴ <http://www.iglad.net>

Harmonization of Accident Data) e NASS⁶⁵ (*National Automotive Sampling System*), che raccolgono dati sugli incidenti stradali. IGLAD si occupa di dati che provengono da diversi Paesi nel mondo, NASS invece si occupa della raccolta di dati provenienti da incidenti avvenuti nei soli Stati Uniti.

IGLAD è stato avviato nel 2010 da ACEA (*Association des Constructeurs Européens d'Automobiles*) e diversi istituti di ricerca ed è supportato da FIA (*Fédération Internationale de l'Automobile*). IGLAD è un'iniziativa internazionale senza fini di lucro in cui si interfacciano tra di loro membri e fornitori. I fornitori provengono da ogni parte del mondo e forniscono ad IGLAD dati accurati che annualmente ne arricchiscono il database. Tale database è poi reso consultabile ai membri a fronte del pagamento di una quota associativa. IGLAD nasce quindi per creare una banca dati globale consultabile, capace di contenere informazioni dettagliate sugli incidenti stradali al fine di ridurre il numero, specialmente di quelli con decessi e feriti gravi. NASS invece opera con lo stesso obiettivo di IGLAD ma la sua sfera di applicazione è limitata agli Stati Uniti ed utilizza il database del National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA - agenzia federale USA responsabile della definizione di standard di riferimento per la sicurezza stradale).

⁶⁵ NHTSA. Crash Data Systems. National Automotive Sampling System.

4.4 Criticità EDR in Europa

La maggiore criticità del dispositivo EDR riguarda l'omissione dai dati raccolti in caso di sinistro della posizione GPS del veicolo, della data e dell'ora del sinistro. Queste omissioni sono dovute sostanzialmente alle leggi sulla privacy. Negli anni, le parti interessate, hanno avanzato in più occasioni la richiesta di includere nei dati del dispositivo EDR anche posizione GPS, data e ora del sinistro. Questi dati sono infatti fondamentali ai fini statistici per poter essere contestualizzati ed infatti nella stessa Risoluzione Europea del giugno 2021 si legge quanto segue:

"...sottolinea l'importanza dei dati digitali contenuti nei registratori di dati di evento per un'analisi approfondita degli incidenti al fine di migliorare la sicurezza stradale; invita la Commissione a garantire che tutti gli elementi pertinenti per l'analisi approfondita degli incidenti e per la ricerca in materia di sicurezza stradale (compresi luogo, data e ora) siano registrati e conservati dai registratori di dati di evento".

Vengono citati a tal proposito anche i commenti inviati a fine 2021 durante le consultazioni pubbliche⁶⁶ da "European Transport Safety Council" e dal "Consiglio Tedesco per la Sicurezza Stradale" sui "requisiti tecnici e procedure di prova per l'omologazione UE dei registratori di dati relativi agli incidenti". Entrambi invitavano la Commissione Europea a far sì che posizione, data e ora del sinistro venissero registrati nel dispositivo EDR.

Probabilmente, sempre per questioni legate alle leggi sulla privacy, negli atti legislativi che coinvolgono il dispositivo EDR non viene mai fatto riferimento ad un utilizzo del dispositivo diverso dai fini statistici o di ricerca degli stati membri europei. Nel Regolamento Delegato, ad esempio, si legge quanto segue:

"il registratore di dati di evento è un sistema progettato esclusivamente al fine di registrare e memorizzare i parametri relativi agli incidenti e le informazioni immediatamente prima, durante e immediatamente dopo una collisione, al fine di acquisire dati più precisi e approfonditi sugli incidenti che consentano agli Stati membri di effettuare analisi della sicurezza stradale e valutare l'efficacia di misure specifiche".

Il nuovo Regolamento UE richiede poi il rispetto del Regolamento Generale sulla Protezione dei Dati 2016/679 (GDPR), non consentendo inoltre la memorizzazione delle ultime 4 cifre del codice VIN, ma non fornisce informazioni sulla proprietà dei dati. Per tale motivo, le parti interessate

⁶⁶ Iniziative pubbliche. Feedback. Sicurezza dei veicoli - requisiti tecnici e procedure di prova per l'omologazione UE dei registratori di dati relativi agli incidenti (EDR).

all'implementazione e alla diffusione del dispositivo EDR, durante gli anni hanno più volte richiesto un chiarimento sulla proprietà dei dati, sulle modalità di accesso e sugli scopi degli stessi.

Bisogna comunque sottolineare che, come verrà anche mostrato più avanti, da molto anni il dispositivo EDR viene talvolta già utilizzato ai fini ricostruttivi in caso di sinistro ed è ragionevole pensare che continuerà ad essere utilizzato per gli stessi fini anche in futuro. Questo dipenderà certamente dalla legislazione nazionale ma è importante sottolineare come comunque il diritto privato alla protezione dei dati personali, in circostanze specifiche, può essere superato dalla necessità di utilizzare le informazioni private per scopi di interesse pubblico, come la ricostruzione delle cause di un incidente grave in cui i coinvolti possono essere perseguiti penalmente. Ad esempio, in Germania, l'uso dei dati EDR da parte dei tribunali in caso di procedimenti penali per incidenti gravi non è limitato dalla legge sulla protezione dei dati. Lo stesso accade negli Stati Uniti in cui il giudice può richiedere che i dati del dispositivo EDR vengano prelevati e utilizzati ai fini ricostruttivi. In Italia è importante citare a tal proposito una circolare⁶⁷ del Ministero dell'Interno che indica chiaramente quanto segue a proposito del reato di omicidio stradale: "la valutazione quantitativa della velocità tenuta al momento dell'incidente può essere desunta dalle specifiche risultanze dei mezzi di prova individuati dall'art 142 C.d.S. ovvero attraverso qualsiasi altro strumento tecnico che, direttamente o indirettamente, consenta di effettuare una siffatta valutazione in termini quantitativi esatti, ancorché non omologato per l'accertamento di violazioni amministrative per eccesso di velocità. In particolare, in occasione del rilievo di un incidente stradale, potrà essere utile acquisire i dati contenuti nei dispositivi installati a bordo del veicolo dalle compagnie di assicurazione e nelle centraline che governano l'attivazione del sistema di airbag. Ove necessario, le operazioni tecniche relative dovranno essere autorizzate dall'autorità giudiziaria ed assistite dalle opportune garanzie difensive".

⁶⁷ Dirett. Ministero dell'Interno, prot. 300/A/2251/16/124/68 del 25.03.2016, art. 1.3 lett. "a".

4.5 Gestazione EDR negli Stati Uniti

Negli Stati Uniti, varie tipologie di dispositivi EDR erano utilizzate sui veicoli a motore già a partire dagli anni '70. I produttori installavano gli EDR per raccogliere informazioni utilizzabili per migliorare i propri veicoli (soprattutto in termini di protezione in caso di incidente). I dati raccolti dagli EDR potevano infatti fornire informazioni preziose sulla gravità dell'incidente, sul funzionamento dell'airbag (o di altri dispositivi di sicurezza), sulle strategie di intervento dei dispositivi di sicurezza e sul veicolo in generale. I dati potevano inoltre essere utilizzati per dimostrare che il veicolo stava funzionando correttamente al momento dell'evento o per rilevare particolari alterazioni del veicolo. Per raccogliere i dati necessari, negli anni '70 la General Motors (GM) ha iniziato a montare una piccola unità di memoria sul modulo elettronico che attivava gli airbag. Fu presto seguito da Ford, Chrysler e altre case automobilistiche. A seguito degli sviluppi tecnologici si è riscontrato un crescente utilizzo di questi dispositivi da parte dei produttori di autoveicoli che ha portato nel 1991 la National Highway Traffic Safety Administration⁶⁸ (NHTSA), in collaborazione con General Motors, a utilizzare gli EDR come strumenti investigativi sugli incidenti all'interno di un programma denominato Special Crash Investigations (SCI). Nel 1997, il National Transportation Safety Board⁶⁹ (NTSB), raccomandava all'NHTSA di "perseguire la raccolta di informazioni sugli incidenti utilizzando EDR". Nello stesso anno, il Jet Propulsion Laboratory (JPL) della NASA ha raccomandato all'NHTSA di "studiare la fattibilità dell'installazione e dell'ottenimento dei dati sugli incidenti dai registratori di dati di evento dei veicoli". Nel 1998 la NHTSA inizia così a promuovere l'utilizzo del dispositivo EDR nei veicoli a motore e le case automobilistiche americane supportano volontariamente questa iniziativa. Si giunge così nel dicembre 2004, anno in cui viene pubblicato un importante studio sul tema intitolato "Use of Event Data Recorder (EDR) Technology for Highway Crash Data Analysis⁷⁰". Questo lavoro è stato sponsorizzato dall'American Association of State Highway and Transportation Officials⁷¹ (AASHTO), in collaborazione con la Federal Highway Administration, ed è stato condotto nell'ambito del National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) amministrato dal Transportation Research Board (TRB) delle National Academies⁷². Questo report presenta una visione completa su una moltitudine

⁶⁸ <https://www.nhtsa.gov>

⁶⁹ <https://www.nts.gov>

⁷⁰ Hampton C. Gabler, Douglas J. Gabauer, Heidi L. Newell. Use of Event Data Recorder (EDR) Technology for Highway Crash Data Analysis – 2014.

⁷¹ <https://www.transportation.org>

⁷² <https://www.nationalacademies.org>

di tematiche riguardanti il dispositivo EDR, così come avvenuto con il progetto VERONICA e VERONICA-II in Europa. Nello studio si è osservato come i dispositivi EDR possano fornire nuovi dati e migliorare la raccolta degli stessi al fine di supportare la ricerca incidentologica. In particolare, i dati provenienti dal dispositivo EDR promettono di migliorare significativamente i database statistici sugli incidenti. Nello studio vengono definiti numerosissimi elementi di dati che il dispositivo EDR dovrebbe registrare sulla base delle informazioni fornite da GM e Ford. Molti di questi dati risultavano già acquisiti nei veicoli in produzione ed è stata quindi considerata ragionevole l'implementazione degli stessi dal punto di vista tecnico ed economico.

Nello studio viene inoltre sottolineata la necessità di standardizzare i dispositivi EDR per avere formati di dati comuni e tecnologie comuni di accesso ai dati. Infine, secondo lo stesso studio, il dispositivo EDR può certamente migliorare le indagini sui singoli incidenti. I dati EDR risultavano già molto utilizzati negli Stati Uniti come ulteriore mezzo di indagine per ricostruire aspetti dell'incidente (come la velocità del veicolo) e molte forze dell'ordine raccoglievano già regolarmente dati EDR per le indagini sui sinistri mortali. Successivamente, nel 2006, NHTSA pubblica una "Final Regulatory Evaluation"⁷³ (FRE) in cui, in vista di una norma finale, analizza gli impatti dei dispositivi EDR installati volontariamente nei veicoli leggeri. Nel 2008 invece pubblica uno studio intitolato "Analysis of Event Data Recorder Data for Vehicle Safety Improvement"⁷⁴ in cui sono stati raccolti e analizzati oltre 2.500 file EDR. Le analisi si sono concentrate sul formato del file EDR e sui potenziali miglioramenti, sulla valutazione dei tipi di crash, sulla accuratezza e completezza dei dati, e sull'utilità degli stessi ai fini ricostruttivi del sinistro. L'obiettivo finale era determinare se i dati EDR possano essere utilizzati efficacemente dai ricercatori nello sviluppo e nella valutazione dei vari aspetti di sicurezza dei veicoli. Si giunge alla conclusione che, l'utilizzo dei dati provenienti da un dispositivo EDR potrebbe consentire analisi più accurate sui dispositivi di sicurezza attiva e passiva dei veicoli, nonché potrebbe restituire una serie di dati in grado di consentire una migliore modellizzazione degli eventi di urto, pre-urto e post-urto. Successivamente, nel 2006 con la norma "49 CFR Part 563"⁷⁵ la NHTSA impone una serie di requisiti per i dispositivi EDR applicabile però soltanto ai veicoli leggeri (categoria M1 e N1) dotati di tale dispositivo, quindi a quei veicoli in cui le case automobilistiche hanno volontariamente associato un dispositivo EDR, senza estenderne l'obbligatorietà a tutti i veicoli leggeri. In questa norma NHTSA standardizza il tipo di dati registrati e raccolti dagli EDR e obbliga i produttori a notificare ai consumatori l'esistenza del dispositivo EDR nel veicolo. Richiede inoltre

⁷³ NHTSA (2006). Final regulatory evaluation, Event Data Recorders (EDRs).

⁷⁴ NHTSA (2008). Analysis of Event Data Recorder Data for Vehicle Safety Improvement.

⁷⁵ United States Code of Federal Regulations 49 CFR Part 563 - EVENT DATA RECORDERS.

determinati standard per la "sopravvivenza" e il "recupero" dei dati per garantire che i dispositivi EDR possano resistere alla maggior parte degli incidenti ed essere successivamente utilizzabili per il recupero dei dati. Tale norma viene introdotta proprio con l'obiettivo di garantire che gli esperti del settore possano accedere a dati significativi, pertinenti e di buona qualità per supportare il governo federale nello sviluppo di programmi di protezione degli occupanti e sicurezza dei veicoli a motore.

Negli anni successivi, nonostante alcune proposte avanzate fino ad oggi per rendere definitivamente obbligatorio il dispositivo EDR su tutti i veicoli leggeri di nuova omologazione, questo non è stato ancora fatto.

Così come stabilito dai regolamenti europei, per questioni legate alla privacy, anche negli Stati Uniti i dati raccolti non contengono alcun elemento che possa identificare il conducente del veicolo. Il codice VIN del veicolo è integralmente associato al dispositivo EDR ma, per questioni legate alla privacy, quando i dati prelevati dai dispositivi EDR vengono usati ai fini statistici, NHTSA rimuove le ultime cifre del codice VIN.

Interessante quindi sottolineare come anche negli Stati Uniti le tematiche riguardanti la privacy abbiano rallentato e a volte ostacolato la diffusione dei dispositivi EDR nonostante il loro comprovato beneficio sulla collettività.

Così come accade in Europa, la proprietà dei dati EDR è una questione di diritto statale e tali disposizioni variano da stato a stato. NHTSA considera il proprietario del veicolo il proprietario dei dati e pertanto NHTSA chiederà sempre il permesso al proprietario di un veicolo prima di scaricare qualsiasi informazione da utilizzare nei database governativi. Tuttavia, come accennato in precedenza, i tribunali possono chiedere di accedere ai dati EDR e lo stesso può accadere, in base a specifici regolamenti di alcuni Stati che disciplinano le indagini sugli incidenti, da parte della polizia, della compagnia assicurativa e di altre figure. Esistono, infatti, anche contratti assicurativi che obbligano i sottoscrittenti a collaborare con le assicurazioni in caso di sinistro fornendo il consenso alla consultazione dei dati provenienti dal dispositivo EDR.

Cap.5 - Dispositivo EDR e Bosch CDR

Nelle ultime pagine si è accennato a come dispositivi molto simili a quanto concepito dal Regolamento Europeo 2019/2144 nascono già intorno agli anni '70 con l'implementazione degli airbag sugli autoveicoli. Affinché infatti, gli airbag funzionino correttamente in caso di incidente, le case automobilistiche hanno sviluppato unità di controllo per rilevare quando si è verificato o sta per verificarsi un incidente e attivare gli airbag o più in generale attivare altri dispositivi di sicurezza. Poiché negli anni, con i progressi tecnologici, le unità di controllo dell'airbag sono diventate sempre più sofisticate, le case automobilistiche hanno ritenuto che i dati raccolti dalle unità di controllo potessero essere sfruttati per ricavare informazioni sulla tipologia del sinistro, sul funzionamento dell'airbag (o altri dispositivi di sicurezza) e sul veicolo in generale. Per raccogliere dati opportuni, i progettisti hanno quindi aumentato le funzionalità di quella che inizialmente era concepita per essere una semplice unità di controllo dell'airbag, consentendo la memorizzazione di una moltitudine di altri dati che in caso di sinistro possono essere prelevati ed analizzati. Attualmente quindi, nella maggior parte dei casi, la funzione EDR è integrata nell'unità di controllo dell'airbag. Tale unità prende il nome di Airbag Control Module (ACU) e assume anche differente nomenclatura in base alla casa automobilistica (ad esempio Airbag Sensing & Diagnostic Module SDM per General Motor, Restraint Control Modul RCM per Ford, Occupant Restraint Control ORC per FCA).

Nell'immagine seguente viene mostrato un dispositivo EDR con relativa componentistica interna in vista.

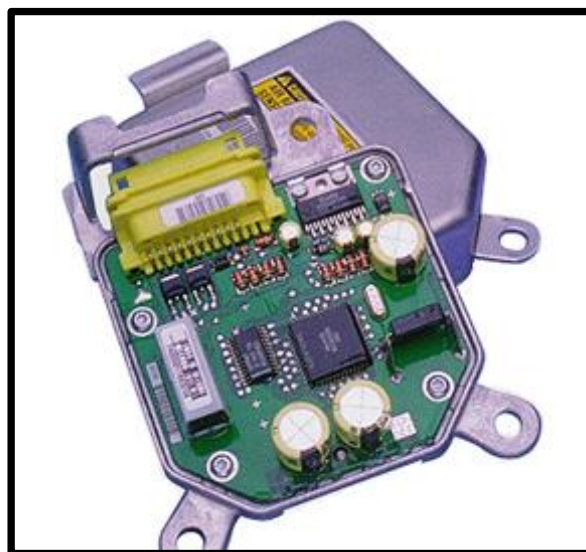


Figura 24. Dispositivo EDR.

Attualmente, i dati che confluiscono nel dispositivo EDR provengono da fonti differenti (sensori e componentistica associata distribuita nell'autoveicolo), con frequenze e durate di campionamento anch'esse differenti. Come ampiamente descritto, un dispositivo EDR scrive in memoria non volatile solo quando si verifica o sta per verificarsi un evento (generalmente è comunque dotato di memoria che permette la registrazione di eventi multipli). Oltre che per potenziali problematiche legate alla privacy, ciò è dovuto anche al fatto che se non venisse applicato questo approccio, dati registrati per molto tempo necessiterebbero di grossi spazi di memoria e quindi di architetture informatiche ben più complesse rispetto a quelle attuali dotate soltanto di memorie con pochi kilobytes-megabytes. Risulta interessante notare come si assista ormai da anni ad un trend crescente in termini di richiesta di memoria volatile e non all'interno dei veicoli, che aumenta proporzionalmente in funzione del livello di guida autonoma. È ragionevole quindi pensare che in futuro i dispositivi EDR dovranno essere dotati di spazi di archiviazione ben più prestanti per poter registrare anche ulteriori dati che le norme future andranno a definire. A tal proposito viene presentata una tabella che mostra il quantitativo di "gigabytes per ora" generati dai veicoli in funzione del livello di guida autonoma.

