

POLITECNICO DI TORINO



Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale

Tesi Magistrale in Ingegneria Biomedica

Protezione dell'occupante nell'impatto Far Side: sviluppo della procedura del test e valutazione della prova

Relatore

Prof.ssa C. Bignardi

Tutor aziendale

Dott. Alessio Melloncelli

Dott. Pierangelo Adduci

Candidato

Claudia Cremato

Matr. 232410

Anno Accademico 2017/2018

*“A mio nonno,
che mi ha insegnato a lottare e ad avere grinta
per essere determinati a vincere”*

Indice

Indice delle figure.....	i
Indice delle tabelle.....	iv
Abbreviazioni.....	v
Sommario.....	vii
1 Sicurezza passiva.....	1
1.1 Scale di severità di lesione.....	1
1.2 Anthropomorphic Test Device (ATD).....	4
1.2.1 Biofedeltà.....	6
1.2.2 Curve di rischio.....	7
1.3 Omologazioni.....	11
1.3.1 ECE-R94.....	13
1.3.2 ECE-R95.....	17
2 Euro NCAP.....	19
2.1 Prove di rating dell’Euro NCAP.....	19
2.2 Evoluzione Euro NCAP.....	23
2.2.1 Rating 2020.....	24
3 Far Side.....	29
3.1 Storia.....	29
3.2 Incidentologia.....	31
3.3 Preparazione meccanica della prova.....	37
3.4 Strumentazione ATD.....	41
3.5 Criteri e valori limite.....	46
4 Elaborazione del Quaderno di Bordo per l’esecuzione delle prove Far Side.....	49
4.1 Funzionamento Slitta.....	49
4.2 Flusso di gestione della prova.....	50
4.3 QDB e criteri.....	53
5 Applicazione Far Side al Centro Sicurezza – Esecuzione dei test di Slitta.....	57
5.1 Esecuzione della prima prova di urto Far Side.....	57
5.1.1 Set-up di prova.....	57

5.1.2	Analisi della prova	62
5.2	Esecuzione della seconda prova di urto Far Side	79
5.2.1	Preparazione della prova	79
5.2.2	Analisi della prova	81
6	Sviluppi futuri.....	95
6.1	Contromisure e considerazioni sulle prove Far Side eseguite	95
6.2	Proposte fornitori.....	96
6.3	Modifiche proposte del protocollo Euro NCAP	98
7	Conclusione.....	101
I.	APPENDICE – Quaderno Di Bordo (QDB).....	I
II.	APPENDICE – Procedura di puntamento delle telecamere	XXIII
III.	APPENDICE – Procedura standard fotografico	XXVII
IV.	APPENDICE – Confronto PULSE della scocca e PULSE di riferimento	XXIX
	Ringraziamenti	
	Bibliografia	

Indice delle figure

Figura 1-1: Esempio di punteggio scala AIS.	2
Figura 1-2: rappresentazione grafica degli ATD di impatto laterale.	6
Figura 1-3: test di impatto sulla testa del PMHS.	9
Figura 1-4: test di impatto sull'addome del PMHS.	10
Figura 1-5: curva di rischio della forza massima su spalla per WS 50th%.	11
Figura 1-6: curva di rischio della deflessione delle costole toraciche-addominali per WS 50th%.	11
Figura 1-7: curva di rischio della deflessione delle costole addominali per WS 50th%.	11
Figura 1-8: curva di rischio della forza su bacino per WS 50th%.	11
Figura 1-9: paesi contraenti degli accordi del 1958 e 1998 [5].	13
Figura 1-10: valori limite criteri di lesione del collo (NIC).	15
Figura 1-11: valori limite criteri di lesione del collo (NIC).	15
Figura 1-12: valori limite criteri di lesione del femore (FFC).	16
Figura 2-1: Enti di valutazione delle auto sostenuti nei vari Paesi [9].	19
Figura 2-2: test frontale disassato [11].	20
Figura 2-3: test frontale su tutta la larghezza [11].	21
Figura 2-4: urto laterale contro barriera deformabile [11].	21
Figura 2-5: urto laterale contro palo [11].	22
Figura 2-6: colpo di frusta [11].	22
Figura 2-7: AEB urbano [11].	23
Figura 3-1: ripartizione della gravità delle lesioni in caso di urto laterale per il solo guidatore [24].	31
Figura 3-2: ripartizione della gravità delle lesioni in caso di urto laterale contro il palo per il solo guidatore [24].	32
Figura 3-3: percentuale di occupanti adulti feriti coinvolti in caso di urto laterale [24].	32
Figura 3-4: percentuale di occupanti adulti feriti coinvolti in caso di urto laterale in base al tipo di ostacolo [24].	33
Figura 3-5: MAIS 3+ frequenze per regioni del corpo [24].	33
Figura 3-6: MAIS 2+ frequenze per regioni del corpo [24].	33
Figura 3-7: occupanti adulti anteriori con cintura coinvolti nell'urto laterale [25].	34
Figura 3-8: occupanti adulti anteriori con cintura con MAIS 2+ durante un urto laterale [25].	34
Figura 3-9: occupanti adulti anteriori con cintura con MAIS 3+ durante un urto laterale [25].	35
Figura 3-10: condizioni di impatto per il Far Side: posizione di impatto [25].	35
Figura 3-11: condizioni di impatto per il Far Side: angolo di impatto [25].	36
Figura 3-12: condizioni di impatto per il Far Side: velocità di impatto [25].	36
Figura 3-13: regioni del corpo più colpite durante l'urto Far Side [25].	36
Figura 3-14: cause di lesione per ciascuna regione corporea [25].	37
Figura 3-15: inclinazione della Slitta rispetto al veicolo.	38
Figura 3-16: primo requisito da rispettare sul PULSE del veicolo [26].	39
Figura 3-17: secondo requisito da rispettare sul PULSE del veicolo [26].	39
Figura 3-18: rappresentazione delle linee di escursione della testa [26].	40
Figura 3-19: rappresentazione dell'area di intrusione [26].	40
Figura 3-20: strumentazione standard della parte superiore del corpo del WS50%M [28].	43
Figura 3-21: strumentazione standard della parte inferiore del corpo del WS50%M [29].	43
Figura 3-22: strumentazione standard – altri canali – del corpo del WS50%M [30].	43
Figura 3-23: marcatura dell'ATD [26].	45
Figura 4-1: esempio condizione di impatto nell'impianto di Slitta.	50
Figura 4-2: flusso di gestione prova in Full Scale.	50

Figura 4-3: flusso di gestione prova nell'impianto di Slitta.	52
Figura 5-1: definizione linee di escursione della testa 1° prova.	58
Figura 5-2: misurazioni richieste per il posizionamento dell'ATD.	59
Figura 5-3: confronto tra il PULSE di riferimento e il PULSE della Slitta per la 1° prova Palo.	60
Figura 5-4: confronto tra il PULSE di riferimento e il PULSE della Slitta per la 1° prova AE-MDB.	61
Figura 5-5: esempi di foto pre-prova.	61
Figura 5-6: verifica velocità 1° prova Palo.	62
Figura 5-7: verifica spostamento 1° prova Palo.	63
Figura 5-8: verifica velocità 1° prova AE-MDB.	63
Figura 5-9: verifica spostamento 1° prova AE-MDB.	64
Figura 5-10: confronto tra i PULSE Palo e AE-MDB per la 1° prova.	64
Figura 5-11: confronto tra le velocità Palo e AE-MDB per la 1° prova.	65
Figura 5-12: confronto tra gli spostamenti Palo e AE-MDB per la 1° prova.	65
Figura 5-13: analisi video: valutazione TTF per la 1° prova Palo.	66
Figura 5-14: curva della forza cintura per la 1° prova Palo.	66
Figura 5-15: valutazione TTF dalla curva della forza cintura per la 1° prova Palo.	67
Figura 5-16: analisi video: valutazione TTF per la 1° prova AE-MDB.	67
Figura 5-17: curva della forza cintura per la 1° prova AE-MDB.	68
Figura 5-18: valutazione TTF dalla curva della forza cintura per la 1° prova AE-MDB.	68
Figura 5-19: curva di accelerazione del bacino per la 1° prova Palo.	69
Figura 5-20: curva di accelerazione del bacino per la 1° prova AE-MDB.	69
Figura 5-21: analisi video: escursione della testa per la 1° prova Palo.	70
Figura 5-22: analisi video: escursione della testa per la 1° prova AE-MDB.	70
Figura 5-23: cella di carico del collo e calcolo del momento.	70
Figura 5-24: curva del momento in x del collo per la 1° prova Palo.	71
Figura 5-25: curva del momento in x del collo per la 1° prova AE-MDB.	71
Figura 5-26: analisi video: posizione orizzontale della testa per la 1° prova Palo.	72
Figura 5-27: analisi video: posizione orizzontale della testa per la 1° prova AE-MDB.	72
Figura 5-28: analisi video: traiettoria della testa prova Palo.	72
Figura 5-29: curva di accelerazione della testa per la 1° prova.	73
Figura 5-30: curva del momento in x del collo per la 1° prova.	73
Figura 5-31: curva del momento in y del collo per la 1° prova.	73
Figura 5-32: curva della forza in z del collo per la 1° prova.	74
Figura 5-33: curva degli spostamenti in y delle costole addominali per la 1° prova.	74
Figura 5-34: curva degli spostamenti in y delle costole toraciche per la 1° prova.	75
Figura 5-35: curva della forza di sinfisi pubica per la 1° prova.	76
Figura 5-36: curva della forza in y lombare per la 1° prova.	76
Figura 5-37: curva della forza in z lombare per la 1° prova.	77
Figura 5-38: curva del momento in x lombare per la 1° prova.	77
Figura 5-39: confronto tra Mx collo e Accelerazione in y del bacino.	78
Figura 5-40: definizione linee di escursione della testa 2° prova Palo.	79
Figura 5-41: definizione linee di escursione della testa 2° prova AE-MDB.	80
Figura 5-42: confronto tra il PULSE di riferimento e il PULSE della Slitta per la 2° prova Palo.	80
Figura 5-43: confronto tra il PULSE di riferimento e il PULSE della Slitta per la 2° prova AE-MDB.	81
Figura 5-44: verifica velocità 2° prova Palo.	81
Figura 5-45: verifica spostamento 2° prova Palo.	82
Figura 5-46: verifica velocità 2° prova AE-MDB.	82
Figura 5-47: verifica spostamento 2° prova AE-MDB.	83

Figura 5-48: confronto tra i PULSE Palo e AE-MDB per la 2° prova.....	83
Figura 5-49: confronto tra le velocità Palo e AE-MDB per la 2° prova.	84
Figura 5-50: confronto tra gli spostamenti Palo e AE-MDB per la 2° prova.....	84
Figura 5-51: curva della forza cintura per la 2° prova Palo.	85
Figura 5-52: valutazione TTF dalla curva della forza cintura per la 2° prova Palo.....	85
Figura 5-53: curva della forza cintura per la 2° prova AE-MDB.....	86
Figura 5-54: valutazione TTF dalla curva della forza cintura per la 2° prova AE-MDB.	86
Figura 5-55: curva di accelerazione del bacino per la 2° prova Palo.	87
Figura 5-56: curva di accelerazione del bacino per la 2° prova AE-MDB.	87
Figura 5-57: curva del momento in x del collo per la 2° prova Palo.....	88
Figura 5-58: curva del momento in y del collo per la 2° prova Palo.....	88
Figura 5-59: curva di accelerazione della testa per la 2° prova.....	89
Figura 5-60: curva del momento in x del collo per la 2° prova.....	89
Figura 5-61: curva del momento in y del collo per la 2° prova.	89
Figura 5-62: curva della forza in z del collo per la 2° prova.....	90
Figura 5-63: curva degli spostamenti in y delle costole addominali per la 2° prova.....	90
Figura 5-64: curva degli spostamenti in y delle costole toraciche per la 2° prova.....	91
Figura 5-65: curva della forza di sinfisi pubica per la 2° prova.....	92
Figura 5-66: curva della forza in y lombare per la 2° prova.	93
Figura 5-67: curva della forza in z lombare per la 2° prova.....	93
Figura 5-68: curva del momento in x lombare per la 2° prova.....	93
Figura 5-69: calcolo del punteggio per la 2° prova.....	94
Figura 5-70: confronto tra Mx collo e Accelerazione in y del bacino per la II prova.....	94
Figura 6-1: esempio di un Pillow Bag come airbag centrale [32].	96
Figura 6-2: simulazione urto Far Side in assenza di Airbag centrale.	97
Figura 6-3: simulazione urto Far Side con un Advanced Center bag.....	97
Figura 6-4: simulazione urto Far Side con un Pillow Bag.....	97
Figura 6-5: simulazione urto Far Side in presenza della console centrale e in assenza di airbag centrale [33].	97
Figura 6-6: simulazione urto Far Side in presenza della console centrale e dell'airbag centrale [33].	97
Figura 6-7: simulazione urto Far Side in presenza della console centrale e in assenza di airbag centrale [33].	98
Figura 6-8: simulazione urto Far Side in presenza della console centrale e dell'airbag centrale [33].	98
Figura 6-9: intrusione su pannello porta nel caso in cui non si verifica il distacco dalla struttura esterna.....	99
Figura 6-10: intrusione su pannello porta nel caso in cui si verifica il distacco dalla struttura esterna.	99
Figura 6-11: Posizione del bracciolo nella prova Far Side.	99
Figura 6-12: traiettoria della teta durante una prova Far Side [37].	100
Figura 7-1: curva di rischio costole toraciche relativa ai test.	102
Figura 7-2: curva di rischio costole addominali relativa ai test.	102

Indice delle tabelle

Tabella 1-1: Definizione cifre scala AIS.	2
Tabella 1-2: Esempio severità della lesione con scala AIS.	3
Tabella 1-3: Scala ISS.	3
Tabella 1-4: Rischio di mortalità – Scala ISS.	4
Tabella 1-5: confronto tra la cinematica del THOR-50M e dell’Hybrid III-50M.	5
Tabella 1-6: Scala ISO di Biofedeltà.km	6
Tabella 1-7: Valutazione di Biofedeltà dei manichini di impatto laterale.	7
Tabella 1-8: parametri e livello AIS per la costruzione delle curve di rischio.	8
Tabella 1-9: test di impatto sul torace del PMHS.	10
Tabella 1-10: elenco dei test di impatto su addome.	10
Tabella 2-1: parametri test frontale disassato [11].	20
Tabella 2-2: parametri test frontale su tutta la larghezza [11].	21
Tabella 2-3: parametri urto laterale contro barriera deformabile [11].	21
Tabella 2-4: parametri urto laterale contro palo [11].	22
Tabella 2-5: parametri colpo di frusta [11].	22
Tabella 2-6: parametri AEB urbano [11].	23
Tabella 2-7: Piano di rating per gli anni 2018 e 2020.	24
Tabella 2-8: nuovi EuroNCAP test in Europa.	26
Tabella 3-1: occupanti esposti e feriti con livello di lesione MAIS 3+ per tutti gli urti Far Side dall'anno dell'incidente [23].	30
Tabella 3-2: definizione dei lati dell’area di intrusione.	40
Tabella 3-3: strumentazione necessaria dell’ATD per prova Far Side [26].	44
Tabella 3-4: definizione delle forme di marcatura dell’ATD [26].	45
Tabella 3-5: criteri di valutazione della prova Far Side [26].	46
Tabella 3-6: modificatori da applicare alla regione lombare [26].	47
Tabella 5-1: definizione linee di escursione della testa 1° prova.	58
Tabella 5-2: sensori utilizzati in Slitta per la 1° prova.	59
Tabella 5-3: valutazione dei parametri biomeccanici per la 1° prova.	75
Tabella 5-4: valutazione dei modificatori per la 1° prova.	76
Tabella 5-5: calcolo del punteggio per la 1° prova.	77
Tabella 5-6: definizione linee di escursione della testa 2° prova.	79
Tabella 5-7: valutazione dei parametri biomeccanici per la 1° prova.	91
Tabella 5-8: valutazione dei modificatori per la 2° prova.	92