	Cameras	Radar Sensors	Ultrasound Sensors	LiDAR	Gigabytes Generated per hour (Low)	Gigabytes Generated per hour (High)
Level 0	0-1	0	0-4	0	0	280
Level 1	1-4	3-5	4-8	0	520	2,220
Level 2	4-8	5-8	8-12	0-2	1,700	6,000
Level 3	7-10	6-9	8-12	1-3	4,700	7,800
Level 4	9-16	11-21	8-12	3-5	6,700	16,700
Level 5	9-17	11-23	8-16	3-6	6,700	17,300

Figura 25. Gigabytes per ora in funzione del livello di guida autonoma (Idc.com 2020).

Un tipico dispositivo EDR è attualmente dotato di una memoria volatile DRAM, in cui vengono scritti i dati temporaneamente, e una memoria non volatile NOR/NAND in cui vengono trasferiti tali dati in caso di "evento". Questo poiché, come già ampiamente spiegato, il dispositivo EDR non registra permanentemente alcun dato nel normale utilizzo ma si limita ad un monitoraggio continuo dei dati in ingresso, provenienti dalla sensoristica di

bordo, attraverso i quali è in grado di identificare il verificarsi di un evento e solo in quel momento procedere alla scrittura permanente in memoria. Un "evento" viene molto spesso associato al superamento di un opportuno valore di delta-V cumulativo (tipicamente 0,8 km/h in 20 m/s) e/o decelerazioni di 1-2g. Il superamento di tale soglia permette di definire contestualmente il "Time Zero". Il Time Zero è il tempo zero rispetto al quale i dati sono registrati fino a 5 secondi prima e fino a 300 millisecondi dopo. Sono comunque attualmente presenti anche altre specifiche logiche di sovrascrittura e scrittura che dipendono dal veicolo e dal produttore nonché dalla tipologia di urto registrato dal dispositivo EDR. Tali logiche di funzionamento, con l'introduzione del Regolamento Europeo 2019/2144, dovranno uniformarsi a quanto stabilito dal Regolamento ONU n.160 le cui indicazioni sono state descritte nei capitoli precedenti.

Pochi millisecondi dopo il Time Zero vengono inoltre attivati gli algoritmi della centralina air-bag che elaborano le informazioni ricevute dalla sensoristica di bordo e attuano conseguentemente opportune scelte di attivazione dei componenti di sicurezza passiva.

Un altro aspetto fondamentale da considerare per una corretta lettura ed interpretazione dei dati prelevati da un dispositivo EDR, riguarda l'eterogeneità dei dati in ingresso. Avere infatti un dato A con frequenza di campionamento di 1 Hz implica che, un dato B fornito con frequenza maggiore (100Hz ad esempio), possa vedere un dato A non aggiornato che nel peggiore dei casi fa riferimento a circa 1 secondo prima. È pertanto necessario prevedere opportuni accorgimenti quando ci si affida a tali tipologie di dati. Il Regolamento Europeo 2019/2144 porterà benefici anche in quest'ottica grazie ad una standardizzazione a cui tutti i produttori dovranno adeguarsi.

I dati registrati dal dispositivo EDR a cui fino in questo capitolo si è fatto riferimento sono prelevabili, su molti veicoli dotati di dispositivo EDR, tramite vari dispositivi appositamente sviluppati da aziende differenti. Tra i sistemi maggiormente utilizzati spicca sicuramente il dispositivo Bosch CDR⁷⁶ (Crash Data Retrieval). Va tuttavia sottolineato come nei prossimi mesi si assisterà probabilmente a notevoli sviluppi sul tema poiché secondo il Regolamento Delegato 2022/545:

"Fino a quando non saranno posti in essere protocolli di comunicazione standardizzati per l'accesso ai dati di evento e il loro recupero, i costruttori di veicoli dovrebbero fornire informazioni su come accedere ai dati nel registratore di dati di evento, come recuperarli e come interpretarli".

Attualmente, come già accennato in precedenza, non vi è una perfetta standardizzazione dal punto di vista delle informazioni che i dispositivi EDR

⁷⁶ Boschdiagnostics.com – CDR Crash Data Retrieval dlc base kit.

raccolgono e quindi ogni veicolo memorizza dati potenzialmente anche molto diversi rispetto ad un altro veicolo.

Bosch è attualmente la principale azienda che commercializza un dispositivo che permette l'accesso ai dati di un dispositivo EDR. Nell'immagine seguente viene mostrato il dispositivo Bosch CDR:



Figura 26. Bosch CDR (Crash Data Retrieval - Kit base).

Tale dispositivo, venduto ad un prezzo di circa 2000€, necessita per funzionare di un software venduto separatamente. Sono inoltre venduti separatamente anche una serie di altri cavi-adattatori che ampliano le funzionalità del "base kit", come il dispositivo CDR 500⁷⁷. Da qualche anno è inoltre presente sul mercato americano una nuova versione del dispositivo Bosch CDR che prende il nome di Bosch CDR 900⁷⁸ e che nasce principalmente come upgrade della precedente versione per i veicoli di nuova generazione.

⁷⁷ Boschdiagnostics.com – CDR 500 interface adapter kit.

⁷⁸ Boschdiagnostics.com – CDR 900 upgrade kit.

Il collegamento di un dispositivo Bosch CDR avviene principalmente in due modalità:

- Collegamento indiretto, tramite DLC (Diagnostic Link Connector), del dispositivo Bosch CDR all'interfaccia OBD del veicolo e al proprio notebook. Tale collegamento presuppone il fatto che il veicolo disponga di impianto elettrico correttamente funzionante per consentire l'accensione del quadro strumenti;
- Collegamento diretto, definito D2M (direct-to-module), che viene utilizzato per collegare il dispositivo Bosch CDR ed il proprio notebook direttamente al modulo del veicolo che memorizza le informazioni EDR (tipicamente centralina air-bag). Tale collegamento viene utilizzato solitamente quando a seguito di un grave incidente, l'impianto elettrico del veicolo risulta compromesso e i dati potrebbero non essere accessibili tramite collegamento DLC standard.

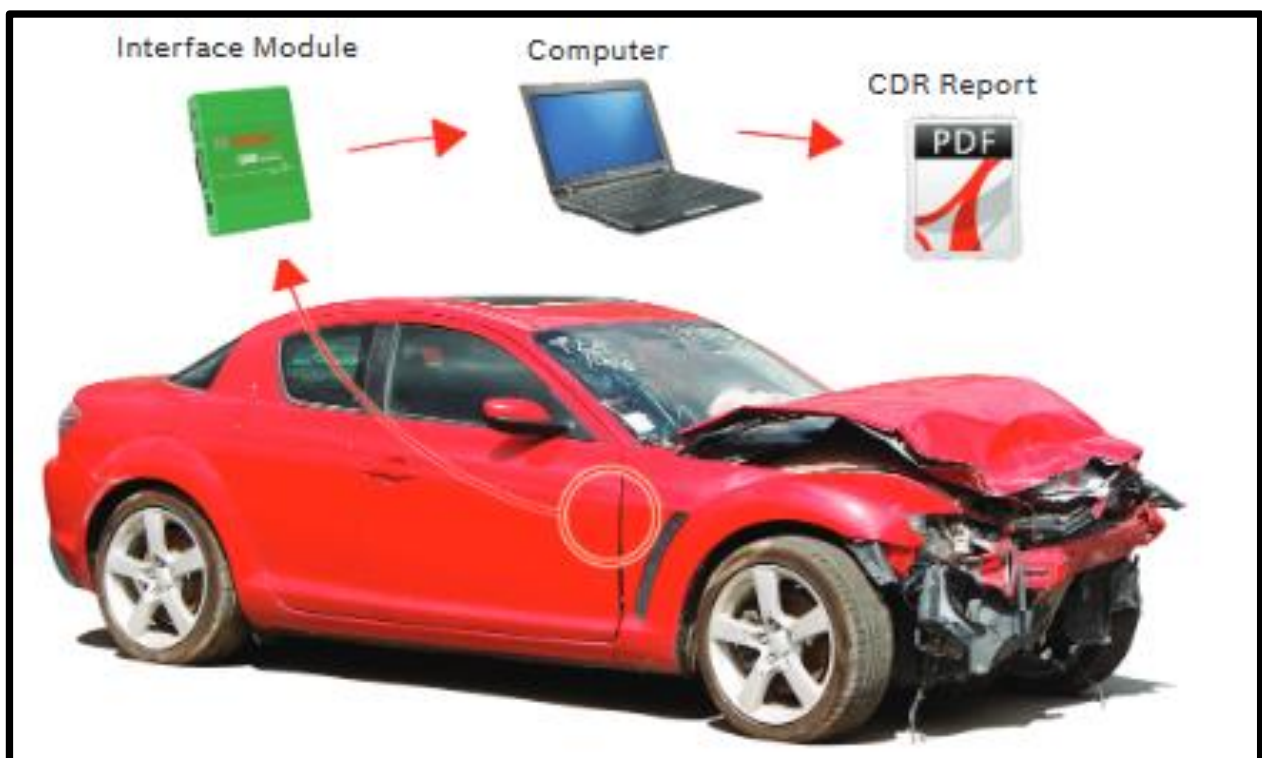


Figura 27. Schema utilizzo dispositivo Bosch CDR.

Il file prodotto dal dispositivo Bosch CDR, in seguito alla lettura del dispositivo EDR, è un file protetto e non modificabile in formato .cfrx che può essere esportato in formato .pdf.

Verranno di seguito mostrati dati di esempio prelevati tramite dispositivo Bosch CDR. In particolare, subito sotto, viene mostrata la tabella "Pre-Crash"

che mostra alcuni fondamentali parametri con frequenza di campionamento di 2Hz (velocità, utilizzo acceleratore, rpm motore, angolo di sterzo con "+" se ruotato verso sinistra e "-" se ruotato verso destra, utilizzo impianto frenante, attivazione ABS, attivazione controllo elettronico di stabilità) nei 5 secondi prima del "Time Zero". In particolare, si sottolinea come il valore di velocità a 0 secondi solitamente non corrisponde alla velocità al Time Zero. Questo poiché, come accennato in precedenza, abbiamo grosse differenze di campionamento tra i dati utilizzati per definire il "Time Zero" e i dati contenuti nella tabella "Pre-Crash". Inoltre, si comprenda come il Time Zero non corrisponda propriamente all'istante di contatto puntiforme tra i mezzi bensì a quello successivo in cui, a causa delle prime deformazioni (causate dalle forze in gioco), la soglia che impone la registrazione dei dati di evento viene raggiunta. Solitamente quindi, per fornire un quadro completo, deve essere riportato anche un dato temporale che rappresenta il tempo che intercorre tra la lettura della velocità a 0s (mostrata in tabella Pre-Crash) ed il Time Zero. La valutazione di questo tempo è da tenere in considerazione nella ricostruzione di un sinistro poiché potrebbe comportare una velocità all'impatto maggiore o minore. Ad esempio, una minore velocità all'impatto sarebbe riscontrabile se il veicolo giungesse all'urto in frenata di emergenza e quindi tale frenata, considerando il tempo che intercorre tra la lettura della velocità a 0s ed il Time Zero, si protrarrebbe ancora per una frazione di secondo comportando una velocità effettiva all'urto potenzialmente anche di 10,20,30 km/h inferiore rispetto alla velocità indicata al secondo 0 in tabella Pre-Crash.

Time (sec)	Speed, Vehicle Indicated (MPH [km/h])	Accelerator Pedal, % Full (%)	Engine RPM (RPM)	Steering Input (deg)	Service Brake, On/Off	ABS Activity (Engaged, Non-engaged)	Stability Control (On Engaged, Non-engaged)
-5.0	69 [111]	96	5440	0	Off	No ABS Activity	No ESC Activity
-4.5	73 [118]	96	5760	0	Off	No ABS Activity	No ESC Activity
-4.0	78 [125]	96	6080	0	Off	No ABS Activity	No ESC Activity
-3.5	81 [131]	96	6400	0	Off	No ABS Activity	No ESC Activity
-3.0	85 [137]	96	6656	0	Off	No ABS Activity	No ESC Activity
-2.5	88 [141]	95	6848	0	Off	No ABS Activity	No ESC Activity
-2.0	91 [146]	95	5760	0	Off	No ABS Activity	No ESC Activity
-1.5	94 [151]	94	5888	0	Off	No ABS Activity	No ESC Activity
-1.0	96 [155]	94	6080	0	Off	No ABS Activity	No ESC Activity
-0.5	99 [159]	95	6208	0	Off	No ABS Activity	No ESC Activity
0.0	101 [162]	93	4864	0	Off	No ABS Activity	No ESC Activity

Figura 28. Esempio di tabella "Pre-Crash" - Bosch CDR.

Vengono di seguito elencati e descritti la maggior parte dei parametri che un report completo può riportare.

- Vehicle Clock, Date and Time at Event.
- Vehicle Mileage (km).
- Number of Events.
Numero di eventi rilevati dal sistema.
- Ignition Cycle at Event (cycles).
Numero cicli di avviamento motore al momento dell'evento.
- Ignition Cycle at Download (cycles).
Numero cicli di avviamento motore al momento del download dei dati.
- Algorithm active Frontal (Yes/No).
Se è presente o meno sensore frontale in grado di attivare pretensionatori e air-bag frontali in questa tipologia di impatto.
- Algorithm active Rear (Yes/No).
Se è presente o meno sensore posteriore in grado di attivare i pretensionatori in questa tipologia di impatto.
- Algorithm active Side (Yes/No).
Se è presente o meno sensore laterale in grado di attivare pretensionatori, air-bag laterali e a tendina in questa tipologia di impatto.
- Algorithm active Rollover (Yes/No).
Se è presente o meno sensore rollover in grado di attivare pretensionatori e air-bag in questa tipologia di impatto.
- Event severity status Frontal (Yes/No).
Se è stato rilevato o meno impatto frontale avente severità tale da richiedere attivazione pretensionatori e air-bag frontali.
- Event severity status Rear (Yes/No).
Se è stato rilevato o meno impatto posteriore avente severità tale da richiedere attivazione pretensionatori.
- Event severity status Right (Yes/No).
Se è stato rilevato o meno impatto laterale destro avente severità tale da richiedere attivazione pretensionatori e air-bag laterali e a tendina.
- Event severity status Left (Yes/No).
Se è stato rilevato o meno impatto laterale sinistro avente severità tale da richiedere attivazione pretensionatori e air-bag laterali e a tendina.
- Event severity status Rollover (Yes/No).
Se è stato rilevato o meno rollover tale da richiedere attivazione pretensionatori e air-bag.

- Event severity status Pretensioner (Yes/No).
Se è stato rilevato o meno un urto tale da attivare i pretensionatori (risulteranno comunque attivati quando si attivano gli air-bag).
- Driver 1st stage deployment loop commanded (Yes/No).
Se è stato fornito o meno comando di attivazione air-bag a bassa energia frontale lato guidatore. Gli air-bag frontali guidatore e passeggero sono dotati di doppio stadio di attivazione in maniera tale che quando l'urto risulta di bassa/media severità viene attivato il primo stadio e successivamente, con un certo ritardo, il secondo stadio in modo tale da limitare l'energia emessa. Per urti molto severi invece il primo e secondo stadio si susseguono con un ritardo più limitato.
- Driver 2st stage deployment loop commanded (Yes/No).
Se è stato fornito o meno comando di attivazione del secondo stadio dell'air-bag frontale lato guidatore.
- Passenger 1st stage deployment loop commanded (Yes/No).
Se è stato fornito o meno comando di attivazione air-bag a bassa energia frontale lato passeggero.
- Passenger 2st stage deployment loop commanded (Yes/No).
Se è stato fornito o meno comando di attivazione del secondo stadio dell'air-bag frontale lato passeggero.
- Pretensioner deployment loop (Yes/No).
Se è stato fornito o meno comando di attivazione pretensionatore.
- Thorax loop commanded (Yes/No).
Se è stato fornito o meno comando di attivazione air-bag laterale.
- Roof rail/head curtain loop commanded (Yes/No).
Se è stato fornito o meno comando di attivazione air-bag a tendina.
- Knee deployment loop commanded (Yes/No).
Se è stato fornito o meno comando di attivazione air-bag ginocchia.
- Driver Belt Switch Circuit Status (Buckled/Not Buckled).
Se la cintura di sicurezza risulta allacciata o meno.
- Passenger SIR Suppression Switch Circuit Status (Enable/Disable).
Se "enable", il sistema di disattivazione volontaria del modulo air-bag lato passeggero non era attivo. Se "disable" viceversa.
- Passenger Air Bag ON Indicator Status (On/Off).
- Passenger Air Bag OFF Indicator Status (On/Off).
- SIR Warning Lamp Status (On/Off).

- 1st Stage Time From Algorithm Enable to Deployment Command (msec).
Tempo in ms intercorso tra l'attivazione dell'algoritmo di calcolo della centralina air-bag e la detonazione associata al primo stadio.
- 2nd Stage Time From Algorithm Enable to Deployment Command (msec).
Tempo in ms intercorso tra l'attivazione del primo stadio e quello del secondo stadio.
- Thorax/Curtain Time From Algorithm Enable to Deployment Command (msec).
Tempo in ms intercorso tra l'attivazione dell'algoritmo di calcolo della centralina air-bag e la detonazione associata.
- Pretensioner Time From Algorithm Enable to Deployment Loop #1 or Loop #2 Command (msec).
Tempo in ms intercorso tra l'attivazione dell'algoritmo di calcolo della centralina air-bag e l'attivazione dei pretensionatori.
- Low Tire Pressure Warning Lamp (On/Off).

Altra informazione fondamentale è costituita dall'andamento nel tempo della variazione di velocità delta-V in direzione longitudinale (durante l'impatto), come mostrato nell'immagine seguente in forma grafica e tabellare in cui il valore 0 rappresenta il Time Zero e che può essere considerata come un parametro che spesso fornisce informazioni sulla gravità dell'incidente. Questo poiché il rischio di lesioni a carico degli occupanti di un veicolo coinvolto in un sinistro è anche funzione dei valori di delta-V in direzione longitudinale, come mostrato in svariati studi^{79,80,81} fin dagli anni 90 e come mostrato anche nel 2019 da uno studio⁸² che ha elaborato i dati provenienti dal database di analisi in-depth NASS.

⁷⁹ Roberts, V. and Compton, C., "The Relationship Between Delta V and Injury," SAE Technical Paper 933111 (1993).

⁸⁰ Kornhauser, M., "Delta-V Thresholds for Cervical Spine Injury," SAE Technical Paper 960093 (1996).

⁸¹ D. J. Gabauer and H. C. Gabler. Comparison of Delta-V and Occupant Impact Velocity Crash Severity Metrics Using Event Data Recorders (2006).