Abbreviazioni

ABS	Antilock Braking System
AEB	Autonomous Emergency Braking in City (AEB City) and Interurban scenarios (AEB Interurban)
AEB VRU	Autonomous Emergency Braking for Vulnerable Road Users, including Pedestrians (AEB VRU-Pe) & Cyclists (AEB VRU-Cy)
AES	Autonomous Emergency Steering
AIS	Abbreviated Injury Scale
APF	Abdominal Peak Force
ATD	Anthropomorphic Test Device
CV	Viscous Criterion
EBD	Electronic Brakeforce Distribution
ESC	Electronic Stability Control
FCW	Forward Collision Warning
FFC	Femur Force Criterion
HPC	Head Performance Criterion
HIC	Head Injury Criterion
ISS	Injury Severity Score
LDW	Lane Departure Warning
LSS	Lane Support System
LKA	Lane Keep Assist
MAIS	Maximum Abbreviated Injury Scale
NIC	Neck Injury Criterion
ODB	Offset Deformable Barrier
PSPF	Pubic Symphysis Peak Force
RDC	Rib Deflection Criterion
SAS	Speed Assist system
SBR	Seat Belt Reminder
TCFC	Tibia Compression Force Criterion
THCC	Thorax Compression Criterion
TI	Tibia Index
TRL	Technology Readiness Level
TTF	Time to Fire

Sommario

La sicurezza in ambito automobilistico è in continua evoluzione per limitare il numero d'incidenti stradali e per offrire massima protezione alle vittime coinvolte. La principale misura di precauzione consiste, sicuramente, nell'introduzione di dispositivi di ritenuta passivi e attivi, alcuni dei quali sono divenuti ormai obbligatori dal punto di vista normativo.

È, dunque, sempre più solito sottoporre i nuovi veicoli a prove di crash test effettuate da enti autonomi, come in Europa dall'EuroNCAP (European New Car Assessment Programme), per valutare realisticamente il rischio provocato dai moderni autoveicoli. L'importanza che sta assumendo la sicurezza automobilistica si riscontra nella scelta di autovetture maggiormente sicure da parte dei consumatori, e di conseguenza nell'interesse che i produttori di autoveicoli stanno riponendo nella scala di valutazione sulla sicurezza di ciascun veicolo.

La seguente tesi di laurea tratta della realizzazione e implementazione di un Quaderno di Bordo per l'esecuzione del Far Side Occupant Test, con successiva esecuzione di un test mediante l'applicazione del QDB e l'analisi del test stesso. Il test di urto Far Side è una prova di rating dell'EuroNCAP, che consente di valutare il rischio dell'occupante situato nella vettura in posizione opposta rispetto all'impatto. È prevista una prima fase di monitoraggio (gennaio 2018 - dicembre 2019), in seguito alla quale l'urto Far Side diventerà parte integrante del rating per tutti i veicoli lanciati dal 2020 in poi.

Il lavoro descriverà dapprima uno studio incidentologico sugli urti laterali per evidenziare il motivo per cui è necessario svolgere questo tipo di prova e poi verranno esposti i requisiti fondamentali richiesti dal protocollo e i valori limite che definiscono il superamento della prova.

In seguito, si tratterà della stesura e dello sviluppo del QDB, che rappresenta l'elenco di tutte le procedure da compiere prima, durante e dopo la prova, dall'allestimento meccanico alle verifiche post-prova. Infine, si passerà all'applicazione pratica del QDB: questo documento descriverà la realizzazione della prima prova di urto Far Side al Centro Sicurezza FIAT e la successiva analisi dei parametri biomeccanici dell'ATD (Anthropomorphic Test Device).

Per concludere, verranno espone le considerazioni finali sui possibili sviluppi e nuovi sistemi di ritenuta da implementare per il miglioramento della performance in urto Far Side.

1 Sicurezza passiva

La sicurezza stradale è uno dei temi maggiormente discussi nell'ultimo decennio con lo scopo di minimizzare il numero di vittime e feriti che si verificano a causa degli incidenti stradali. Il miglioramento della sicurezza dei veicoli è stato reso estremamente efficace sfruttando la richiesta dei consumatori per veicoli robusti e sicuri, ed è proprio la continua ricerca ed innovazione ad aver promosso l'introduzione di ulteriori sistemi di sicurezza, alcuni dei quali sono diventati obbligatori. È possibile distinguere tra sistemi di sicurezza preventiva, attiva e passiva.

La sicurezza preventiva cerca di evitare/prevenire un incidente in condizioni di guida normali. Rientrano in questa categoria tutti i sistemi che favoriscono il benessere, la concentrazione di guida, una buona visuale ed altri.

La sicurezza attiva sfrutta i sistemi all'avanguardia come l'ABS (Antilock Braking System), l'EBD (Electronic Brakeforce Distribution) e l'ESC (Electronic Stability Control) per ridurre la possibilità che si verifichi un incidente in condizioni di emergenza.

La sicurezza passiva ha l'obiettivo di ridurre il rischio e la severità delle lesioni. Per ottenere questo risultato è necessario lavorare sull'energia trasferita agli occupanti: la struttura dei veicoli è progettata in maniera tale da assorbire la maggior parte dell'energia cinetica dell'impatto, cercando di minimizzare la quota trasferita agli occupanti; i sistemi di ritenuta, invece, sono progettati in modo tale da garantire il minor danno possibile agli occupanti. I dispositivi di sicurezza passivi sono, ad esempio, le cinture di sicurezza, i poggiatesta, gli airbag e il sistema di ritenuta.

Vi sono diverse normative riguardo la sicurezza passiva dei veicoli: oltre alle norme omologative, necessarie per introdurre sul mercato un nuovo veicolo, vi sono altri test opzionali ideati dall'Euro NCAP, programma europeo di valutazione dei nuovi modelli di automobili, che consentono di assegnare una valutazione della sicurezza espressa in stelle per assistere i consumatori ad effettuare un confronto tra i veicoli.

1.1 Scale di severità di lesione

La ricostruzione biomeccanica di un incidente autostradale deve determinare le cause e le conseguenze di una lesione. I criteri di prestazione "Injury Criteria" consentono di misurare su un ATD (Anthropomorphic Test Device) un criterio di lesione per ottenere una risposta in termini di rischio.

La gravità delle lesioni è descritta mediante diverse tipologie di scale di severità: scale mediche, di tipo tendenzialmente anatomiche o tendenzialmente fisiologiche, e particolari criteri di severità.

[1]

Tra queste le uniche che possono essere utilizzate per definire i criteri di lesione e di prestazione per ogni segmento corporeo sono le scale anatomiche.

La scala di severità AIS (Abbreviated Injury Criteria) è la scala anatomica maggiormente utilizzata per identificare la gravità delle lesioni in ambito automobilistico. La prima versione è stata pubblicata nel 1969 negli USA e introdotta nel 1971, tuttavia nel corso degli anni sono stati introdotti importanti aggiornamenti fino al 2015.

Il punteggio assegnato ad una lesione, mediante la scala AIS, descrive tre aspetti della lesione mediante sette numeri:

- Genere;
- Posizione;
- Gravità.

Un esempio di punteggio assegnato con la scala AIS ad una lesione è il seguente:

1
2
3,4
5,6
7
9
1
23
45
6

Figura 1-1: Esempio di punteggio scala AIS.

In particolare, una lesione è identificata con sette cifre:

- 1 – Regione del corpo lesionata
- 2 – Tipo di struttura anatomica
- 3,4 – Organo
- 5,6 – Lesione specifica
- 7 – Severità del punteggio

La regione del corpo è identificata con un numero da 1 a 9, mentre la struttura anatomica è individuata con un numero da 1 a 6, come mostrato nella tabella sottostante:

CODICE AIS	REGIONE DEL CORPO	TIPO DI STRUTTURA ANATOMICA	ORGANO (ES: NEL CASO DEL TORACE)	LESIONE SPECIFICA
1	Capo	Intero distretto	Cuore	Lacerazione
2	Volto	Vasi	Bronchi	Frattura
3	Collo	Nervi	Diaframma	...
4	Torace	Organi interni	Esofago	
5	Addome	Strutture scheletriche	...	
6	Rachide	Perdita di coscienza		
7	Arto superiore			
8	Arto inferiore			
9	Altri traumi			

Tabella 1-1: Definizione cifre scala AIS.

La scala AIS è una scala da uno a sei: uno corrisponde a una lesione meno grave e sei a una lesione massima.

PUNTEGGIO AIS	SEVERITÀ DELLA LESIONE	ESEMPIO	AIS% MORTE
1	Minore	Lacerazione superficiale	0
2	Moderata	Sterno fratturato	1 – 2
3	Seria	Frattura aperta dell'omero	8 – 10
4	Severa	Trachea perforata	5 – 50
5	Critica	Lacerazione del fegato con perdita di tessuto	5 – 50
6	Massima	Distacco totale dell'aorta	100
9	Sconosciuta		

Tabella 1-2: Esempio severità della lesione con scala AIS.

I valori numerici della scala definiscono soltanto il livello di severità, non indicano la gravità relativa e non possono essere utilizzati per valutare lesioni multiple. In questo ultimo caso si può utilizzare il valore AIS massimo (definito come MAIS) registrato per una particolare regione del corpo e assumere tale valore come misura della severità complessiva delle lesioni.

Per le lesioni multiple, si utilizza maggiormente un'altra scala l'ISS (Injury Severity Score). Si tratta di un indice globale per il lesionato e si ricava a partire dall'AIS mediante la seguente formula [2]:

$$ISS = AIS^2_1 + AIS^2_2 + AIS^2_3$$

Come si evince dall'uguaglianza sopra riportata, l'ISS è dato dalla somma dei quadrati dei punteggi AIS più elevati nelle tre regioni corporee maggiormente lese. Differentemente dall'AIS, Injury Severity Score divide il corpo in 6 regioni corporee.

ISS	
1	Capo e collo
2	Volto
3	Torace + rachide
4	Addome + rachide
5	Arti + bacino
6	Altri traumi

Tabella 1-3: Scala ISS.

Dal confronto tra le due scale, si osserva che l'ISS unifica alcune regioni del corpo rispetto all'AIS.

Nella tabella sottostante si riporta il rischio di mortalità in funzione del valore di ISS.

ISS	RISCHIO DI MORTALITÀ
1 – 3	0.000
4 - 8	0.001
9 - 14	0.005
15 - 19	0.040
20 - 24	0.080
25 - 29	0.160
30 - 34	0.260
35 - 39	0.370
40 - 44	0.500
45 - 49	0.650
50 - 54	0.850
55 -	1.000

Tabella 1-4: Rischio di mortalità – Scala ISS.

1.2 Anthropomorphic Test Device (ATD)

Il Crash Test Dummy è uno strumento di prova calibrato che viene utilizzato per misurare il potenziale di lesioni umane in incidenti stradali. L'ATD simula il comportamento del corpo umano e mediante sensori e trasduttori che sono montati su di esso è in grado di fornire una risposta in termini di forze (di schiacciamento o di piegamento o di torsione del corpo), di accelerazione e di momenti generati durante un incidente. Per ogni tipologia di impatto si utilizza un ATD differente sia sotto il punto di vista meccanico/sensoristico che per quanto riguarda le dimensioni espresse in percentili. I manichini di distinguono in [3]:

- 5 percentile: simula una donna di bassa statura con altezza di 152 cm, peso di 50 kg, ed è così chiamato in quanto il 5% della popolazione occidentale sta al di sotto della sua taglia.
- 50 percentile: si riferisce ad un uomo medio con altezza di 175 cm e peso di 77 kg, in questo caso il 50% della popolazione occidentale sta al di sotto della sua taglia.
- 95 percentile: rappresenta un uomo di altezza 188 cm e con peso di 100 kg, il 95% della popolazione occidentale sta al di sotto della sua taglia.

I sensori principali utilizzati negli ATD sono:

- Accelerometri: si tratta di una resistenza che si modifica per effetto dell'accelerazione dovuta all'impatto. Il cambiamento di resistenza si traduce in una variazione di tensione; a ciascun valore di tensione corrisponde un valore di accelerazione. È fondamentale conoscere non solo il valore assoluto di accelerazione ma anche il tempo in cui essa è applicata.
- Celle di carico: sono applicate sulle ossa. Queste celle sono costituite da una o più resistenze che comprimendosi generano una tensione.

- Sensori di compressione del torace: servono a valutare la compressione del torace e la sua velocità in particolare dovuta alle cinture di sicurezza.

L'ATD maschio Hybrid III (HIII) nacque nel 1976 in seguito a modifiche e miglioramenti sull' Hybrid I (1971) e Hybrid II (1972) che apparivano ancora piuttosto rudimentali. Questo viene utilizzato in posizione di guida in tutti i crash test frontali, ed è affiancato da un Hybrid donna e due Hybrid bambino che simulano un bambino di 6 anni e uno di 3 anni.

Gli Hybrid III sono utilizzati per gli impatti frontali, e sono meno efficaci nel valutare gli impatti laterali o posteriori.

Dunque, per l'urto laterale si impiega una famiglia di manichini SID (Side Impact Dummy) che consente di valutare le lesioni provocate, principalmente alla testa, al collo e al torace, dall'impatto laterale che, diversamente da quello frontale, lascia l'occupante più scoperto.

L'EuroSID (ES) è il primo ATD per urti laterali che è stato sviluppato in Europa ed utilizzato per l'applicazione nel regolamento R95¹.

In seguito a questo ultimo, il WorldSID (WS) 50% maschio è stato sviluppato dalla WorldSID Task Group ed assemblato per la prima volta nel 2000.

Attualmente, l'Hybrid IV o, anche detto THOR (*Test device for Human Occupant Restraint*), è in fase di sviluppo come successore dell'Hybrid III [4]. Questo presenta una strumentazione notevolmente ampliata, sensori più sensibili ed in numero maggiore, rispetto all'Hybrid III, e dei miglioramenti in ambito biomeccanico. L'Euro NCAP sta considerando l'utilizzo di questo ATD per i futuri test di impatto frontale come parte del loro continuo impegno per migliorare la sicurezza stradale.

Cinematica Biofidelica	
<i>THOR-50M vs Hybrid III-50M</i>	
Collo	Migliore OC e rappresentazione muscoli
Torace, Spalla	Migliore interazione
Colonna vertebrale	Articolazioni flessibili
Bacino	Minore accoppiamento al movimento del femore
Femore	Riposta biofidelica al carico assiale

Tabella 1-5: confronto tra la cinematica del THOR-50M e dell'Hybrid III-50M.

Nella tabella seguente, si riportano le immagini dei manichini sopra descritti, tutti riferiti ad un 50 percentile maschio:

¹ ECE-R95: Normativa di omologazione per garantire la protezione degli occupanti in un impatto laterale.

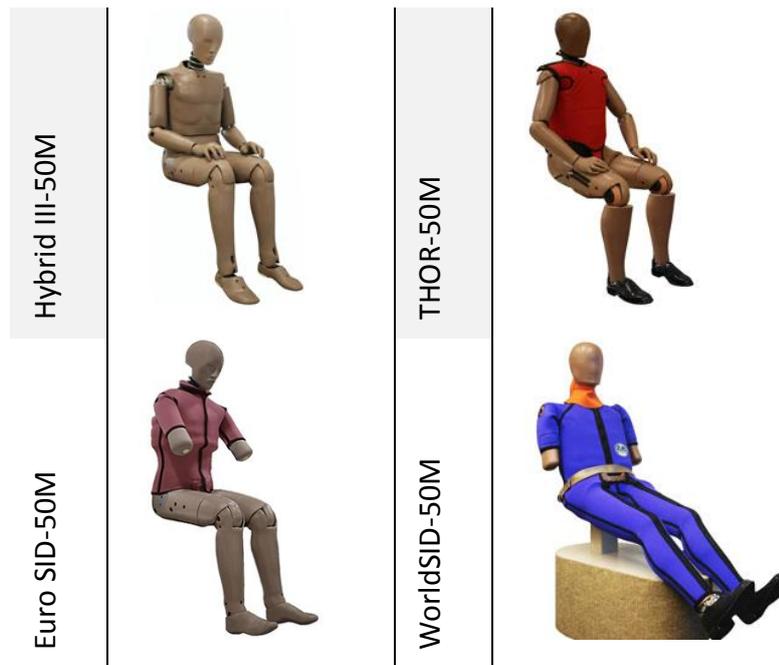


Figura 1-2: rappresentazione grafica degli ATD di impatto laterale.