⁸² Matthew L. Brumbelow. Front crash injury risks for restrained drivers in good-rated vehicles by age, impact configuration, and EDR based Delta-V.

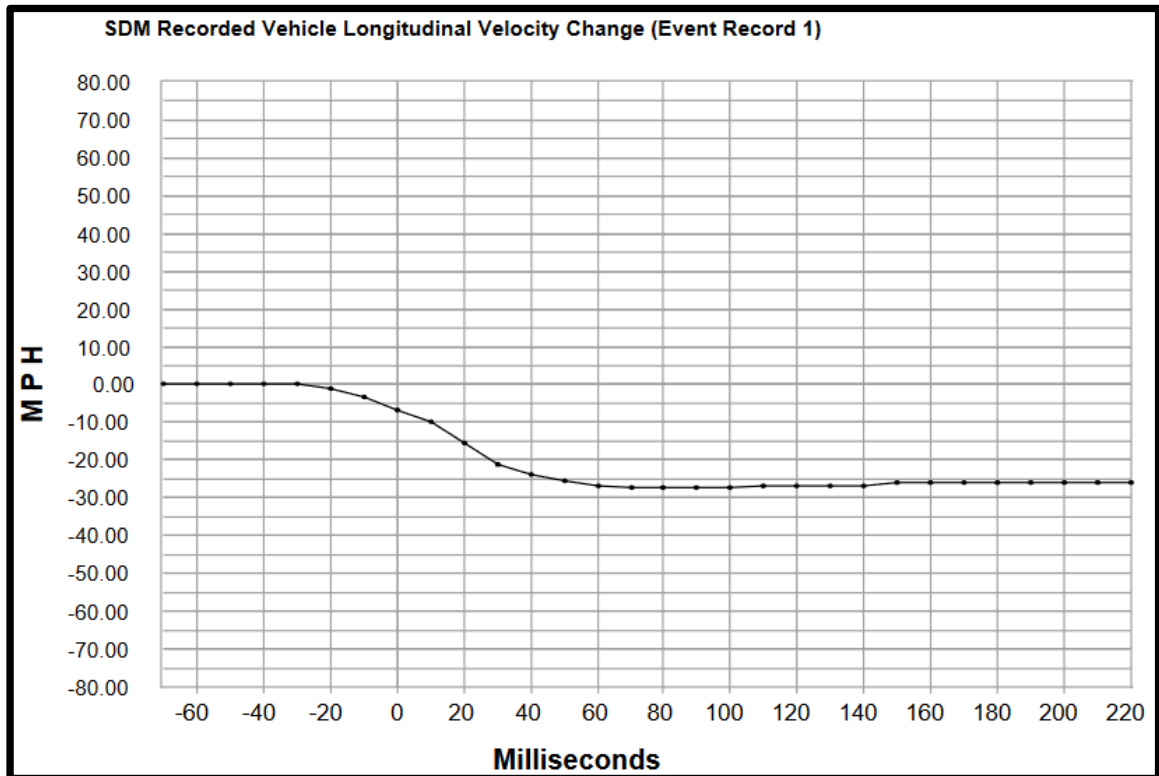


Figura 29. Delta-V (grafico Post-Crash) in direzione longitudinale espresso in mph.

Time (msec)	Delta-V, longitudinal (MPH)	Delta-V, longitudinal (km/h)	Time (msec)	Delta-V, longitudinal (MPH)	Delta-V, longitudinal (km/h)
-70	0.0	0.0	140	-26.7	-43.0
-60	0.0	0.0	150	-26.1	-42.0
-50	0.0	0.0	160	-26.1	-42.0
-40	0.0	0.0	170	-26.1	-42.0
-30	0.0	0.0	180	-26.1	-42.0
-20	-1.2	-2.0	190	-26.1	-42.0
-10	-3.1	-5.0	200	-26.1	-42.0
0	-6.8	-11.0	210	-26.1	-42.0
10	-9.9	-16.0	220	-26.1	-42.0
20	-15.5	-25.0			
30	-21.1	-34.0			
40	-23.6	-38.0			
50	-25.5	-41.0			
60	-26.7	-43.0			
70	-27.3	-44.0			
80	-27.3	-44.0			
90	-27.3	-44.0			
100	-27.3	-44.0			
110	-26.7	-43.0			
120	-26.7	-43.0			
130	-26.7	-43.0			

Figura 30. Delta-V (tabella Post-Crash) direzione longitudinale espresso in km/h.

In questa particolare casistica, i dati sulla variazione di velocità longitudinale vengono forniti con un intervallo di 10ms. Tale dato viene ottenuto integrando i dati provenienti dai sensori accelerometrici che lavorano generalmente a frequenze molto elevate registrando le accelerazioni sviluppate nell'urto. L'andamento di delta-V rappresenta quindi l'area sottesa alla curva definita "crash pulse" e viene definito anche delta-V cumulata.

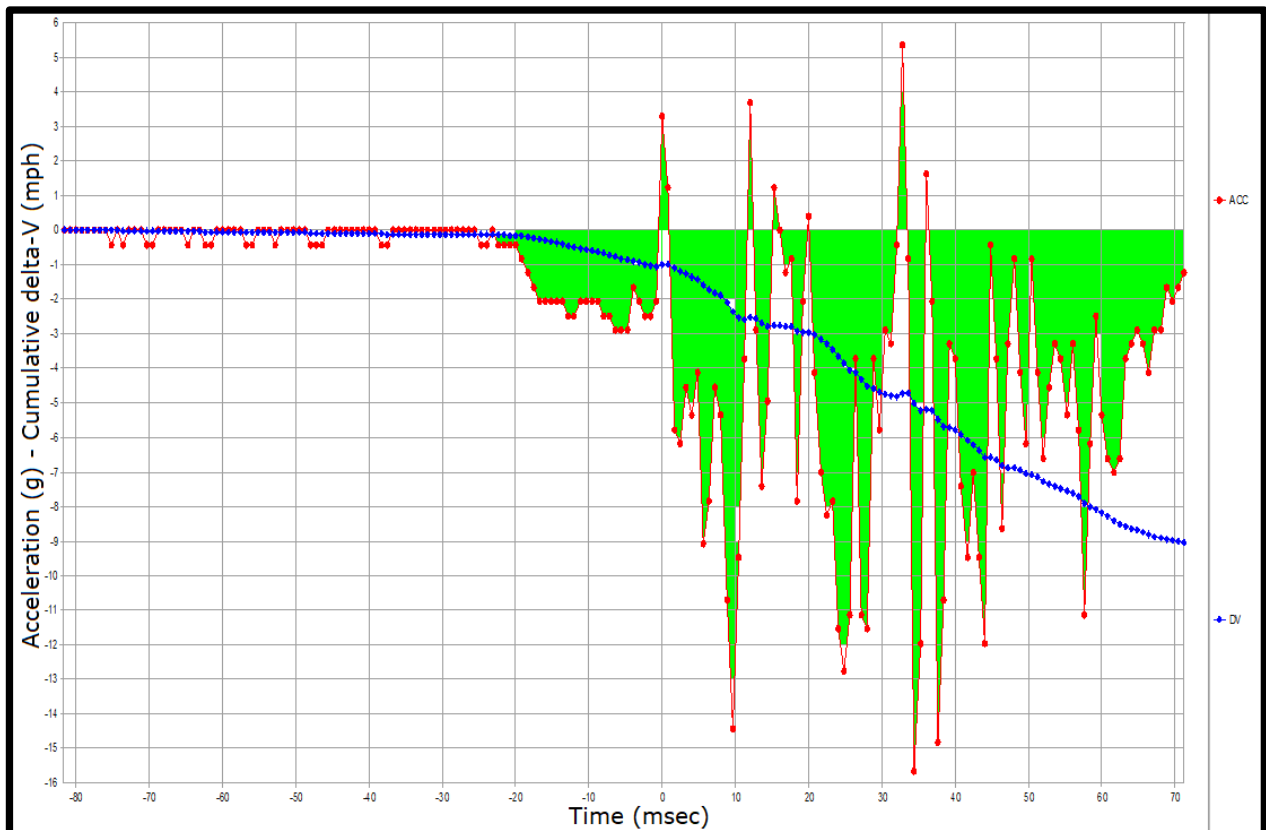


Figura 31. Esempio andamento "Longitudinal Crash Pulse" (curva in rosso) rilevato da sensore accelerometrico dalla cui area sottesa viene ottenuto il delta-V, il cui andamento è rappresentato dalla curva in blu.

Dai dati sulla variazione di velocità longitudinale è possibile ottenere notevoli informazioni ai fini ricostruttivi di un sinistro stradale. In particolare, se l'urto si sviluppa prevalentemente longitudinalmente allora la variazione di velocità longitudinale fornisce un'informazione sufficientemente completa. Se invece durante l'urto si verificano delle rotazioni importanti allora tale informazione può rappresentare solo un dato parziale e bisogna quindi conoscere anche la variazione di velocità in direzione trasversale.

Nel 2014, uno studio⁸³ effettuato in Giappone dal National Research Institute of Police Science ha analizzato l'accuratezza e quindi l'affidabilità del valore di

⁸³ Ryo Oga, Nobuaki Takubo, Kenshiro Kato, Takaaki Terashima. Characteristics of Crash Data from Event Data Recorders in Collisions with Narrow Objects (2014).

delta-V registrato dal dispositivo EDR montato su una Toyota Corolla. Sono stati effettuati sei differenti crash test di urto frontale con velocità e assetto d'urto mostrate nell'immagine seguente. È stata inoltre valutata l'affidabilità del dato di velocità d'impatto sempre registrata dal dispositivo EDR.

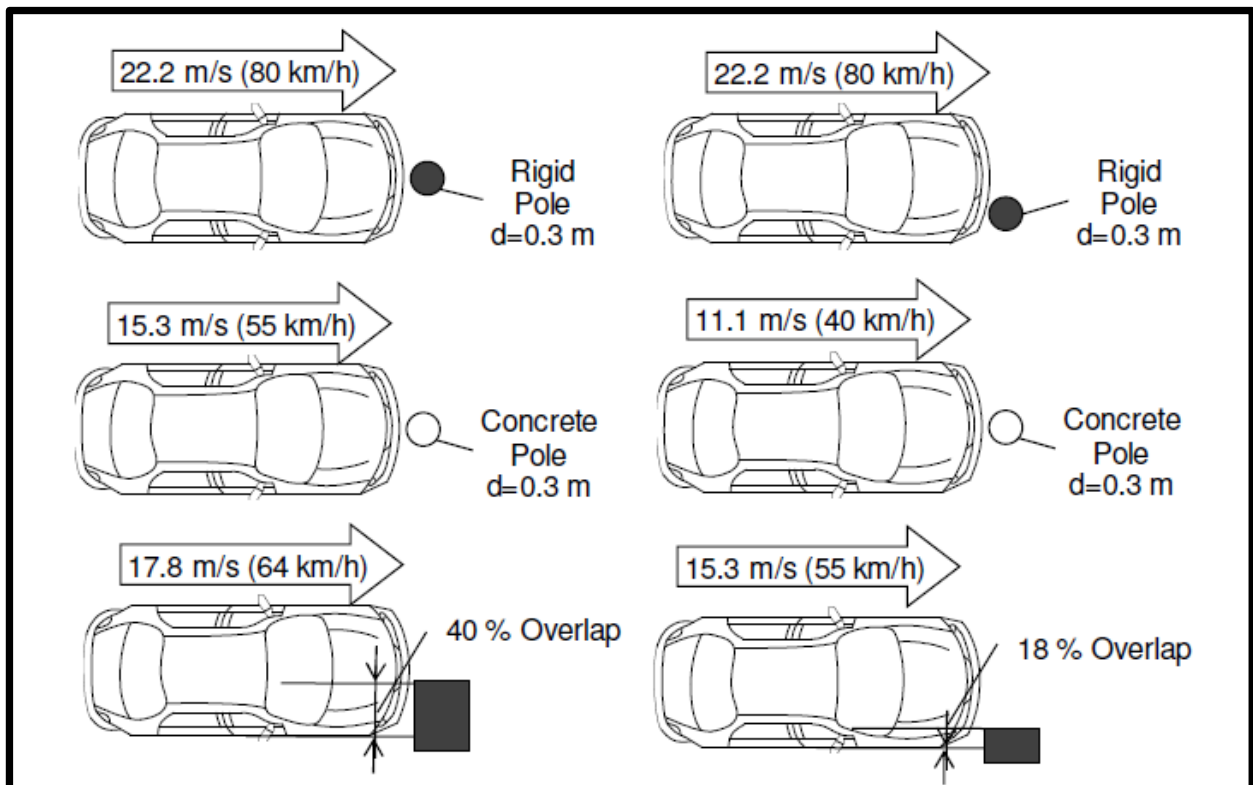


Figura 32. Le sei differenti configurazioni di crash test eseguiti all'interno dello studio effettuato in Giappone dal National Research Institute of Police Science.

Lo studio fornisce anche un ulteriore spunto sulla tipica durata delle fasi di urto, quantificandole in un intervallo di tempo inferiore a circa 100ms. Dopo tale intervallo di tempo si osserva infatti un andamento di delta-V parallelo all'asse delle ascisse. Per quanto riguarda invece i dati pre-crash relativi alla velocità di impatto fornita dal dispositivo EDR, questi sono risultati estremamente accurati e indipendenti dal tipo di crash avvenuto, come mostrato nella seguente tabella. Importante aggiungere come anche altra letteratura internazionale abbia raggiunto conclusioni molto simili per la velocità d'urto registrata dal dispositivo EDR.

Target	Impact Point	V_{OP}	V_{EDR}	Difference	
		m/s	m/s	m/s	%
Rigid Pole	Centre	22.4	22.8	0.4	1.8
Rigid Pole	Right	22.2	22.2	0	0
Concrete Pole	Centre	15.3	15.6	0.3	2.0
Concrete Pole	Centre	11.2	11.1	-0.1	-0.9
Rigid Barrier	40% Overlap	17.9	17.8	-0.1	-0.6
Rigid Barrier	18% Overlap	15.4	15.6	0.2	1.3

Figura 33. confronto tra velocità di impatto registrata dal dispositivo EDR (V_{EDR}) e velocità di impatto rilevata con apposta strumentazione ottica (V_{OP}).

La stessa conclusione del dato precedente non può essere formulata per quanto riguarda invece l'accuratezza sul valore di delta-V registrato dal dispositivo EDR. Lo studio in questione mostra infatti scostamenti percentuali massimi che spaziano da -8,5% a 18,9%. Lo stesso studio mostra infine come un urto frontale di estrema severità, come quello che si verifica nel crash test in cui la Toyota impatta a 80km/h un palo rigido con diametro di 0,3m, possa portare alla deformazione della sede su cui è ancorato il dispositivo EDR nonché ad una completa asportazione dello stesso con registrazione di errati valori di delta-V.

La letteratura internazionale propone valori di accuratezza discordanti sul tema ma che comunque risultano generalmente contenuti entro valori ragionevoli tali da consentire una buona utilizzazione del dato in questione. Ad esempio, nel 1999 veniva presentata un'accuratezza sul valore registrato di delta-V pari a $\pm 10\%$ ⁸⁴ in uno studio effettuato negli Stati Uniti. Sempre negli Stati Uniti, nel 2005 un altro studio⁸⁵, proponeva un'accuratezza per tipologia d'urto con i valori di seguito proposti in tabella.

⁸⁴ Chidester A, Hinch J, Mercer TC, Schultz KS. Recording Automotive Crash Event Data. Proc. of the International Symposium on Transportation Recorders; Arlington, Virginia. May 3-5, (1999).

⁸⁵ Peter Niehoff, Rowan University, United States (2005). Evaluation of event data recorders in full systems crash tests.

	All	Frontal	Lateral	Full Frontal	Offset-Frontal
Count	31	28	3	21	7
Avg	7.05	5.82	18.56	5.75	6.04
St dev	5.63	4.23	3.70	4.08	4.98
Min	0.19	0.19	14.40	0.19	1.19
Max	21.47	14.85	21.47	13.41	14.85

Figura 34. Accuratezza delta-V secondo studio 2015. Valori assoluti da intendersi con segno negativo rispetto ai valori di riferimento individuati con strumentazione da crash test.

E ancora, nel 2013 un altro studio⁸⁶ indicava per il test "full-frontal barrier" un errore medio pari a -6,6% concludendo che gli EDR forniscono solitamente valori inferiori di delta-V rispetto a quelli riscontrati con strumentazione per crash test di riferimento.

Infine, uno studio⁸⁷ del 2019 ha combinato tra loro i dati provenienti da 1368 crash tests a bassa velocità con più di 100 crash tests eseguiti da NHTSA e Transport Canada per valutare come varia l'accuratezza della variazione di velocità delta-V, rispetto all'entità di quest'ultima. Nel dettaglio, lo studio riporta come per valori di delta-V minori di 20km/h e maggiori di 55km/h sia possibile registrare errori a volte anche maggiori del 10%, mentre per delta-V compresi tra 20km/h e 55km/h si registrano i massimi valori di accuratezza. Giova precisare come questi studi facciano spesso riferimento anche a dati estratti da veicoli datati, prodotti sul finire degli anni '90 e/o nei primi anni del 2000. Grazie agli sviluppi tecnologici attuali e alla definizione di precise normative sul tema, è ragionevole aspettarsi che gli attuali dispositivi EDR possano offrire dati ancora più accurati in termini di variazione di velocità delta-V.

Oltre all'andamento nel tempo della variazione di velocità delta-V in direzione longitudinale durante l'impatto, il dispositivo Bosch CDR permette anche di consultare l'andamento nel tempo del delta-V in direzione trasversale, come mostrato nell'immagine seguente in forma grafica e tabellare.

⁸⁶ Tsoi, A., Hinch, J., Ruth, R., and Gabler, H., "Validation of Event Data Recorders in High Severity Full-Frontal Crash Tests" SAE Int. J. Trans. Safety 1(1):76-99, (2013).

⁸⁷ Craig Wilkinson, David King, Gunter Siegmund. Evaluation of the accuracy of longitudinal speed change reported by event data recorders in frontal crash tests.

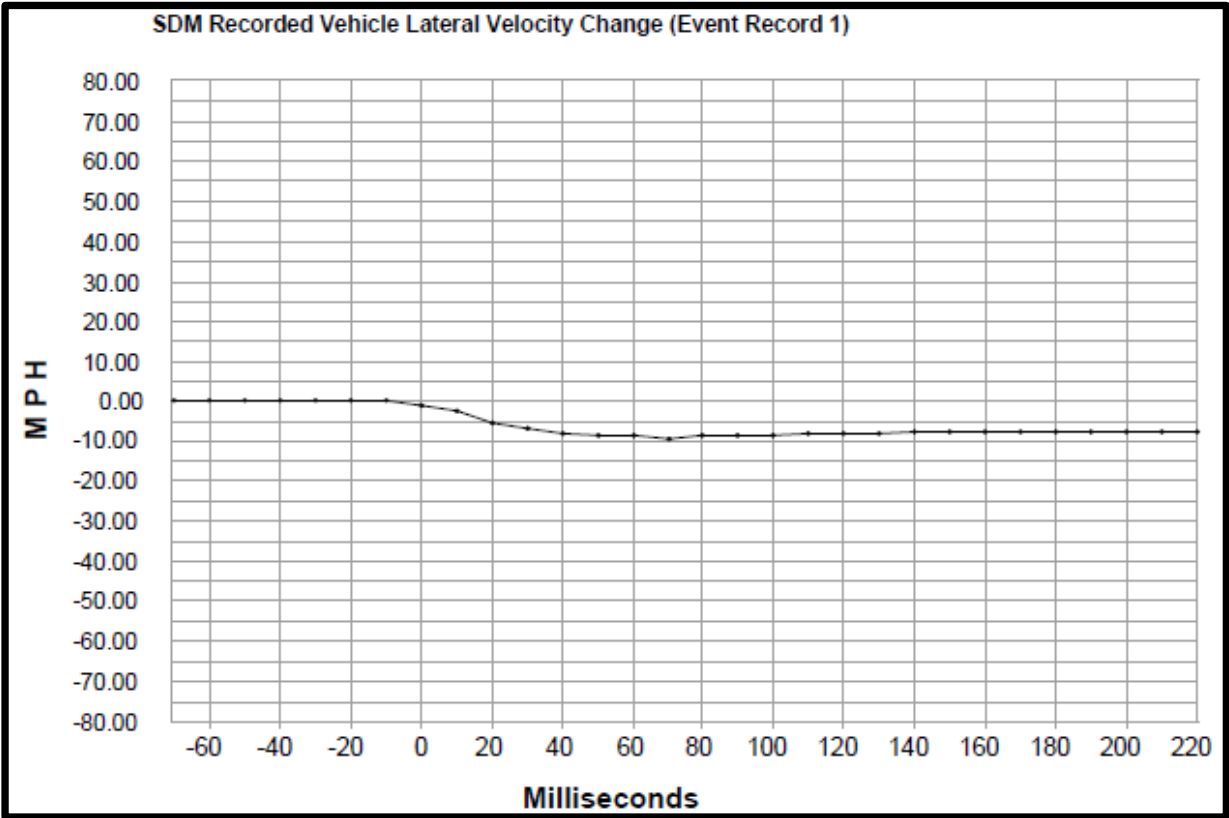


Figura 35. Figura 26. Delta-V (grafico Post-Crash) in direzione trasversale espresso in mph.

Time (msec)	Delta-V, lateral (MPH)	Delta-V, lateral (km/h)	Time (msec)	Delta-V, lateral (MPH)	Delta-V, lateral (km/h)
-70	0.0	0.0	140	-7.5	-12.0
-60	0.0	0.0	150	-7.5	-12.0
-50	0.0	0.0	160	-7.5	-12.0
-40	0.0	0.0	170	-7.5	-12.0
-30	0.0	0.0	180	-7.5	-12.0
-20	0.0	0.0	190	-7.5	-12.0
-10	0.0	0.0	200	-7.5	-12.0
0	-1.2	-2.0	210	-7.5	-12.0
10	-2.5	-4.0	220	-7.5	-12.0
20	-5.6	-9.0			
30	-6.8	-11.0			
40	-8.1	-13.0			
50	-8.7	-14.0			
60	-8.7	-14.0			
70	-9.3	-15.0			
80	-8.7	-14.0			
90	-8.7	-14.0			
100	-8.7	-14.0			
110	-8.1	-13.0			
120	-8.1	-13.0			
130	-8.1	-13.0			

Figura 36. Delta-V (tabella Post-Crash) direzione longitudinale espresso in km/h.

Si precisa che i valori negativi di delta-V trasversale indicano generalmente uno spostamento del veicolo durante l'urto da destra verso sinistra (in caso di valori positivi, viceversa).

Gli andamenti di delta-V fin qui presentati sono stati prelevati dal dispositivo EDR presente su una Chevrolet Volt (VIN: 1G1RC6E40BU100049) coinvolta in un sinistro del 2011 negli Stati Uniti con una velocità all'urto di circa 50km/h. Durante l'urto è stato registrato un solo evento che ha comportato l'attivazione di tutti gli airbag (frontali, per le ginocchia, laterali e a tendina) per la protezione degli occupanti. I danni subiti in seguito all'urto interessano la parte frontale destra del veicolo e vengono di seguito mostrati per completezza.



Figura 37. Chevrolet Volt da cui sono stati prelevati i precedenti delta-V longitudinale e trasversale.

Ipotizzando un urto ideale che si sviluppa longitudinalmente e considerando nota la velocità all'urto nonché il massimo valore di delta-V longitudinale, può facilmente essere calcolata la velocità residua di uscita del veicolo dall'urto (velocità post-urto). Ipotizzando ad esempio una velocità all'urto longitudinale di 60km/h ed un delta-V longitudinale massimo di -40km/h, è possibile quantificare in 20km/h la velocità longitudinale di uscita dall'urto.

Quando risulta invece presente una variazione di velocità delta-V in direzione trasversale (oltre che longitudinale) è possibile procedere sommando le componenti lungo i due assi per trovare la componente risultante, come mostrato nell'immagine seguente.

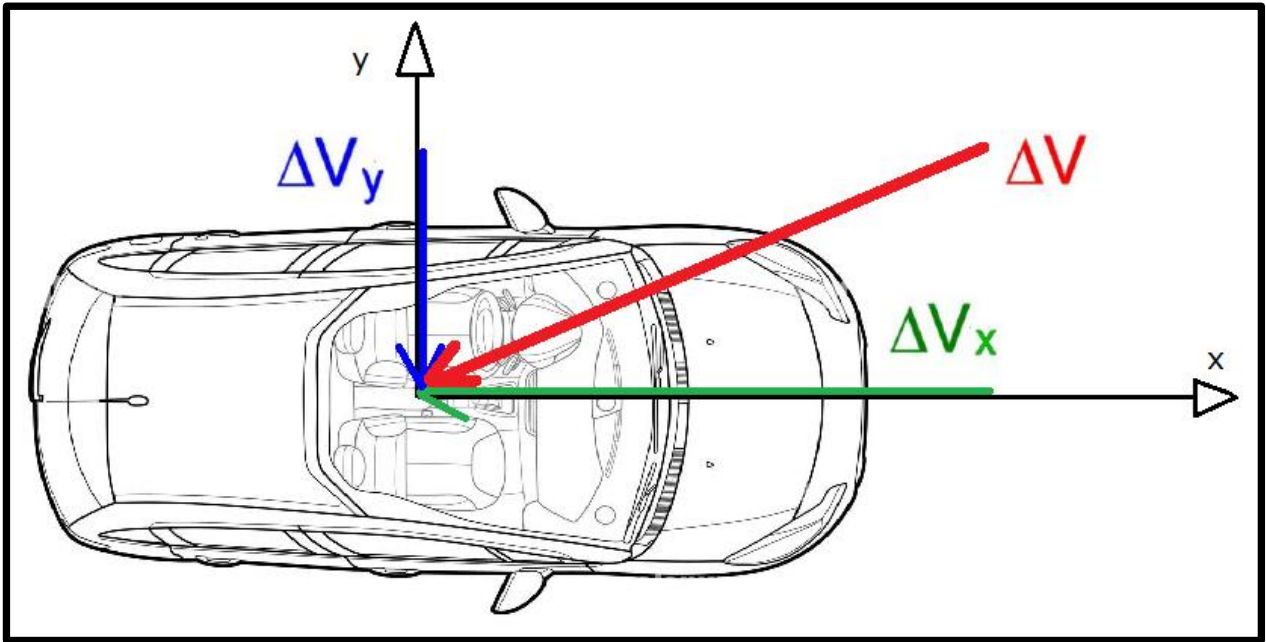


Figura 38. Delta-V e componenti relative.

Cap.6 - Caso studio

Il seguente caso studio, nella trattazione del quale si ometteranno i dati sensibili per questioni di privacy, riguarda un incidente stradale verificatosi in un centro abitato nel luglio 2020 in cui, per ricostruire la dinamica e stabilirne le cause d'accadimento, sono stati utilizzati anche i dati provenienti da un dispositivo EDR. Il sinistro in questione, verificatosi in Emilia-Romagna, vede coinvolti due veicoli:

- Veicolo A, Toyota Yaris;
- Veicolo B, Alfa Romeo Mito.

I veicoli, provenienti da direzioni opposte, sono giunti all'urto frontalmente in prossimità di un incrocio stradale, all'interno della corsia di competenza del veicolo B. Tutti gli occupanti dei veicoli, in seguito all'urto, hanno riportato lesioni di varia gravità. Vengono di seguito proposte alcune immagini che ritraggono i veicoli nella condizione di quiete post-urto.



Figura 39. Veicoli nella condizione di quiete post-urto.

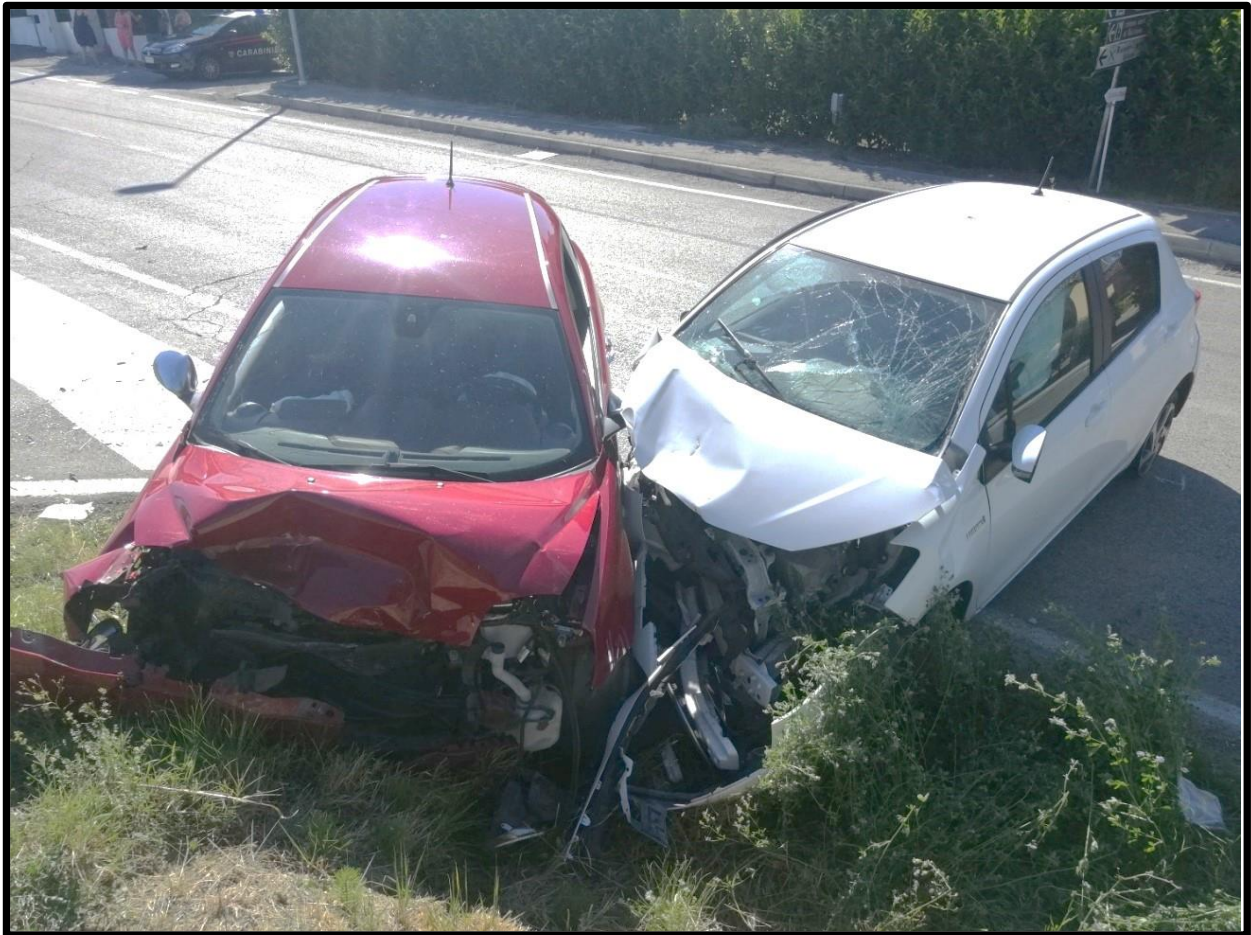


Figura 40. Veicoli nella condizione di quiete post-urto osservati da altra angolazione.

Vengono invece di seguito proposti alcuni fotogrammi raffiguranti l'intersezione in cui si è verificato il sinistro descritto in questo caso studio, senza la presenza dei veicoli coinvolti. Negli stessi fotogrammi vengono indicate le direzioni di avanzamento dei veicoli e la zona del manto stradale in cui si è concretizzato l'urto. Per completezza viene subito dopo anche proposta la planimetria dell'intersezione, con i veicoli nella condizione di quiete post-urto assieme alle tracce lasciate al suolo nella fase di urto e post-urto dagli stessi.



Figura 41. Intersezione vista dalla direzione di avanzamento del veicolo A. Viene inoltre indicata la zona in cui si è concretizzato l'urto.



Figura 42. Intersezione vista dalla direzione di avanzamento del veicolo B. Viene inoltre indicata la zona in cui si è concretizzato l'urto.

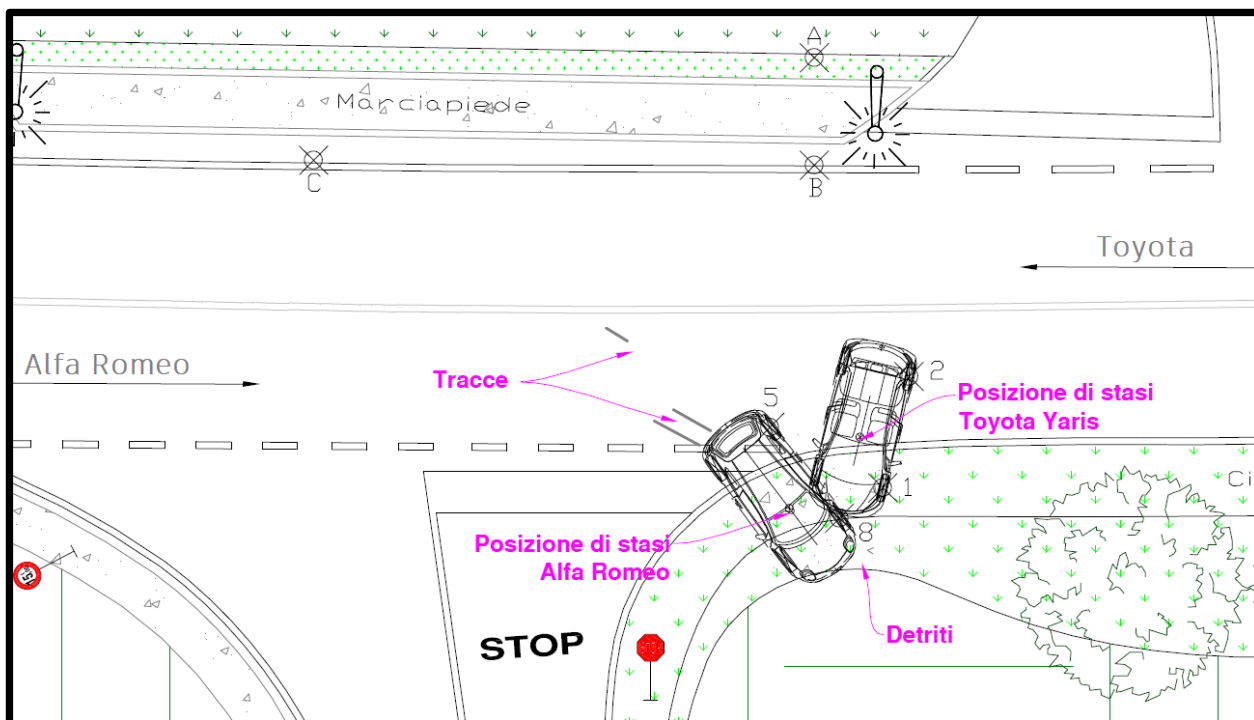


Figura 43. Planimetria in scala dell'intersezione realizzata in AutoCAD raffigurante i veicoli nella condizione di quiete post-urto.

Dall'analisi del materiale fin qui presentato e dalle tracce lasciate al suolo dai veicoli nella fase di urto e post-urto è stato possibile ricavare notevoli informazioni circa le fasi evolutive del sinistro stradale culminante con i veicoli coinvolti nella rispettiva condizione di quiete. È stato poi possibile ricavare ulteriori dati sul sinistro dal dispositivo Unibox (black box - scatola nera) di cui l'autoveicolo Toyota era dotato e che ha registrato l'impatto. Tale dispositivo, in riferimento all'impatto che ha interessato il settore anteriore destro dell'autoveicolo Toyota, definiva in circa 25° l'angolo di inclinazione con cui lo stesso si verificava rispetto all'asse longitudinale del veicolo Toyota. Quanto descritto fino a questo momento ha consentito di ricostruire con ottima accuratezza l'occorso, consistito in un urto obliquo, inferto dal frontale dell'Alfa Romeo Mito al settore anteriore destro della Toyota Yaris, con assi longitudinali dei veicoli formanti tra loro un angolo relativo dell'ordine dei 25°, come rappresentato graficamente nella figura seguente. Urto che ha avuto luogo nella corsia di pertinenza del veicolo Alfa Romeo. A causa dell'eccentricità della forza d'urto, nella Toyota Yaris insorgeva un moto di imbardata anterioria, che portava detto veicolo a ruotare intorno all'asse verticale, mentre veniva sospinto verso il margine sinistro della carreggiata. Analogamente, il frontale dell'Alfa Romeo Mito veniva trascinato verso la propria destra, in accostamento verso il margine destro della carreggiata.