1.2.1 Biofedeltà

Il Bio Rank System quantifica la capacità di un manichino di impattare contro un muro similmente a quanto fa un cadavere (Biofedeltà esterna) e l'abilità di un ATD di replicare le risposte di un cadavere che meglio prevedono le potenziali lesioni (Biofedeltà interna).

A partire da dicembre 2008 erano disponibili cinque manichini di impatto laterale: EuroSID-1, ES-2, SID H3, BIOSID e WorldSID. Nessuno di questi manichini, eccetto il WorldSID, mostrava un livello di biofedeltà "buono" riferendosi alla scala ISO di biofedeltà, mostrata in Tabella 1-6.

Eccellente	> 8,6 a 10
Buono	> 6,5 a 8,6
Discreto	> 4,4 a 6,5
Marginale	> 2,6 a 4,4
Inaccettabile	0 a 2,6

Tabella 1-6: Scala ISO di Biofedeltà.km

Solo il WorldSID era in grado di ottenere una classificazione complessiva di biofedeltà pari a 8,0 ("buona").

ISO ha definito la valutazione di biofedeltà per le 6 regioni del corpo del WorldSID:

$$Bi = \frac{\sum j \left(V_{i,j} (\sum W_{i,j,k} R_{i,j,k}) \right)}{\sum j V_{i,j}}$$

- B_i : è la valutazione della biofedeltà della regione del corpo;

- $V_{i,j}$: è il fattore di ponderazione per ogni condizione di prova (j) per una data regione del corpo (i);
- $W_{i,j}$: è il fattore di ponderazione per ciascuna risposta per la quale è fornito un requisito;
- $R_{i,j,k}$: è la valutazione di quanto una determinata risposta soddisfa i suoi requisiti. ($R_{i,j,k}=10$ se la risposta soddisfa il requisito; $R_{ij}=5$ se la risposta rientra nei limiti del requisito; $R_{i,j,k}=0$ se nessun requisito è soddisfatto).
- i: rappresenta la regione del corpo;
- j: rappresenta la condizione di prova per una data regione del corpo i;
- k: rappresenta la risposta per una data condizione di test j per una data regione del corpo i.

Come mostrato in tabella, il WorldSID ha ottenuto la migliore valutazione complessiva e anche le migliori valutazioni per la testa, il torace e l'addome.

	Testa	Collo	Spalla	Torace	Addome	Bacino	Complessivo
WorldSID	10,0	5,3	10,0	8,2	9,3	5,1	8,0
BioSID	6,7	6,7	7,3	6,3	3,8	4,0	5,7
ES-2	5,0	4,4	5,3	5,2	2,6	5,3	4,6
EuroSID-	15,0	7,8	7,3	5,4	0,9	1,5	4,4
USDOT-SID	0,0	2,5	0,0	3,1	4,4	2,5	2,3

Tabella 1-7: Valutazione di Biofedeltà dei manichini di impatto laterale.

1.2.2 Curve di rischio

Una curva di rischio corrisponde a una modellizzazione statistica di dati biomeccanici per prevedere il rischio di infortunio.

Le curve di rischio mettono in relazione i parametri quantificabili con le scale AIS di severità dell'infortunio per valutare la protezione degli occupanti nei test di impatto.

Sono costruite correlando le misure in scala dell'ATD con le lesioni da parte dei PMHS (post-mortem-human-subjects) nelle stesse condizioni di test.

Le curve di rischio di lesioni sono costruite per il livello di lesioni AIS ≥ 3 , ad eccezione della spalla le cui curve sono realizzate con un livello di lesione AIS ≥ 2 . Inoltre, per il torace, l'addome e il bacino sono state costruite ulteriori curve relative ad un AIS ≥ 2 o AIS ≥ 4 perché i dati sulle lesioni del PMHS erano meglio bilanciati a questi livelli di lesione. Si riportano nella tabella sottostante i parametri utilizzati ed il livello AIS per la costruzione delle curve di rischio.

Regione del corpo	Parametri	AIS
Testa	HIC	AIS ≥ 3
Spalla	Forza massima della spalla Y	AIS ≥ 2
Torace	Deflessione massima delle costole addominali e toraciche; VC massimo delle costole addominali e toraciche;	AIS ≥ 3 e AIS ≥ 4
Addome	Deflessione massima delle costole addominali; VC massimo delle costole addominali; Accelerazione della parte inferiore della colonna vertebrale di 3 ms;	AIS ≥ 2 e AIS ≥ 3
Bacino	Forza massima bacino Y; Accelerazione bacino di 3 ms;	AIS ≥ 2 e AIS ≥ 3

Tabella 1-8: parametri e livello AIS per la costruzione delle curve di rischio.

I manichini rappresentano soggetti maschi adulti di taglia media mentre i PMHS non corrispondono generalmente a questa categoria per cui è necessario tenere conto di questa differenza di antropometria. Ciò avviene andando ad eseguire un ridimensionamento della risposta di un PMHS xxth percentile: calcolo della velocità di impatto necessaria ad indurre le stesse lesioni sia sul PMHS 50th percentile che sul PMHS xxth percentile.

Un ulteriore adeguamento da fare riguarda l'età: i manichini sono costruiti per simulare un maschio di 45 anni, per cui, per ciascun soggetto di PMHS, è stata eseguita una regressione lineare per determinare il livello AIS in funzione dell'età e dei dati in scala del manichino. Per un generico $PMHS_x$:

$$AIS_x = a \cdot scaled_dummy_data_x + b \cdot PMHS_age_x + c$$

- AIS_x : è il valore di AIS per un campione x;
- $PMHS_age_x$: è l'età del PMHS;
- $scaled_dummy_data_x$: dati dell'ATD in scala corrispondenti a un $PMHS_x$;
- a, b, c : coefficienti di regressione lineare.

La relazione tra un PMHS di età ignota (x) e uno di età pari a 45 anni:

$$a \cdot scaled_dummy_data_x + b \cdot PMHS_age_x + c = a \cdot scaled_dummy_data_{45} + b \cdot 45 + c$$

$$\rightarrow scaled_dummy_data_{45} = scaled_dummy_data_x + \frac{b}{a} \cdot (PMHS_age_x - 45)$$

Le curve di rischio di lesione sono state costruite per un maschio adulto di 45 anni e correlate alle lesioni di un PMHS mediante $scaled_dummy_data_{45}$. [5]

Le regioni del corpo maggiormente esposte al rischio durante le prove Far Side, come si vedrà nei capitoli seguenti, sono la testa, il torace e l'addome. A tal proposito verranno descritti unicamente i test eseguiti su tali regioni del corpo del PMHS.

- Testa

La società Calspan ha condotto una serie di test di impatto sulle teste del PMHS, come illustrato nella Figura 1-3.

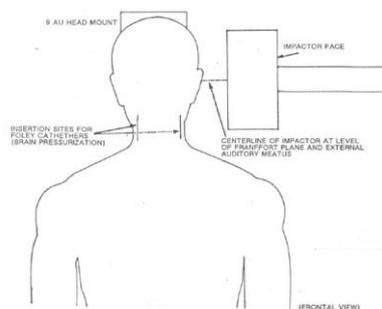


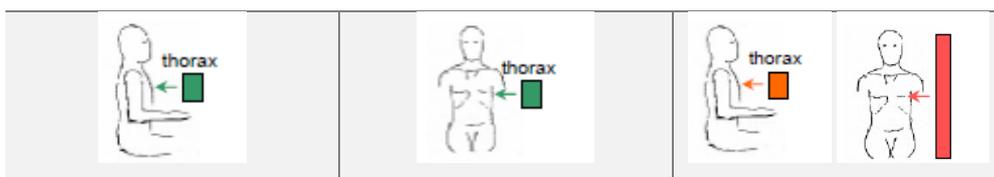
Figura 1-3: test di impatto sulla testa del PMHS.