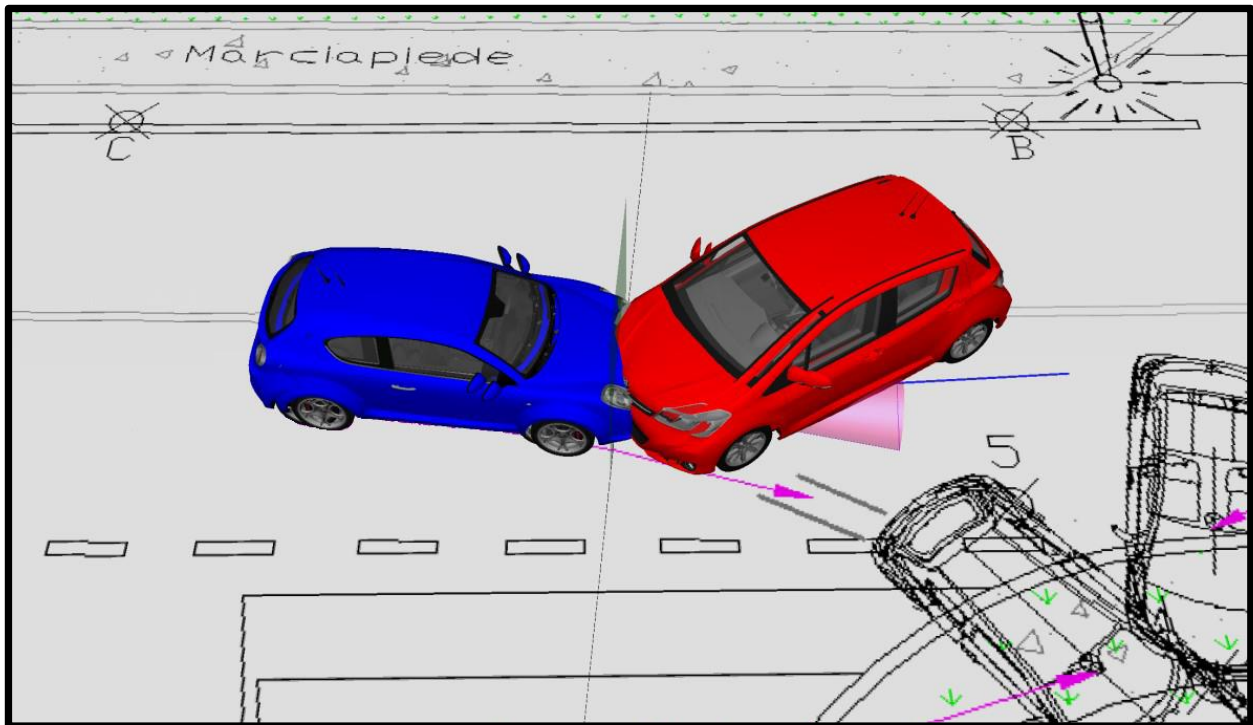


Figura 44. Ricostruzione assetto d'urto.

Vengono ora analizzati i dati estratti dalla centralina air-bag (airbag control module) che, fungendo da dispositivo EDR, può essere analizzata tramite il dispositivo Bosch CDR. In questo caso il dispositivo EDR presenta specifiche che soddisfano quanto richiesto dalla normativa americana "49 CFR Part 563". Per una maggiore comprensione dei dati vengono di seguito mostrate le tipiche convenzioni di segno utilizzate nei report prodotti dal Bosch CDR.

Data Element Name	Positive Sign Notation Indicates
Maximum Delta-V, Longitudinal	Forward
Delta-V, Longitudinal	Forward
Maximum Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 1	Left to Right
Maximum Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 2	Left to Right
Maximum Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 3	Left to Right
Maximum Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 4	Left to Right
Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 1	Left to Right
Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 2	Left to Right
Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 3	Left to Right
Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 4	Left to Right
Roll Angle Peak	Clockwise Rotation
Roll Angle at the Time of TRG	Clockwise Rotation
Roll Rate	Clockwise Rotation
Lateral Acceleration , Airbag ECU Sensor *	Left to Right
Longitudinal Acceleration , VSC Sensor	Forward
Yaw Rate	Left Turn
Steering Input	Left Turn

Figura 45. Convenzioni sui segni - report Bosch CDR.

Dalla prima parte del report estratto, di seguito mostrata, si osserva subito come il veicolo Toyota al momento della generazione del report, e quindi dopo il sinistro, presentava 9707 cicli di avviamento. Si osserva inoltre come il dispositivo EDR risultava in uno stato di "Freeze Signal" a causa dell'attivazione degli airbag. Nello stato di "Freeze" la memoria non volatile non può essere sovrascritta o cancellata garantendo così la possibilità di lettura dei dati registrati in seguito al sinistro. Nelle pagine precedenti si è poi fatto riferimento al concetto di "evento" che, nel report di seguito presentato, è direttamente collegato al "trigger (TRG)". Il trigger è la soglia da superare (ad esempio in termini di delta-V cumulativo) oltre la quale viene definito un evento e contestualmente il Time Zero.



 			
System Status at Time of Retrieval			
ECU Part Number	89170-0D770		
EDR Generation	12EDR		
Complete File Recorded	Yes		
Freeze Signal	ON		
Freeze Signal Factor	Front Airbag Deployment		
Diagnostic Trouble Codes Exist	No		
Ignition Cycle ,Download (times)	9707		
Multi-event ,number of events (times)	2 or greater		
Time from event 1 to 2 (s)	0.103		
Time from Previous Pre Crash TRG (msec)	16381 or greater		
Latest Pre-Crash Page	1		
Contains Unlinked Pre-Crash Data	Yes		
Event Record Summary at Retrieval			
Events Recorded	TRG Count	Crash Type	Time (msec)
Most Recent Event	13	Side Crash	0
1st Prior Event	12	Side Crash	-103
2nd Prior Event	11	Front/Rear Crash	-110

Figura 46. Parte introduttiva report Bosch CDR.

Durante l'urto tra i due autoveicoli sono stati registrati, in un intervallo di 110ms, tre differenti triggers. Il numero dei triggers parte dal numero 11 poiché fino al momento dell'impatto, nell'arco di vita del veicolo, sono stati registrati altri dieci triggers (probabilmente a causa di frenate di emergenza, decelerazioni improvvise di varia natura, repentini cambi di direzione, ecc.). La registrazione di tre differenti triggers (il primo di tipo "urto frontale", il secondo ed il terzo di tipo "urto laterale") in un intervallo di tempo così ravvicinato è da attribuire alla dinamica dell'urto tra i veicoli (che sarà certamente più chiara nelle prossime pagine) ed in particolare all'eccentricità della forza d'urto che provocava nella Toyota Yaris l'insorgenza di un moto di imbardata antioraria durante la collisione. Per meglio localizzare i settori

danneggiati del veicolo Toyota viene di seguito mostrata la parte anteriore del veicolo dopo l'urto. Per completezza viene poi anche mostrata la parte anteriore del veicolo Alfa Romeo.

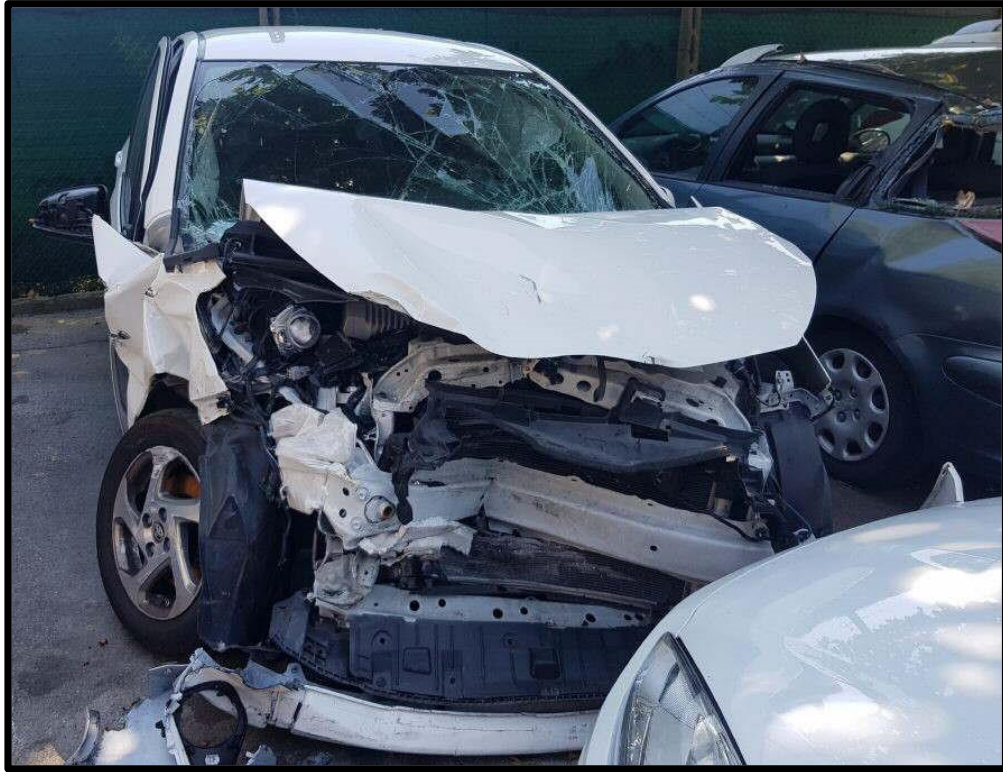


Figura 47. Parte anteriore veicolo Toyota.



Figura 48. Parte anteriore veicolo Alfa Romeo.

Si noti come la centralina airbag registra i dati pre-urto e post-urto ma quando si verificano più eventi in successione entro un periodo di circa 500ms (come in questo caso), i dati post-urto vengono registrati per tutti gli eventi mentre i dati pre-urto vengono registrati soltanto per il primo evento. Se invece gli eventi si verificano a sufficienti distanze temporali allora ad ogni evento saranno associati i dati pre-urto e post-urto.

Continuando l'analisi del report estratto tramite Bosch CDR si descrive ora la seguente tabella che fa riferimento al trigger numero 11 e quindi al primo trigger che ha definito l'evento di urto frontale avvenuto tra i due autoveicoli.



 	
System Status at Event (2nd Prior Event, TRG 11)	
Recording Status, Front/Rear Crash Info.	Complete
Crash Type	Front/Rear Crash
TRG Count (times)	11
Previous Crash Type	No Event
Time from Pre-Crash TRG (msec)	0
Linked Pre-Crash Page	1
Frontal Airbag Deployment, Time to 1st Stage Deployment, Driver (msec)	6
Frontal Airbag Deployment, Time to 1st Stage Deployment, Front Passenger (msec)	6
Pretensioner Deployment, Time to Fire, Driver (msec)	6
Pretensioner Deployment, Time to Fire, Front Passenger (msec)	6
Frontal Airbag Deployment, Time to 2nd Stage, Driver (msec)	SNA
Frontal Airbag Deployment, Time to 2nd Stage, Front Passenger (msec)	SNA
Active Head Restraint, Time to Deploy, Driver (msec)	SNA
Active Head Restraint, Time to Deploy, Front Passenger (msec)	SNA
Side Curtain Airbag Deployment, Time to Deploy, Driver (msec)	6
Side Curtain Airbag Deployment, Time to Deploy, Passenger (msec)	6
Rear Window Airbag Deployment, Time to Deploy (msec)	SNA

Figura 49. Tabella introduttiva al primo trigger (evento).

Questa tabella fornisce un'informazione sul tempo intercorso, espresso in millisecondi, tra l'attivazione dell'algoritmo di calcolo della centralina airbag (attivato al superamento di opportuni valori monitorati tramite sensoristica) e il comando di detonazione associato al primo stadio degli airbag frontali, nonché al comando di attivazione degli airbag a tendina. Il comando di attivazione di tali dispositivi di sicurezza è avvenuto in circa 6ms così come l'attivazione dei pretensionatori delle cinture di sicurezza. Alcune righe riportano invece la dicitura SNA ("signal not available"): trattasi di una dicitura che si incontra tipicamente quando determinati dispositivi non sono stati attivati in seguito all'urto, oppure quando tali dispositivi non sono presenti sul veicolo, o ancora quando i dispositivi sono presenti sul veicolo ma la sensoristica risulta assente o danneggiata.

Il pretensionatore delle cinture di sicurezza è un componente che anticipa l'azione di ritenuta delle cinture in modo da trazionarla prima di significativi movimenti dell'occupante in avanti. Esistono varie tipologie di pretensionatori che si differenziano per tipologia di attivazione (meccanica o elettronica),

punto di installazione (arrotolatore o supporto fibbia o altrove) e numero di pretensionatori presenti per cintura di sicurezza. L'attivazione degli airbag è un'indicazione certa dell'attivazione dei pretensionatori elettronici e quasi certa dell'attivazione dei pretensionatori meccanici, sempre che non esista uno specifico sistema di disattivazione dello stesso lato passeggero. I pretensionatori lavorano in sinergia con gli airbag anteriori e sono in grado di massimizzare la protezione in caso di urto frontale. Sono inoltre sempre attivati in caso di rollover (ribaltamento) per minimizzare il moto degli occupanti all'interno del veicolo e ne massimizzano la protezione anche in questo caso. Spesso vengono anche attivati in caso di urto posteriore a media o alta severità, mentre per gli urti laterali solitamente non vengono attivati. In merito ai pretensionatori è infine opportuno ricordare che attualmente, la maggior parte delle volte, sono installati solo per i sedili anteriori delle autovetture.

Differentemente dalle cinture di sicurezza, l'efficacia degli airbag frontali si limita soltanto all'urto frontale ed è infatti spesso riscontrabile la mancata attivazione degli stessi in caso di urti non frontali. Descrivendo la tabella sopra proposta si è parlato di primo stadio degli airbag frontali. Gli airbag frontali delle autovetture moderne sono infatti tipicamente caratterizzati da una curva di gonfiaggio variabile ottenuta grazie all'utilizzo di due "detonatori" nel dispositivo airbag. Tali detonatori risultano indipendenti e si attivano in tempi diversi a seconda della tipologia (severità) d'urto. Tipicamente la centralina airbag comanda l'attivazione del primo detonatore che determina il primo stadio di gonfiaggio dell'airbag e successivamente viene azionato il secondo detonatore che determina il secondo stadio di gonfiaggio. Variando il tempo che intercorre tra prima e seconda detonazione è possibile così variare la curva di gonfiaggio. Il tempo che intercorre tra prima e seconda detonazione varia tipicamente da 5 a 100 millisecondi. Due detonazioni in successione molto ravvicinate (5ms) generano un violento gonfiaggio dell'airbag e sono fondamentali in caso di urti ad alta severità per garantire una più rapida apertura possibile dell'airbag. Due detonazioni in successione molto distanziate invece (100ms), non modificano sostanzialmente la rapidità di gonfiaggio dell'airbag ma consentono allo stesso di mantenere un certo volume di gonfiaggio nel tempo, utile soprattutto negli urti a bassa severità. Importante sottolineare come il secondo stadio venga solitamente sempre attivato anche per evitare lo stazionamento di materiale potenzialmente pericoloso nel modulo airbag ad urto concluso. Si noti infine che, come riscontrabile nel caso studio in analisi, spesso negli urti frontali vengono attivati anche gli airbag laterali a tendina per evitare che la testa degli occupanti possa urtare direttamente gli elementi laterali del veicolo (finestrino, montante ed eventuali altri elementi intrudenti).

Proseguendo con l'analisi del report prodotto tramite Bosch CDR è possibile imbattersi nella seguente tabella.



 	
Pre-Crash Data, 1 Sample (2nd Prior Event, TRG 11)	
Recording Status, Pre-Crash/Occupant	Complete
Time from Pre-Crash to TRG (msec)	450
Safety Belt Status, Driver	SNA
Safety Belt Status, Front Passenger	SNA
Occupant Size Classification, Front Passenger	SNA
Frontal Airbag Suppression Switch Status, Front Passenger	ON (disable)
RSCA Disable Switch	SNA
Seat Track Position Switch, Foremost, Status, Driver	SNA
Airbag Warning Lamp, On/Off	OFF
Ignition Cycle, Crash (times)	9706

Figura 50. Tabella introduttiva alla tabella Pre-Crash.

In questa tabella viene presentata un'informazione importante che riguarda il tempo, espresso in millisecondi, intercorso tra il momento in cui è stata superata la soglia (trigger) che definisce un evento (nonché il Time Zero) e la più recente lettura della velocità. Il report quantifica questo tempo in 450 millisecondi. Significa quindi che, negli istanti iniziali di concretizzazione dell'urto, a seguito delle prime forze scambiate veniva superata la soglia che definiva il Time Zero, la quale risultava distante 450ms dalla più recente lettura della velocità registrata con frequenza di 2 Hz. Ecco perché nella tabella seguente di Pre-Crash, il Time Zero definito dal trigger viene riportato in tabella come Time Zero e risulta distanziato 0,45 secondi dalla lettura immediatamente precedente che a sua volta sarà invece distanziata di 0,5 secondi dalle altre, essendo di 2Hz la frequenza di campionamento.

Si osservi, poi, la riga "Frontal Airbag Suppression Switch Status" per il passeggero anteriore che restituisce un valore ON (disable). Questo significa che il sistema di disattivazione volontaria del modulo airbag lato passeggero al momento del sinistro era attivo e quindi l'airbag frontale lato passeggero risultava disattivato. Trattasi di operazione da attuare necessariamente quando sul sedile anteriore viene posizionato un sedile per bambini. Si osservi che in realtà, qualora lo stato della riga restituisse valore OFF (enable), l'airbag lato passeggero anteriore potrebbe comunque essere disattivato se presente apposita sensoristica di occupazione sedile o se presente un sedile per bambini dotato di trasponder in grado di comunicare con la centralina. In tabella non risultano invece disponibili informazioni sulle cinture di sicurezza né su altri dati di interesse minoritario.

Viene ora di seguito mostrata la tabella Pre-Crash in cui, come accennato pocanzi, sono riportati numerosi dati fondamentali ai fini ricostruttivi registrati con frequenza di campionamento di 2Hz, nei 5 secondi prima del Time Zero.

Pre-Crash Data, -5 to 0 seconds

Time (sec)	-4.95	-4.45	-3.95	-3.45	-2.95	-2.45	-1.95	-1.45	-0.95	-0.45	0 (TRG)
Vehicle Speed (MPH [km/h])	28.6 [46]	28.6 [46]	29.2 [47]	29.2 [47]	29.2 [47]	29.8 [48]	31.1 [50]	31.1 [50]	29.2 [47]	24.2 [39]	14.9 [24]
Accelerator Pedal, % Full (%)	56.0	61.5	50.5	70.0	75.0	82.5	81.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Percentage of Engine Throttle (%)	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid
Engine RPM (RPM)	1,800	2,200	2,200	2,200	2,500	3,200	3,500	3,500	2,900	2,000	1,200
Motor RPM (RPM)	3,500	3,500	3,600	3,600	3,600	3,700	3,800	3,800	3,600	3,100	1,800
Service Brake, ON/OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	ON	ON
Brake Oil Pressure (Mpa)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.98	5.47	12.14
Longitudinal Acceleration, VSC Sensor (m/sec ²)	0.861	1.005	0.646	0.359	0.574	1.436	1.507	0.000	-3.804	-4.235	-8.973
Yaw Rate (deg/sec)	0.00	0.49	-1.46	-2.44	-1.95	-1.46	-1.46	-1.46	11.71	23.91	17.08
Steering Input (degrees)	0	0	-6	-9	-6	-6	-6	-6	57	105	102
Shift Position	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Sequential Shift Range	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined
Cruise Control Status	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
Drive Mode, PWR	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
Drive Mode, ECO	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
Drive Mode, Sport	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
Drive Mode, Snow	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
Drive Mode, EV	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF

Figura 51. Tabella Pre-Crash.

In tabella sono consultabili le seguenti informazioni:

- Velocità del veicolo;
- Percentuale di utilizzo istantanea del pedale acceleratore;
- Giri motore;
- Utilizzo (on/off) del pedale freno;
- Pressione impianto frenante (con valore di fondo scala pari a 12,14Mpa);
- Accelerazione longitudinale registrata dal sensore VSC (Vehicle Stability Control - con valore di fondo scala pari a $\pm 8,973 \text{ m/s}^2$);
- Angolo di imbardata (espresso in gradi al secondo, misura la velocità angolare attorno all'asse verticale del veicolo al fine di determinarne l'orientamento);
- Angolo di sterzo (con valore di fondo scala pari a $\pm 375^\circ$);
- Posizione della leva del cambio;
- Attivazione (on/off) cruise control;
- Modalità di guida (power, eco, sport, snow, ev).

La velocità del veicolo, la percentuale di utilizzo istantanea del pedale dell'acceleratore, l'utilizzo del pedale freno e l'angolo di sterzo rappresentano dati certi, estremamente utili ai fini ricostruttivi, di cui è possibile beneficiare solo tramite l'utilizzo di un dispositivo EDR. A questo punto, consultando tramite tabella i valori della velocità del veicolo, si definisce in 24km/h la velocità del veicolo Toyota al Time Zero (istante di primissima compenetrazione dei veicoli). Tale velocità può quindi essere definita come velocità all'urto del veicolo Toyota. Si noti come, ad una velocità di 50km/h tra il secondo -1,95 e il secondo -1,45, il guidatore abbia smesso di accelerare e, subito dopo, tra il secondo -1,45 e il secondo -0,95 abbia azionato il pedale del freno, avviando contestualmente una manovra di convergenza sinistrorsa che porterà il veicolo Toyota ad impattare contro il veicolo Alfa Romeo con l'assetto d'urto presentato nelle pagine precedenti.

Nell'analisi dei dati al Time Zero è fondamentale che gli stessi vengano sempre contestualizzati e quindi risultino ragionevolmente coerenti con quella che è la dinamica del sinistro nonché quelli che sono i 5 secondi antecedenti riportati nella tabella Pre-Crash. Ad esempio, se l'angolo di sterzo fosse stato mantenuto in un intorno dello zero fino al secondo -0,45 ed invece al Time Zero avesse assunto valori molto alti, sarebbe stato ragionevole considerare più un danneggiamento della sensoristica associata che una repentina sterzata attuata dal guidatore. Tale valutazione andrebbe successivamente verificata tramite analisi diretta del veicolo e dei relativi danni subiti.

Altri dati estremamente utili ai fini ricostruttivi prelevati dalla centralina airbag tramite Bosch CDR in questo caso studio, riguardano l'andamento della

variazione di velocità delta-V in direzione longitudinale e in direzione trasversale, presentati nelle pagine seguenti in forma grafica e tabellare. Come accennato in precedenza, trattasi di un sinistro in cui la centralina airbag ha registrato tre differenti triggers: il primo di tipo "urto frontale", il secondo ed il terzo di tipo "urto laterale". Di seguito viene riportato l'andamento del delta-V longitudinale associato all'evento di urto frontale, mentre a seguire vengono riportati gli andamenti del delta-V trasversale associati ai due eventi di urto laterale.

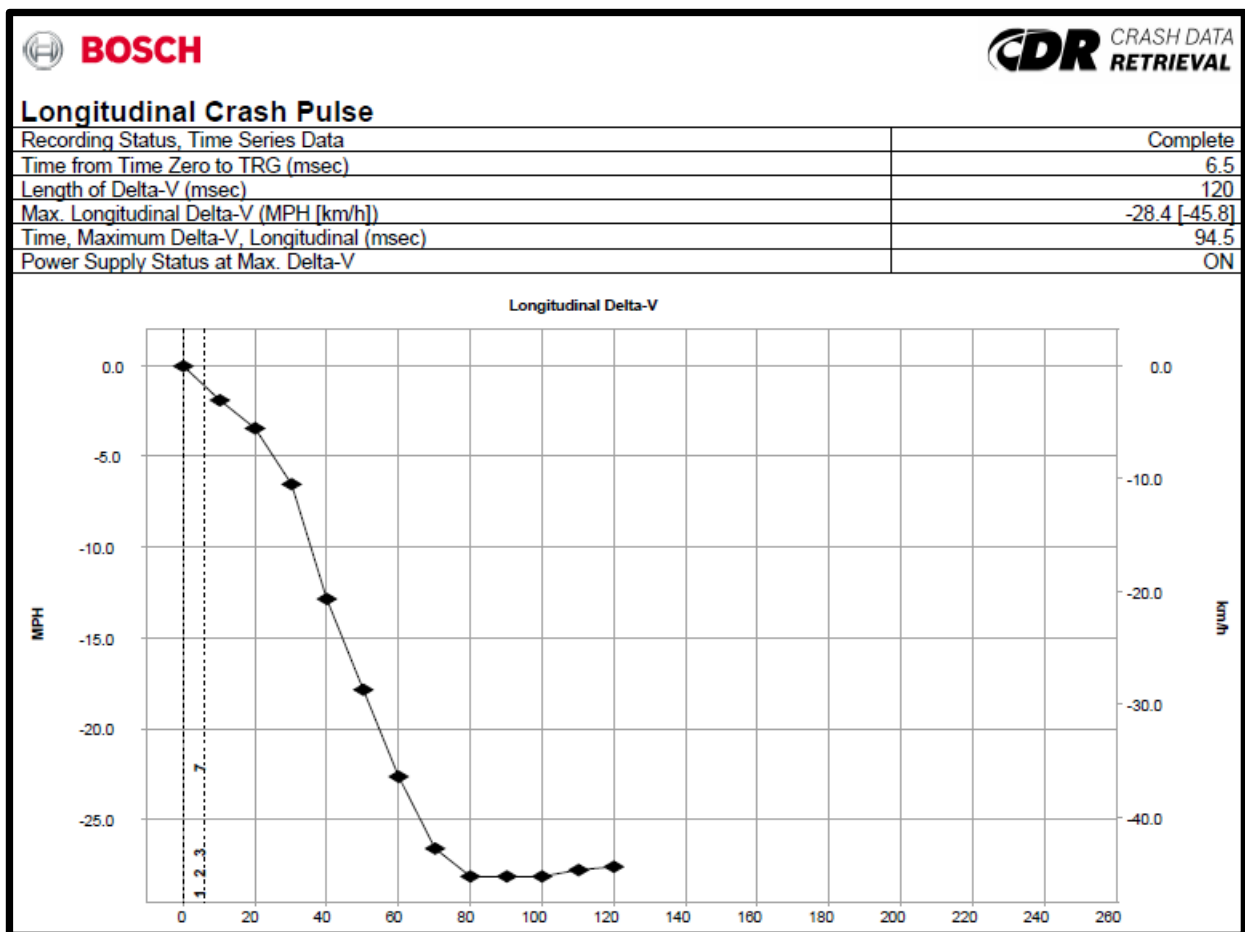


Figura 52. Grafico delta-V in direzione longitudinale e relativa tabella introduttiva. Evento 1 in ordine cronologico.



			
Longitudinal Crash Pulse			
Time (msec)	Longitudinal Delta-V (MPH [km/h])	Power Supply Status	
0	0.0 [0.0]	ON	
10	-1.9 [-3.0]	ON	
20	-3.4 [-5.5]	ON	
30	-6.5 [-10.5]	ON	
40	-12.9 [-20.7]	OFF	
50	-17.8 [-28.7]	OFF	
60	-22.6 [-36.4]	OFF	
70	-26.6 [-42.8]	ON	
80	-28.1 [-45.2]	ON	
90	-28.1 [-45.2]	ON	
100	-28.1 [-45.2]	ON	
110	-27.8 [-44.7]	ON	
120	-27.6 [-44.4]	ON	
130	0.0 [0.0]	ON	
140	0.0 [0.0]	ON	
150	0.0 [0.0]	ON	
160	0.0 [0.0]	ON	
170	0.0 [0.0]	ON	
180	0.0 [0.0]	ON	
190	0.0 [0.0]	ON	
200	0.0 [0.0]	ON	

Figura 53. Tabella delta-V in direzione longitudinale. Evento 1 in ordine cronologico.

Analizzando i dati appena mostrati si osserva come gli stessi siano stati registrati per circa 250ms dopo il Time Zero. Trattasi di un tempo più che sufficiente per registrare una variazione di delta-V che in questo caso si esaurisce (coefficiente angolare della curva nullo) dopo circa 120ms. Nel dettaglio, in seguito all'urto viene raggiunta una variazione di velocità delta-V in direzione longitudinale pari a -45,8km/h provocata dalle accelerazioni nate a seguito dell'urto, il grosso delle quali si esaurisce in circa 80 millisecondi. In particolare quindi, (fino a circa 80ms) si osserva una variazione di velocità che decresce molto rapidamente in un intervallo di tempo molto contenuto. In questo intervallo sono stati pertanto raggiunti valori di accelerazione molto elevati che sono stati gestiti dalla centralina airbag tramite l'immediato intervento (dopo circa 6ms) dei dispositivi di sicurezza passiva. Conoscendo la velocità all'urto (24km/h) ed il delta-V longitudinale (-45,8km/h) è possibile quantificare in circa 20÷21 km/h la velocità longitudinale post-urto del veicolo.

Si passa ora alla variazione di velocità delta-V in direzione trasversale registrata con l'evento immediatamente successivo.



 	
Lateral Crash Pulse	
Recording Status, Time Series Data	Complete
Recorded Side	Right Side
Time from TRG to Next Sample (msec)	2
Location of Side Satellite Sensor 1	Not Equipped
Location of Side Satellite Sensor 2	B-Pillar
Location of Side Satellite Sensor 3	Not Equipped
Location of Side Satellite Sensor 4	C-Pillar
Maximum Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 1 (MPH [km/h])	N/A
Maximum Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 2 (MPH [km/h])	-9.5 [-15.3]
Maximum Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 3 (MPH [km/h])	N/A
Maximum Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 4 (MPH [km/h])	-6.6 [-10.6]

Figura 54. Tabella introduttiva andamento delta-V in direzione trasversale. Evento 2.

In questo caso, vengono forniti i dati registrati dai sensori posti sui pillar (montanti) destri del veicolo Toyota. In particolare sono registrati i dati provenienti dal sensore posto sul B-Pillar e da quello posto sul C-pillar. Si faccia riferimento alle immagini seguenti per localizzare tali montanti rispetto al veicolo.

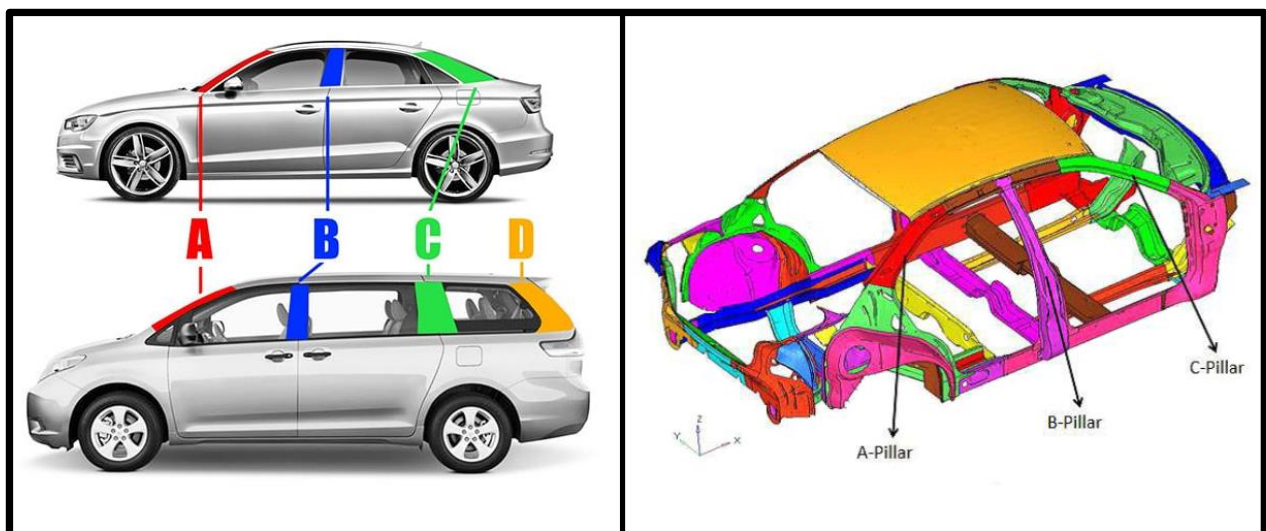


Figura 55. Localizzazione "pillar".

I dati registrati da tali sensori vengono di seguito forniti in forma grafica e tabellare. Si osservi come in seguito all'impatto, il segno negativo dei valori di delta-V in direzione trasversale indica la presenza di una forza diretta trasversalmente applicata sul veicolo da destra verso sinistra e conseguentemente la nascita di accelerazioni. Le accelerazioni trasversali risultano, per la tipologia di evoluzione dell'urto, essere maggiori sul montante B rispetto a quelle registrate sul montante C. In seguito all'urto, infatti, viene registrata tramite sensore posto sul B-Pillar una variazione di velocità delta-V in direzione trasversale di -15,3km/h, mentre tramite sensore posto sul C-

Pillar viene registrata una variazione di velocità delta-V in direzione trasversale di -10,6km/h. Le accelerazioni nate in seguito all'urto, dalle quali si ricava la variazione di velocità delta-V in direzione trasversale, si esauriscono in circa 70 millisecondi. In particolare, si osservi come l'andamento grafico di delta-V registrato dal sensore posto sul B-Pillar decresca rapidamente in un intervallo di tempo molto contenuto (circa 50ms) a causa della presenza di importanti accelerazioni. L'andamento grafico di delta-V registrato dal sensore posto sul C-Pillar presenta invece un andamento maggiormente lineare in un intervallo di tempo più elevato (circa 70ms) a causa della presenza di accelerazioni più graduali e di minor intensità. Quanto fino ad ora illustrato trova quindi riscontro in un moto di tipo roto-traslatorio assunto dal veicolo Toyota in seguito all'urto.

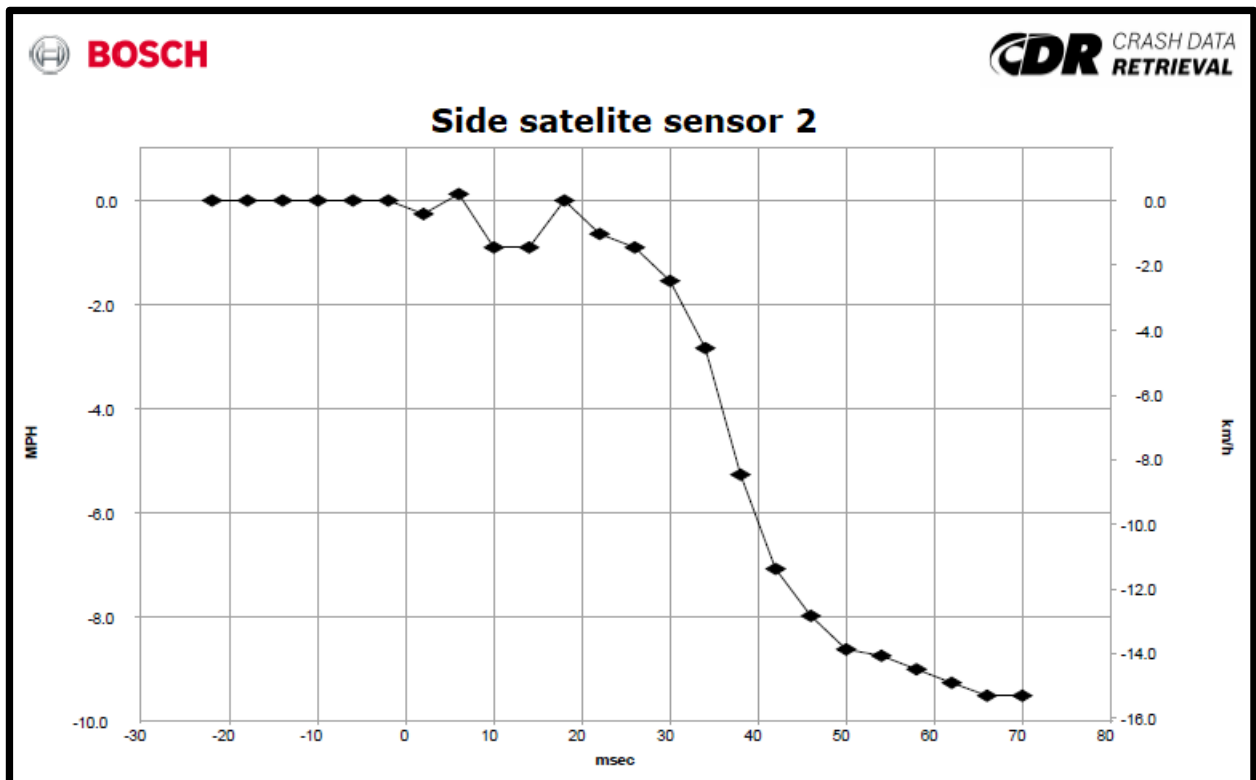


Figura 56. Grafico delta-V in direzione trasversale associato al sensore 2 (posto su pillar B). Evento 2.