Ogni PMHS è seduto in una postura eretta con la posizione della testa mantenuta da un sottogola che si spezza all'impatto. Le masse dell'impiantatore sono 23,4 kg, 24,4 kg o 25,3 kg. La faccia del dispositivo di simulazione è rettangolare (203 mm da 254 mm o 171.5 mm per 203 mm) o circolare (diametro 152 mm). Nessun risultato dei test sul WorldSID è disponibile per la costruzione delle curve di rischio per la testa.

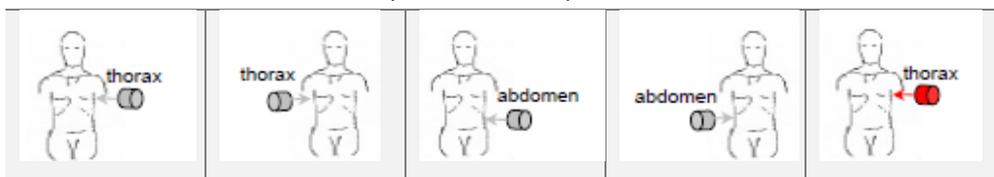
- Torace

Si riportano le prove eseguite per il torace nella tabella seguente:

1° TEST: 3 test eseguiti sullo stesso PMHS: i primi due sono test con impiantatore a bassa velocità e il terzo test è un test di Slitta o con impiantatore ad alta velocità.



2° TEST: 2-4 test eseguiti sullo stesso PMHS: da 3.6 a 10.2 m/s. 1 test eseguito su un dato PMHS ad alta velocità (da 6 a 8.7 m/s).



3° TEST: 5 test eseguiti sullo stesso PMHS: i primi tre a bassa velocità (1.5 m/s) e gli altri due a velocità maggiore.

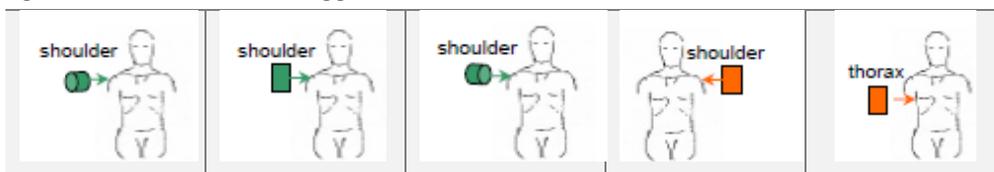


Tabella 1-9: test di impatto sul torace del PMHS.

- Addome

I test condotti su PMHS per ottenere le curve di rischio per l'addome sono test con impattatore con rigidità variabile. Ogni PMHS era sospeso in posizione eretta, con le braccia posizionate sopra la spalla e le mani sopra la testa, come mostrato in Figura 1-4:

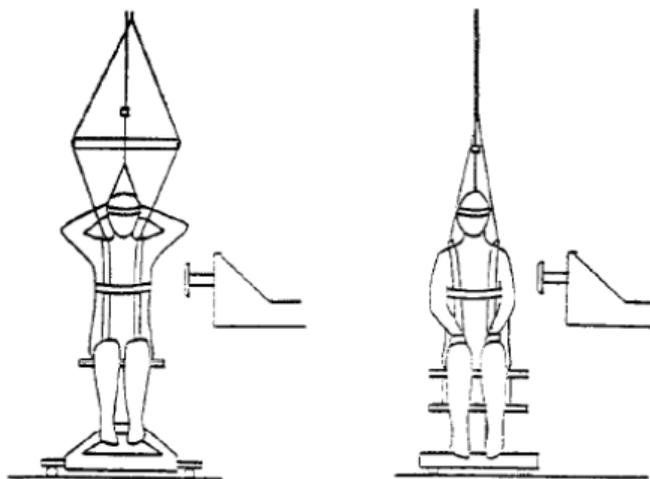


Figura 1-4: test di impatto sull'addome del PMHS.

I test condotti sono riassunti nella seguente tabella:

TEST	IMPATTATORE	ANGOLO DI IMPATTO	VELOCITÀ DI IMPATTO
1	Rigido	30° gradi in avanti	9.8
2	Arcel 310 (1.5 lb/f3)	Laterale	6.3
3	Arcel 310 (1.5 lb/f3)	Laterale	9.7
4	Arcel 310 (3 lb/f3)	Laterale	9
5	ETHAFOAM LC-200	Laterale	6
6	ETHAFOAM LC-200	Laterale	11

Tabella 1-10: elenco dei test di impatto su addome.

Si riportano di seguito le curve di rischio del WorldSID 50th relative a:

- Forza su spalla con AIS ≥ 2 ;
- Deflessione delle costole toraciche-addominali con un AIS ≥ 3 ;
- Deflessione delle costole addominali con un AIS ≥ 2 ;
- Forza su bacino con AIS ≥ 3 .

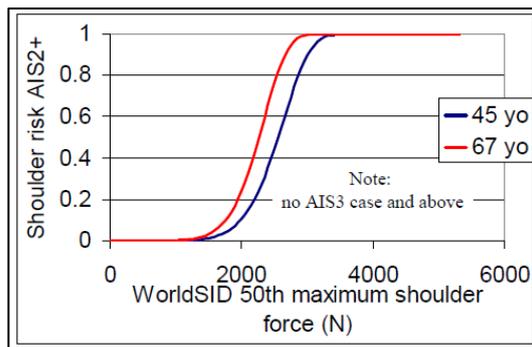


Figura 1-5: curva di rischio della forza massima su spalla per WS 50th%.

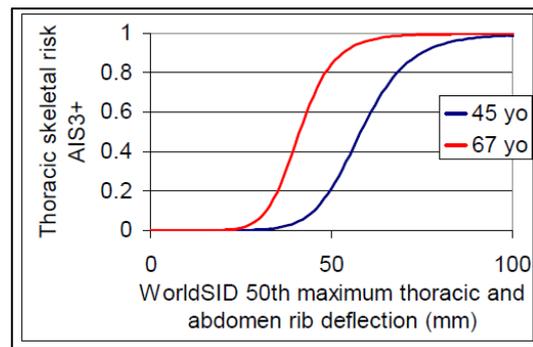


Figura 1-6: curva di rischio della deflessione delle costole toraciche-addominali per WS 50th%.

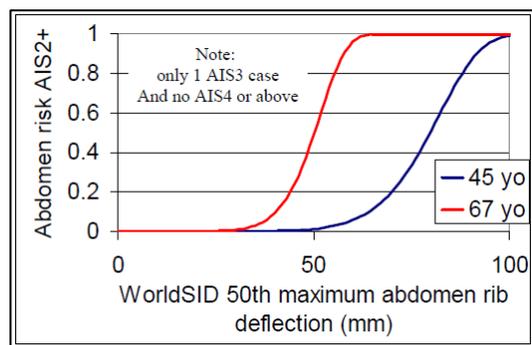


Figura 1-7: curva di rischio della deflessione delle costole addominali per WS 50th%.

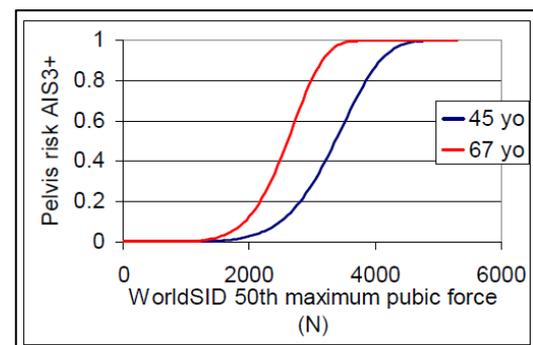


Figura 1-8: curva di rischio della forza su bacino per WS 50th%.

Ad esempio, con riferimento alla Figura 1-5, per un valore di forza massima su spalla pari a 2000 N, nel caso di WorldSID 50th percentile, il 10% della popolazione con età pari a 45 anni presenta un valore di $AIS \geq 2$ (frattura della spalla senza compromettere la respirazione).

In conclusione, le curve di rischio servono per testare l'ATD e per stabilire i valori limite dei parametri biomeccanici di una specifica prova di crash test.

1.3 Omologazioni

L'omologazione di un veicolo è necessaria per garantire il rispetto di specifiche norme obbligatorie stabilite da direttive e regolamenti, in maniera tale da soddisfare i requisiti minimi di legge per la commercializzazione del veicolo.