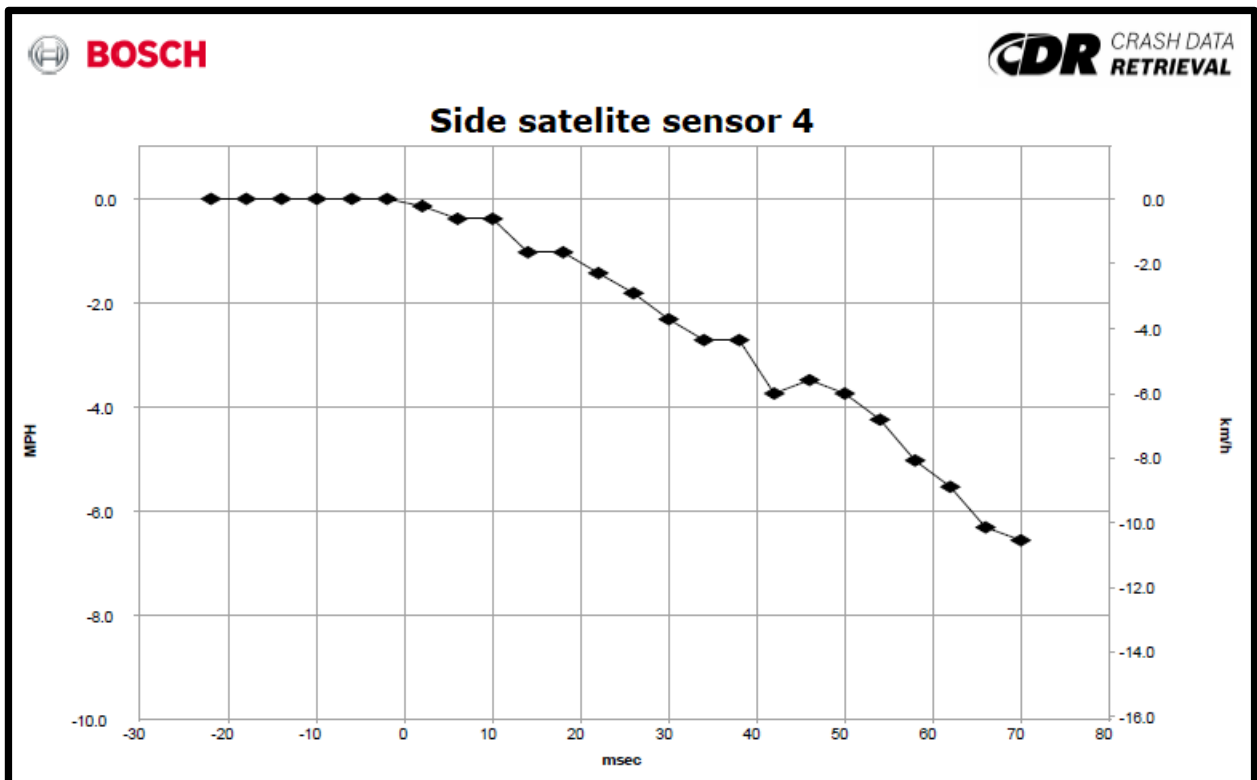


Figura 57. Grafico delta-V in direzione trasversale associato al sensore 4 (posto su pillar C). Evento 2.

BOSCH **CDR CRASH DATA RETRIEVAL**

Lateral Crash Pulse

Time (msec)	Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 1 (MPH [km/h])	Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 2 (MPH [km/h])	Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 3 (MPH [km/h])	Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 4 (MPH [km/h])
-22	SNA [SNA]	0.0 [0.0]	SNA [SNA]	0.0 [0.0]
-18	SNA [SNA]	0.0 [0.0]	SNA [SNA]	0.0 [0.0]
-14	SNA [SNA]	0.0 [0.0]	SNA [SNA]	0.0 [0.0]
-10	SNA [SNA]	0.0 [0.0]	SNA [SNA]	0.0 [0.0]
-6	SNA [SNA]	0.0 [0.0]	SNA [SNA]	0.0 [0.0]
-2	SNA [SNA]	0.0 [0.0]	SNA [SNA]	0.0 [0.0]
2	SNA [SNA]	-0.3 [-0.4]	SNA [SNA]	-0.1 [-0.2]
6	SNA [SNA]	0.1 [0.2]	SNA [SNA]	-0.4 [-0.6]
10	SNA [SNA]	-0.9 [-1.4]	SNA [SNA]	-0.4 [-0.6]
14	SNA [SNA]	-0.9 [-1.4]	SNA [SNA]	-1.0 [-1.7]
18	SNA [SNA]	0.0 [0.0]	SNA [SNA]	-1.0 [-1.7]
22	SNA [SNA]	-0.6 [-1.0]	SNA [SNA]	-1.4 [-2.3]
26	SNA [SNA]	-0.9 [-1.4]	SNA [SNA]	-1.8 [-2.9]
30	SNA [SNA]	-1.5 [-2.5]	SNA [SNA]	-2.3 [-3.7]
34	SNA [SNA]	-2.8 [-4.6]	SNA [SNA]	-2.7 [-4.3]
38	SNA [SNA]	-5.3 [-8.5]	SNA [SNA]	-2.7 [-4.3]
42	SNA [SNA]	-7.1 [-11.4]	SNA [SNA]	-3.7 [-6.0]
46	SNA [SNA]	-8.0 [-12.8]	SNA [SNA]	-3.5 [-5.6]
50	SNA [SNA]	-8.6 [-13.9]	SNA [SNA]	-3.7 [-6.0]
54	SNA [SNA]	-8.7 [-14.1]	SNA [SNA]	-4.2 [-6.8]
58	SNA [SNA]	-9.0 [-14.5]	SNA [SNA]	-5.0 [-8.1]
62	SNA [SNA]	-9.3 [-14.9]	SNA [SNA]	-5.5 [-8.9]
66	SNA [SNA]	-9.5 [-15.3]	SNA [SNA]	-6.3 [-10.1]
70	SNA [SNA]	-9.5 [-15.3]	SNA [SNA]	-6.6 [-10.6]

Figura 58. Tabella delta-V in direzione trasversale. Evento 2.

Il terzo ed ultimo evento presenta, infine, variazioni di velocità delta-V in direzione trasversale estremamente contenute (minori di 1km/h), registrate dai sensori posti sui pillar (montanti B e C) sinistri del veicolo Toyota. Questo implica la presenza di accelerazioni anch'esse estremamente contenute, che si sono sviluppate nelle fasi conclusive dell'urto mentre i veicoli in scarrocciamento si apprestavano a raggiungere la condizione di quiete post-urto. Per quanto appena detto, tali dati vengono di seguito presentati solo in forma tabellare.



 	
Lateral Crash Pulse	
Recording Status, Time Series Data	Complete
Recorded Side	Left Side
Time from TRG to Next Sample (msec)	3
Location of Side Satellite Sensor 1	Not Equipped
Location of Side Satellite Sensor 2	B-Pillar
Location of Side Satellite Sensor 3	Not Equipped
Location of Side Satellite Sensor 4	C-Pillar
Maximum Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 1 (MPH [km/h])	N/A
Maximum Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 2 (MPH [km/h])	0.6 [1.0]
Maximum Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 3 (MPH [km/h])	N/A
Maximum Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 4 (MPH [km/h])	-0.6 [-1.0]

Figura 59. Tabella introduttiva andamento delta-V in direzione trasversale. Evento 3.



 				
Lateral Crash Pulse				
Time (msec)	Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 1 (MPH [km/h])	Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 2 (MPH [km/h])	Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 3 (MPH [km/h])	Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 4 (MPH [km/h])
-21	SNA [SNA]	0.0 [0.0]	SNA [SNA]	-0.3 [-0.4]
-17	SNA [SNA]	0.4 [0.6]	SNA [SNA]	-0.3 [-0.4]
-13	SNA [SNA]	0.4 [0.6]	SNA [SNA]	-0.4 [-0.6]
-9	SNA [SNA]	0.4 [0.6]	SNA [SNA]	-0.5 [-0.8]
-5	SNA [SNA]	0.4 [0.6]	SNA [SNA]	-0.5 [-0.8]
-1	SNA [SNA]	0.5 [0.8]	SNA [SNA]	-0.6 [-1.0]
3	SNA [SNA]	0.5 [0.8]	SNA [SNA]	-0.5 [-0.8]
7	SNA [SNA]	0.5 [0.8]	SNA [SNA]	-0.5 [-0.8]
11	SNA [SNA]	0.5 [0.8]	SNA [SNA]	-0.5 [-0.8]
15	SNA [SNA]	0.5 [0.8]	SNA [SNA]	-0.4 [-0.6]
19	SNA [SNA]	0.5 [0.8]	SNA [SNA]	-0.4 [-0.6]
23	SNA [SNA]	0.5 [0.8]	SNA [SNA]	-0.5 [-0.8]
27	SNA [SNA]	0.5 [0.8]	SNA [SNA]	-0.5 [-0.8]
31	SNA [SNA]	0.5 [0.8]	SNA [SNA]	-0.5 [-0.8]
35	SNA [SNA]	0.6 [1.0]	SNA [SNA]	-0.5 [-0.8]
39	SNA [SNA]	0.6 [1.0]	SNA [SNA]	-0.5 [-0.8]
43	SNA [SNA]	0.6 [1.0]	SNA [SNA]	-0.5 [-0.8]
47	SNA [SNA]	0.6 [1.0]	SNA [SNA]	-0.5 [-0.8]
51	SNA [SNA]	0.6 [1.0]	SNA [SNA]	-0.5 [-0.8]
55	SNA [SNA]	0.6 [1.0]	SNA [SNA]	-0.5 [-0.8]
59	SNA [SNA]	0.6 [1.0]	SNA [SNA]	-0.5 [-0.8]
63	SNA [SNA]	0.6 [1.0]	SNA [SNA]	-0.5 [-0.8]
67	SNA [SNA]	0.6 [1.0]	SNA [SNA]	-0.5 [-0.8]
71	SNA [SNA]	0.6 [1.0]	SNA [SNA]	-0.5 [-0.8]

Figura 60. Tabella delta-V in direzione trasversale. Evento 3.

Sulla base dei dati fin qui presentati sono state ricostruite le fasi post-urto tramite l'utilizzo di software specialistico PC-Crash (rel. 10.2) con il quale è stata inoltre definita la velocità all'urto del veicolo Alfa Romeo in 70 km/h. Questo ha permesso di definire precisi profili di responsabilità da attribuire ai soggetti coinvolti. Si veda la figura seguente.

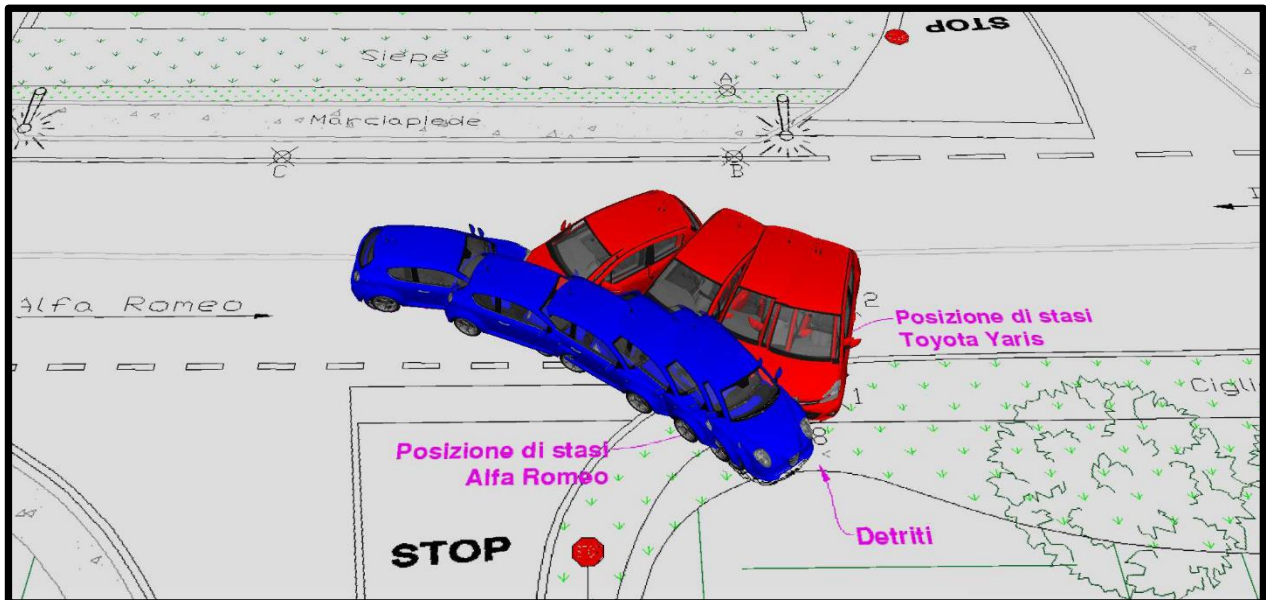


Figura 61. Fasi evolutive urto.

Al termine della presente trattazione, è opportuno fare un accenno sui dati che il dispositivo Unibox (black box - scatola nera), montato sul veicolo Toyota, ha registrato al momento dell'impatto e nei secondi subito prima. Si faccia riferimento alla seguente immagine in cui viene mostrato l'andamento della velocità registrata dalla scatola nera tramite sensori accelerometrici.

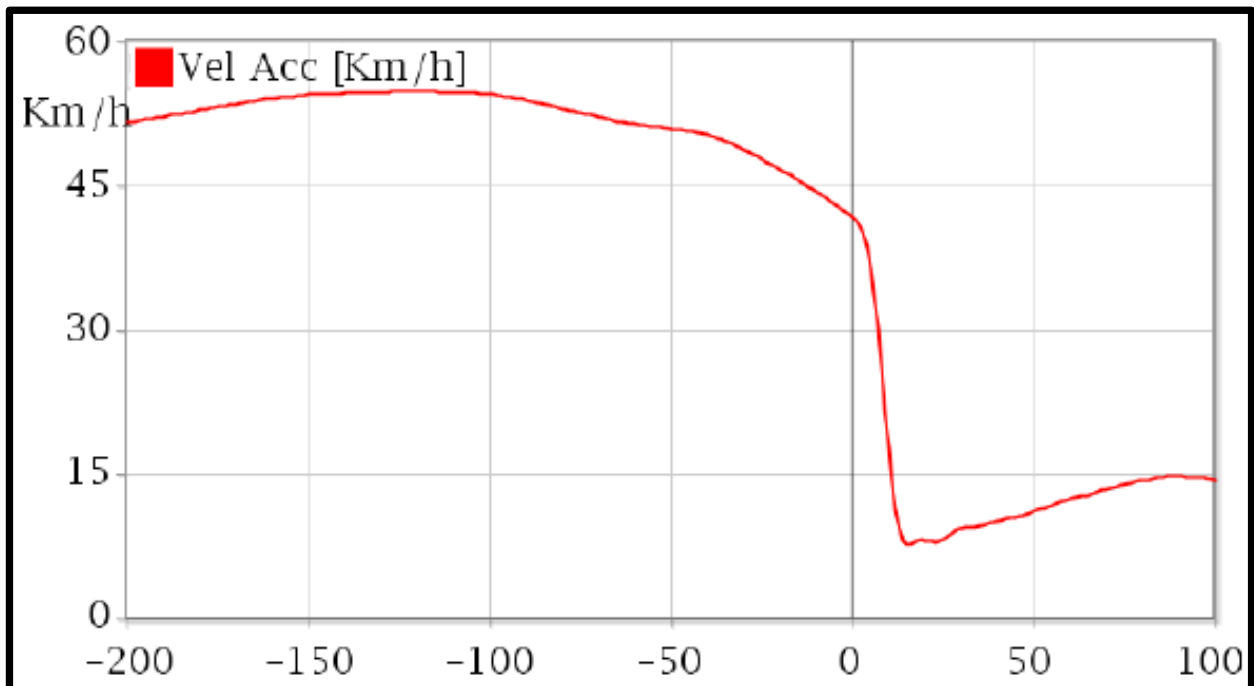


Figura 62. Andamento velocità registrato dal dispositivo Unibox (scatola nera).

Confrontando questo grafico con la tabella Pre-Crash presentata nelle pagine precedenti ed estratta dalla centralina airbag, si osserva subito come ci sia una differenza di circa 5km/h sulla velocità massima tenuta dal veicolo nei secondi che precedono l'urto. Il dispositivo registra infatti tra il secondo 1 e il secondo 1,5 una velocità massima di 55km/h. Un aspetto tuttavia estremamente più critico, riguarda la velocità registrata all'urto dallo stesso dispositivo. Il grafico definisce tale velocità in circa 43km/h e questo porterebbe ad una differenza di velocità di circa 20km/h rispetto a quella definita all'interno della tabella Pre-Crash.

Durante lo sviluppo del caso studio, è stato inoltre utilizzato il software PC-Crash che ha restituito valori di velocità all'urto e di delta-V, mostrati nell'immagine seguente, estremamente vicini a quelli registrati dal dispositivo EDR. Non a caso gli algoritmi e i modelli utilizzati dal software PC-Crash sono

stati validati negli anni con svariate pubblicazioni^{88,89,90,91,92}.

COLLISIONE		
(Simulazione all'indietro)		
Veicolo :	1 Toyota-Yaris	2 Alfa Romeo-MiTo
Vel. Pre Urto [km/h]:	26.35	69.25
Vel. Post Urto [km/h]:	23.20	22.80
Cambio di velocità dv [km/h] :	44.34	48.85
Profondità di deformazione [m] :	0.27	0.25
EES [km/h] :	43.00	44.03
Def. Energy [kJ]:	84.89	80.76
Rigidità [kN/m]:	2373.6	2625.8

Figura 63. Risultati forniti dal software PC-Crash.

Se quindi, come anche mostrato nel capitolo 5, l'accuratezza sul valore della velocità registrata dal dispositivo EDR risulta essere molto elevata, lo stesso non può essere affermato a priori per i dati registrati dai dispositivi esterni che vengono montati sui veicoli per scopi assicurativi (scatola nera). Attualmente sono presenti sul mercato molteplici dispositivi "black box", alcuni dei quali dotati di collegamento alla presa OBD del veicolo e che pertanto sono in grado di restituire dati più ricchi ed accurati. Si faccia quindi molta attenzione, ai fini ricostruttivi, al corretto utilizzo dei dati ottenuti tramite scatole nere. Ancor più attenzione deve essere prestata qualora l'andamento della velocità nel tempo e la posizione del veicolo in carreggiata, siano definiti esclusivamente tramite sistema GNSS (Global Navigation Satellite System), colloquialmente noto come sistema GPS. Tale sistema può presentare infatti notevoli problematiche di accuratezza a causa della presenza di varie fonti di errore⁹³ e ritardi, che è necessario trattare opportunamente.

Ai fini ricostruttivi del caso studio presentato, i valori di velocità estratti dalla scatola nera non sono risultati pertanto utilizzabili. Tipicamente infatti, si è soliti utilizzare le scatole nere per ottenere informazioni sulla velocità di

⁸⁸ W. E. Cliff & D. T. Montgomery, SAE 960885. "Validation of PC-Crash - A momentum-based accident reconstruction program".

⁸⁹ W. E. Cliff & A. Moser, SAE 2001-01-0507. "Reconstruction of Twenty Staged Collisions with PC-Crash's Optimizer".

⁹⁰ Bailey M. & Lawrence J & Fowler S & Williamson P. et al., SAE 2000-01-0849. "Data from Five Staged Car to Car Collisions and Comparison with Simulations".