Esistono diverse normative di omologazione che si differenziano in base al Paese in cui l'autoveicolo deve essere immesso in commercio. L'elenco dei regolamenti è il seguente:

- Internazionale
 - ✓ ECE (United Nations Economic Commission for Europe);
 - ✓ EU (EG-Directive).
- Nazionale
 - ✓ Stati Uniti (FMVSS) amministrati dalla US Highway Traffic Safety Administration (NHTSA);
 - ✓ Canada (CMVSS);
 - ✓ China (Guobiao standards);

- ✓ South Korea (KMVSS);
- ✓ Australia (ADR, Australian Design Rules);
- ✓ Japan (Test Requirements and Instructions for Automobile Standards);
- ✓ India (AIS, Automotive Industry Standards, IS Indian Standards).
- Provinciale
 - ✓ California State, United States (CARB, California_Air_Resources_Board).

È possibile suddividere le norme omologative in tre grandi macroaree:

- Sicurezza;
- Consumi;
- Emissioni.

In particolare, nel seguente lavoro di tesi verranno trattati i regolamenti relativi alla sicurezza.

L'iniziativa di creare dei regolamenti armonizzati è stata sviluppata nel 1952, anno in cui è nato il WP.29, un gruppo di esperti sui requisiti tecnici dei veicoli. A partire da quell'anno sono stati stipulati diversi accordi atti ad armonizzare le normative sui veicoli.

- Nel 1958 (**UN Regulations**): *"Accordo relativo all'adozione di prescrizioni uniformi monopolistiche per tutti i veicoli, equipaggi e parti che possono essere montati e / o utilizzati su veicoli a motore e le condizioni per il riconoscimento reciproco delle approvazioni concesse sulla base di queste prescrizioni"*. A questo accordo non presero parte gli Stati Uniti, conservando i propri standard sulla sicurezza dei veicoli a motore (FMVSS) e non riconoscendo le omologazioni europee ECE [6].
- Nel 1997 sono state definite le **UN Rules** che riguardano le ispezioni tecniche periodiche dei veicoli in uso.
- Nel 1998, è stato stabilito un nuovo accordo, con l'aderenza degli USA e del Giappone, con gli obiettivi di migliorare la sicurezza globale, di ridurre l'inquinamento ambientale e il consumo energetico e di migliorare le prestazioni di antifurto del veicolo (**UN GTRs**).

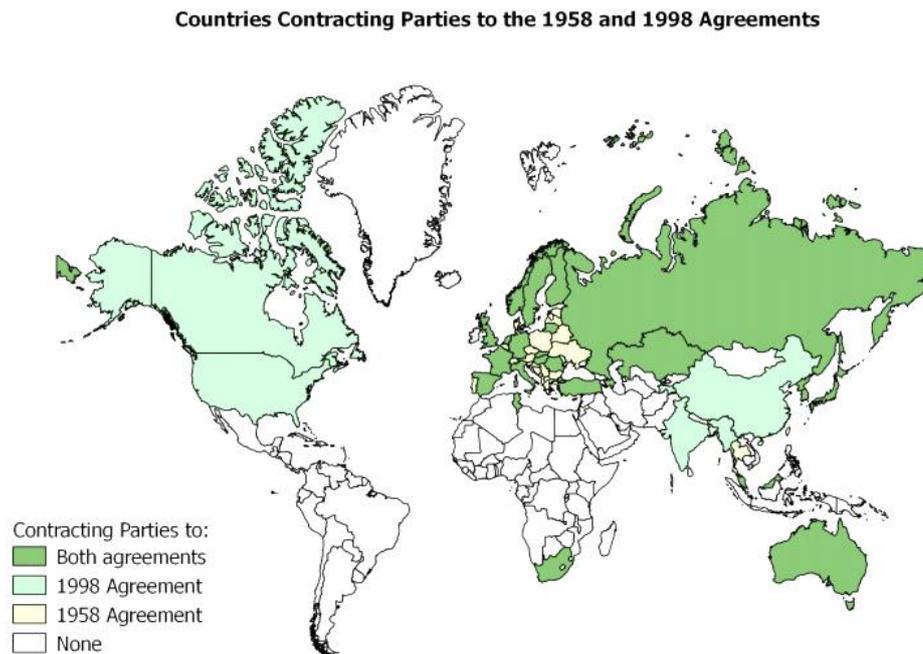


Figura 1-9: paesi contraenti degli accordi del 1958 e 1998 [7].

- Nel 2000, il WP.29 è diventato il Forum mondiale per l'armonizzazione dei regolamenti sui veicoli che è un gruppo di lavoro della Commissione economica per l'Europa delle Nazioni Unite (UNECE) [8].

Le norme omologative si differenziano in base al tipo di urto. In particolare, nei paragrafi seguenti verranno trattate quelle riguardanti gli urti frontali (ECE-R94) e gli urti laterali (ECE-R95).

1.3.1 ECE-R94

L'ECE 94 è la normativa riguardo le disposizioni uniformi relative all'omologazione dei veicoli per quanto riguarda la protezione degli occupanti in caso di collisione frontale. Questo regolamento si applica ai veicoli di categoria M1² con massa totale autorizzata non superiore a 2,5 tonnellate; altri veicoli possono essere approvati su richiesta del costruttore. Gli elementi e le caratteristiche della procedura di prova sono descritti di seguito [9]:

- Barriera: la barriera ha una faccia anteriore deformabile ed è perpendicolare entro $\pm 1^\circ$ rispetto alla direzione di marcia del veicolo di prova. È fissata ad una massa di non meno di $7 \cdot 10^4$ kg. Il veicolo deve sovrapporsi alla faccia della barriera del $40\% \pm 20$ mm. La massa del veicolo presentato deve essere la massa a vuoto.
- Regolazioni dell'abitacolo: il volante deve essere posto in una posizione definita dal produttore o, in assenza di raccomandazioni, deve essere posto a metà tra i limiti del suo range di regolazione; i vetri mobili devono essere chiusi; la leva del cambio deve essere in posizione neutra; i pedali devono essere posti nella normale posizione di riposo; le porte devono essere chiuse ma non bloccate; tetti apribili devono essere chiusi; i parasole

² M1: veicoli destinati al trasporto di persone, aventi al massimo otto posti a sedere oltre al sedile del conducente.

devono essere nella posizione di riposo; lo specchietto retrovisore interno deve essere nella normale posizione d'uso; i braccioli anteriori e posteriori devono essere abbassati.

- Sedili: i sedili regolabili longitudinalmente devono essere sistemati in modo che il loro punto H³ sia nella posizione centrale di marcia; gli schienali se regolabili devono essere impostati in modo che l'inclinazione del tronco sia più vicino possibile a quella raccomandata dal fabbricante o, in assenza di raccomandazioni, a 25° verso la parte posteriore della verticale.
- Anthropomorphic Test Dummy: deve essere installato un ATD corrispondente alle specifiche per l'ATD Hybrid III cinquantesimo percentile maschio con caviglia a 45° in ciascuno dei sedili anteriori laterali.
- Velocità: la velocità al momento dell'impatto deve essere di 56 0/+1 km/h.

Nell'ECE 94 vengono descritti anche alcuni parametri biomeccanici utili per valutare i criteri di prestazione:

- L'HPC (Head Performance Criterion) è calcolato, quando avviene il contatto della testa, per la durata totale tra l'istante di contatto iniziale e l'istante di contatto finale. È soddisfatto quando durante il test non vi è alcun contatto tra la testa e qualsiasi componente del veicolo. Se dovesse verificarsi un contatto, allora l'HPC viene calcolato nel modo seguente:

$$HPC = (t_1 - t_2) \left[\frac{1}{t_1 - t_2} \int_{t_1}^{t_2} a dt \right]^{2.5}$$

-a: accelerazione risultante rispetto al COG (center of gravity) della testa espressa in unità di accelerazione di gravità.

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$

I valori misurati per l'accelerazione della testa (a_x , a_y , a_z) sono filtrati con un CFC (Channel Frequency Class) di 1000.