⁹¹ Kiefer A. & Bilek D., & Moser A. & Webb A., SAE 2011-01-1121. "A Comparison Study between PC-Crash Simulation and Instrumented Handling Maneuvers".

⁹² Rose N. & Carter N. & Pentecost D., SAE 2014-01-0464. "Vehicle Acceleration Modeling in PC-Crash".

⁹³ Dipl. - Ing. (FH) Peter Stolle. Reconstruction of a traffic accident by analysis of networked vehicle and traffic system data.

crociera del veicolo, vari secondi prima dell'impatto. In questo specifico caso studio poi, il grafico sull'andamento della velocità e i grafici sulle accelerazioni, possono essere utilizzati per affermare che subito prima dell'impatto il veicolo Toyota risultava in decelerazione ed in fase di frenata. Ecco che la scatola nera può risultare utile proprio per definire se prima dell'impatto il veicolo risulta in fase di accelerazione o in fase di decelerazione. Altro utilizzo delle scatole nere riguarda proprio la possibilità di avere un'informazione immediata sull'accelerazione del veicolo lungo i 3 assi. Tali dati possono essere utilizzati per valutare la compatibilità delle lesioni fisiche subite dagli occupanti del veicolo (si pensi ad esempio ai traumi del rachide cervicale) nonché per valutare la compatibilità dei danni subiti dai veicoli stessi rispetto al sinistro.

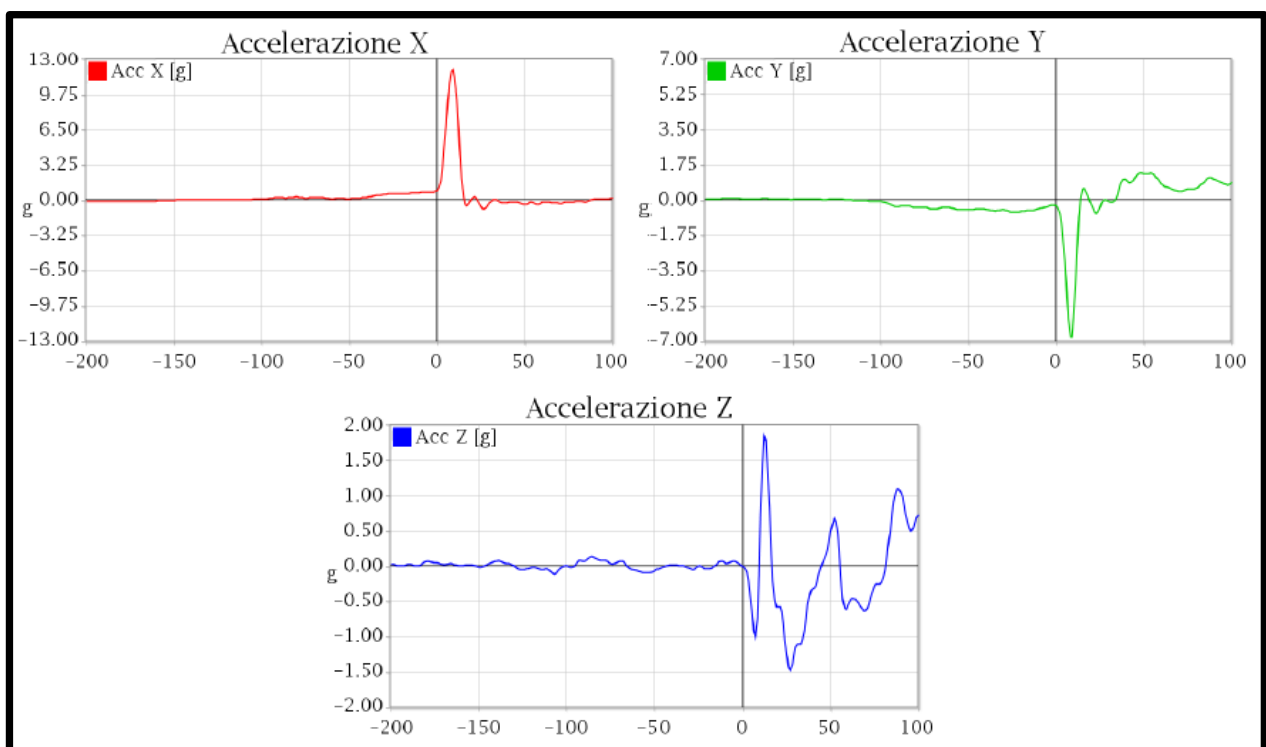


Figura 64. Accelerazioni lungo assi registrate da scatola nera.

Le black box installate sui veicoli per scopi assicurativi, hanno mostrato negli anni una buona diffusione ed un largo utilizzo nelle fasi ricostruttive dei sinistri stradali, nonostante la presenza di alcuni limiti di cui si è appena parlato. Il loro utilizzo ai fini ricostruttivi è stato favorito dalla facilità ed economicità di accesso ai dati registrati. Tuttavia, è bene notare come i dispositivi EDR siano in grado di registrare un numero di dati molto più elevato, con maggiori livelli di accuratezza e standardizzazione, grazie anche agli sviluppi normativi degli ultimi anni in materia. Se nell'immediato futuro, grazie al Regolamento Europeo 2019/2144, i dati registrati dai dispositivi EDR risulteranno accessibili

con più facilità (anche e soprattutto in termini di costo) il loro utilizzo ai fini ricostruttivi diventerà sempre più diffuso.

Conclusioni

In questo lavoro di tesi è stato affrontato il fenomeno dell'incidentalità stradale, presentato dapprima tramite una serie di dati statistici e, successivamente, tramite l'analisi delle relative misure legislative intraprese a livello europeo. I dati statistici hanno permesso di quantificare il fenomeno dell'incidentalità stradale fornendo un riscontro immediato circa l'entità di quest'ultimo a livello nazionale, europeo ed internazionale. Si è poi visto come i dati statistici guidino le azioni legislative intraprese per fronteggiare il fenomeno, tramite la definizione di obiettivi a medio e lungo termine. Tra le azioni legislative più recenti ed importanti sul tema, è stato analizzato in dettaglio il Regolamento Europeo 2019/2144. Tale Regolamento ripone estrema fiducia nell'utilizzo della tecnologia (soprattutto tramite un importante ricorso agli Advanced Driver Assistance Systems - ADAS) per il raggiungimento degli obiettivi europei ed internazionali di sicurezza stradale. A tal proposito è stato successivamente analizzato dettagliatamente il Registratore di Dati di Evento (EDR), nonché il relativo stato dell'arte in Europa e negli Stati Uniti. Tramite l'utilizzo del dispositivo Bosch CDR si è poi cercato di fornire una guida quanto più dettagliata possibile alla lettura dei dati registrati dal dispositivo EDR. La lettura e la corretta interpretazione di tali dati rappresenta un valido supporto per la ricostruzione di un sinistro stradale, soprattutto in quei casi in cui la carenza di informazioni impedisce o limita l'applicazione dei metodi di calcolo tradizionali. Successivamente, è stato pertanto analizzato un incidente stradale, verificatosi in un centro abitato dell'Emilia-Romagna, in cui per ricostruire la dinamica e stabilirne le cause d'accadimento, sono stati utilizzati anche i dati provenienti dalla centralina air-bag di uno dei due veicoli coinvolti nel sinistro. La risoluzione di un caso pratico ha permesso di descrivere e contestualizzare i dati presenti all'interno del report prodotto dal dispositivo Bosch CDR. Si è osservato come nella corretta risoluzione del caso restino comunque imprescindibili le fasi investigative comprendenti le fasi di rilievo della scena e dei veicoli, nonché come risultino necessarie le competenze di una figura che sappia analizzare e ricomporre i dati a disposizione per delineare la dinamica del sinistro. Per completezza sono stati infine confrontati i dati prodotti dal dispositivo EDR con i dati prodotti dal dispositivo assicurativo "black box" (che risultava installato sullo stesso veicolo da cui è stata prelevata la centralina air-bag) e si è accennato a come utilizzarne i dati ai fini ricostruttivi.

A conclusione del lavoro svolto, è stato dunque dimostrato come un dispositivo EDR sia in grado di fornire una moltitudine di dati accurati, estremamente utili ai fini ricostruttivi. Allo stesso modo è stato dimostrato come il dispositivo EDR

possa soddisfare appieno lo scopo principale per il quale è stato reso obbligatorio dal Regolamento Europeo 2019/2144, in riferimento alla sua capacità di acquisire dati accurati e approfonditi sugli incidenti stradali, utilizzabili dagli Stati membri per effettuare analisi sulla sicurezza stradale e valutare l'efficacia delle specifiche misure introdotte.

Bibliografia e sitografia

- [1] United Nations Road Safety Collaboration. Piano globale per il Decennio di azione per la sicurezza stradale 2011-2020. Ginevra.
- [2] James SL, Lucchesi LR, Bisignano C, *et al.* Morbidity and mortality from road injuries: results from the Global Burden of Disease Study 2017. *Injury Prevention* 2020.
- [3] [4] [5] World Health Organization, Global Status Report on Road Safety 2018.
- [6] [8] [9] Road safety in the EU: fatalities in 2021 – European Commission.
- [7] United Nations - Sustainable Development Goals (SDGs).
- [10] Quadro strategico dell'UE per la sicurezza stradale 2021-2030. Prossime tappe verso l'obiettivo "zero vittime".
- [11] Most affected groups. Road safety in the EU: fatalities in 2021 – European Commission.
- [12] Dekra – Road Safety Report.
- [13] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Direzione Generale per la Sicurezza Stradale, 2012. "Studio di valutazione dei Costi Sociali dell'incidentalità stradale".
- [14] Overview of Motor Vehicle Crashes in 2020 (Report No. DOT HS 813 266). National Highway Traffic Safety Administration.
- [15] Blincoe, L. J., Miller, T. R., & Zaloshnja, E. and Lawrence, B.A. (2015). The economic and societal impact of motor vehicle crashes, 2010 (revised) (Report No. DOT HS-812-013). National Highway Traffic Safety Administration.
- [16] NHTSA. June 2022. Summary Report: Standing General Order on Crash Reporting for Level 2 Advanced Driver Assistance Systems.
- [17] NHTSA. June 2022. Summary Report: Standing General Order on Crash Reporting for Automated Driving Systems.

[18] Billstein, L.; Svernlöv, C.; 2021. Evaluating the Safety and Performance of Electric Micro-Mobility Vehicles. Master's thesis, Chalmers University of Technology.

[19] Boglietti, S.; Barabino, B.; Maternini, G.; 2021. Survey on e-Powered Micro Personal Mobility Vehicles: Exploring Current Issues towards Future Developments.

[20] Forum of European Road Safety Research (FERSI), September 2020. E-scooters in Europe: legal status, usage and safety. FERSI paper.

[21] Osservatori.net – Ecommerce in Italia nel 2021.

[22] McDonald, N., Yuan, Q., & Naumann, R. (2019). Urban freight and road safety in the era of e-commerce. *Traffic injury prevention*, 20(7), 764-770.

[23] [Etsc.eu](https://www.etsc.eu)

[24] [Fersi.org](https://www.fer.si)

[25] [Itf-oecd.org](https://www.itf-oecd.org)

[26] [Cedr.eu](https://www.cedr.eu)

[27] [Esranet.eu](https://www.esranet.eu)

[28] United Nations. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015 - 70/1.

[29] United Nations. Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development.

[30] Improving global road safety. Resolution adopted by the General Assembly on 2 March 2010 - 64/255.

[31] Draft Resolution by the General Assembly. Improving global road safety – 18 August 2020.

[32] United Nations. Road safety strategy for the United Nations system and its personnel. A partnership for safer journeys.

[33] WHO. Global Plan for the Decade of Action for Road Safety 2011-2020.

[34] Commissione europea. Programma d'azione in materia di sicurezza stradale (GU C 91, 28.3.1994).

[35] Commissione europea (1997) Comunicazione n.131, Promuovere la sicurezza stradale nell'Unione Europea: il programma 1997-2001.

[36] Commissione europea. Libro bianco: la politica europea dei trasporti fino al 2010. (COM/2001/0370)

[37] Commissione europea (2003). Road safety: Road Safety Action Programme (2003-2010).

[38] Commissione europea (2010), Verso uno spazio europeo della sicurezza stradale: orientamenti 2011-2020 per la sicurezza stradale.

[39] Commissione europea. Libro bianco. Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system (COM(2011) 144).

[40] Commissione europea (2018), comunicazione "L'Europa in movimento – Una mobilità sostenibile per l'Europa: sicura, interconnessa e pulita" (COM(2018) 293).

[41] Commissione europea. Next steps towards 'Vision Zero'. EU road safety policy framework 2021-2030.

[42] Risoluzione del Parlamento europeo del 6 ottobre 2021 (2021/2014(INI)).

[43] D.P.R. 15.06.1959 n.393.

[44] Risoluzione del consiglio e dei rappresentanti dei governi degli stati membri. Programma di azione comunitaria in materia di sicurezza stradale. Bruxelles, 21 giugno 1991.

[45] D. Lgs. n.285 del 30 aprile 1992.

[46] Bosch. A quarter century of electronic stability program (2020).

[47] European Commission - MEMO/13/547, 13/06/2013.

[48] Regolamento (UE) 2015/758 del Parlamento europeo e del Consiglio (29 aprile 2015).

[49] Regolamento Europeo 2019/2144 del Parlamento europeo e del Consiglio (27 novembre 2019).

[50] Art. 47 del Codice della Strada.

[51] Regolamento n. 49 della Commissione economica per l'Europa delle Nazioni Unite (UN/ECE).

[52] Salomonsson, O.; Koch, M. 1991. Crash Recorder for Safety System Studies and as a Consumer's Product.

[53] Mannesmann Kienzle, Germany/ Volvo Car Corporation, Göteborg, Sweden. 13 p. Frontal Crash Safety Technologies for the 90's. Warrendale, SAE, 1991. Report No. SAE 910656. UMTRI-80924.

[54] R. Schmidt-Cotta, H. Steffan, A. Kast, S. Labbett, M. Brenner. VERONICA, Vehicle Event Recording based on Intelligent Crash Assessment, Project Final Report.

[55] EC (2006), Vehicle Event Recording based ON Intelligent Crash Assessment Final Report, Bruxelles.

[56] RR Schmidt-Cotta. VERONICA-II, Vehicle Event Recording based on Intelligent Crash Assessment, Final Report.

[57] Clay Gabler/John Hinch, Craig Wilkinson, SAE EDR Symposium, Sept. 05/06/2007, Ashburn, VA, USA.

[58] Commissione Europea. Call for tenders N° MOVE/C4/2013-200-1.

[59] David Hynd and Mike McCarthy. Study on the benefits resulting from the installation of Event Data Recorders - Final Report.

[60] NHTSA 46-10. U.S. DOT Proposes broader use of Event Data Recorders to help improve vehicle safety.

[61] Policy Department B: Structural and Cohesion Policies - Transport and Tourism. Technical development and implementation of event data recording in the road safety policy.

[62] European commission. Working Group on Motor Vehicles (E01295).

[63] L. Piano, La sicurezza passiva degli autoveicoli. Criteri di progettazione e sperimentazione, 2013.

[64] Iglad.net

[65] NHTSA.gov - Crash Data Systems, National Automotive Sampling System.

[66] Iniziative pubbliche europee. Feedback. Sicurezza dei veicoli - requisiti tecnici e procedure di prova per l'omologazione UE dei registratori di dati relativi agli incidenti (EDR).

[67] Dirett. Ministero dell'Interno, prot. 300/A/2251/16/124/68 del 25.03.2016, art. 1.3 lett."a".

[68] Nhtsa.gov

[69] Ntsb.gov

[70] Hampton C. Gabler, Douglas J. Gabauer, Heidi L. Newell. Use of Event Data Recorder (EDR) Technology for Highway Crash Data Analysis – 2014.

[71] Transportation.org

[72] Nationalacademies.org

[73] NHTSA (2006). Final regulatory evaluation, Event Data Recorders (EDRs).

[74] NHTSA (2008). Analysis of Event Data Recorder Data for Vehicle Safety Improvement.

[75] United States Code of Federal Regulations 49 CFR Part 563 - EVENT DATA RECORDERS.

[76] Boschdiagnostics.com – CDR Crash Data Retrieval dlc base kit.

[77] Boschdiagnostics.com – CDR 500 interface adapter kit.

- [78] Boschdiagnostics.com – CDR 900 upgrade kit.
- [79] Roberts, V. and Compton, C., "The Relationship Between Delta V and Injury," SAE Technical Paper 933111 (1993).
- [80] Kornhauser, M., "Delta-V Thresholds for Cervical Spine Injury," SAE Technical Paper 960093 (1996).
- [81] D. J. Gabauer and H. C. Gabler. Comparison of Delta-V and Occupant Impact Velocity Crash Severity Metrics Using Event Data Recorders (2006).
- [82] Matthew L. Brumbelow. Front crash injury risks for restrained drivers in good-rated vehicles by age, impact configuration, and EDR based Delta-V.
- [83] Ryo Oga, Nobuaki Takubo, Kenshiro Kato, Takaaki Terashima. Characteristics of Crash Data from Event Data Recorders in Collisions with Narrow Objects (2014).
- [84] Chidester A, Hinch J, Mercer TC, Schultz KS. Recording Automotive Crash Event Data. Proc. of the International Symposium on Transportation Recorders; Arlington, Virginia. May 3–5, (1999).
- [85] Peter Niehoff, Rowan University, United States (2005). Evaluation of event data recorders in full systems crash tests.
- [86] Tsoi, A., Hinch, J., Ruth, R., and Gabler, H., "Validation of Event Data Recorders in High Severity Full-Frontal Crash Tests" SAE Int. J. Trans. Safety 1(1):76-99, (2013).
- [87] Craig Wilkinson, David King, Gunter Siegmund. Evaluation of the accuracy of longitudinal speed change reported by event data recorders in frontal crash tests.
- [88] W. E. Cliff & D. T. Montgomery, SAE 960885. "Validation of PC-Crash - A momentum-based accident reconstruction program".
- [89] W. E. Cliff & A. Moser, SAE 2001-01-0507. "Reconstruction of Twenty Staged Collisions with PC-Crash's Optimizer".
- [90] Bailey M. & Lawrence J & Fowler S & Williamson P. et al., SAE 2000-01-0849. "Data from Five Staged Car to Car Collisions and Comparison with Simulations".

[91] Kiefer A. & Bilek D., & Moser A. & Webb A., SAE 2011-01-1121. "A Comparison Study between PC-Crash Simulation and Instrumented Handling Maneuvers".

[92] Rose N. & Carter N. & Pentecost D., SAE 2014-01-0464. "Vehicle Acceleration Modeling in PC-Crash".

[93] Dipl. - Ing. (FH) Peter Stolle. Reconstruction of a traffic accident by analysis of networked vehicle and traffic system data.