- t_1 - t_2 : intervallo di tempo tra l'inizio del contatto con la testa e la fine della registrazione per cui il valore di HPC è massimo.

Si riportano nella tabella seguente i valori di soglia:

HPC	≤ 1000
a	≤ 1000g per 3 ms

Si osservi che nei capitoli seguenti ci si riferirà all'HPC come HIC (Head Injury Criterion) in accordo con la terminologia utilizzata dall'Euro NCAP, in quanto ci soffermeremo principalmente sulle prove di rating di questo ultimo.

³ Punto H: è la posizione teorica e relativa dell'anca di un occupante, ovvero il punto di articolazione tra il busto e le parte superiore del corpo.

- I criteri di lesione per il collo (NIC) sono determinati dal calcolo della forza assiale a compressione $F_{z(-)}$, della forza assiale a trazione $F_{z(+)}$ e delle forze di taglio longitudinali $F_{x(+)}$ sull'interfaccia testa/collo. I valori misurati di forza assiale e forza di taglio sono filtrate con un CFC di 1000.

I valori limite in questo caso sono determinati dai grafici sottostanti:

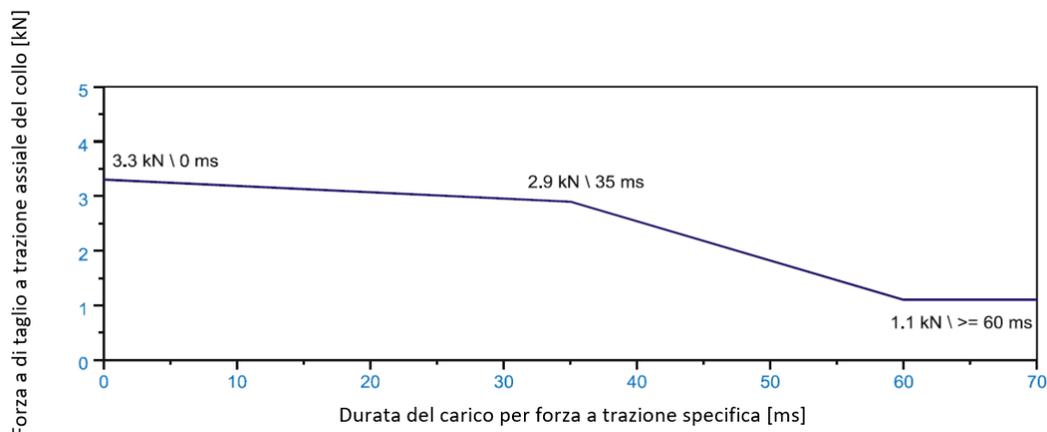


Figura 1-10: valori limite criteri di lesione del collo (NIC).

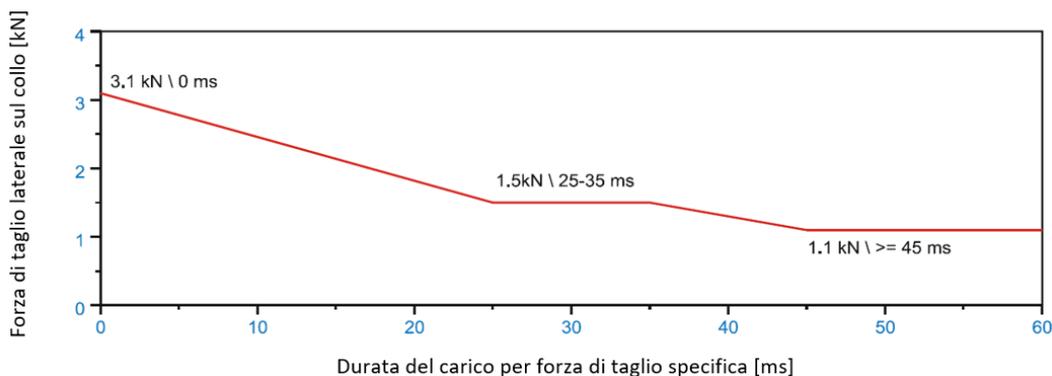


Figura 1-11: valori limite criteri di lesione del collo (NIC).

- Il criterio di compressione del torace (THCC) è indicato dal valore assoluto di compressione del torace tra lo sterno e la colonna vertebrale ed è filtrato con un CFC di 180.

$$THCC \leq 42 \text{ mm}$$

- Il criterio viscoso (VC) è determinato dal prodotto istantaneo della compressione del torace e della velocità di deflessione della costola (ottenuta come differenziazione della compressione) entrambi misurati con un CFC di 180.

$$VC = \max(V(t) \cdot C(t))$$

- $V(t)$: Deflessione di velocità calcolata;

- $C(t)$: compressione calcolata;

$$C(t) = \left(\frac{D}{0.14}\right) \text{ e } V(t) = \left(\frac{dD}{dt}\right)$$

$$VC = \max\left(\frac{D}{0.14} \frac{dD}{dt}\right)$$

$$VC \mid \leq 1,0 \text{ m/s}$$

- Il criterio forza del femore (FFC) è determinato dal carico di compressione trasmesso assialmente su ogni femore dell'ATD misurato con un CFC di 180.

Tale parametro non deve eccedere il criterio di forza-tempo mostrato di seguito:

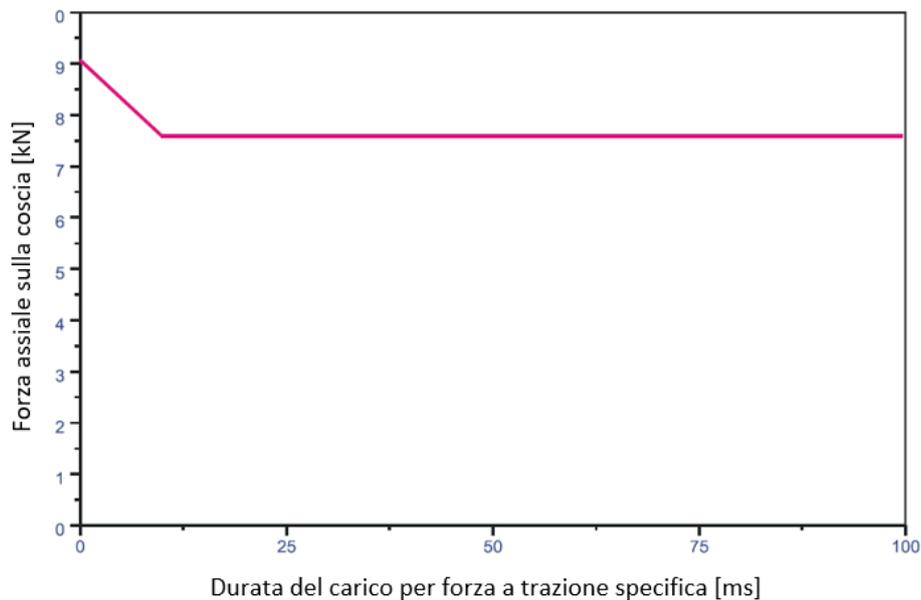


Figura 1-12: valori limite criteri di lesione del femore (FFC).

- Il criterio di compressione della tibia (TCFC) è determinato dal carico di compressione trasmesso assialmente su ciascuna tibia del manichino.

$$TCFC \mid \leq 8 \text{ kN}$$

- L'indice della tibia (TI) è determinato dai momenti flettenti (M_X e M_Y) misurati con un CFC di 600. Questo valore si misura nel seguente modo:

$$TI = |M_R / (M_C)_R| + |F_Z / (F_C)_Z|$$

– M_X : momento flettente attorno all'asse x;

– M_Y : momento flettente attorno all'asse y;

$$-M_R = \sqrt{(M_X)^2 + (M_Y)^2}$$

– $(M_C)_R$: momento flettente critico. Deve essere pari a 225 Nm;

– F_Z : forza assiale di compressione in direzione z;

– $(F_C)_Z$: forza di compressione critica in direzione z. Deve essere pari a 35.9 kN.

Valore di soglia:

$$TI \mid \leq 1,3$$

Negli altri allegati della norma è mostrata la procedura di disposizione dei manichini, la determinazione del punto H e la strumentazione utilizzata per le prove di misura.

1.3.2 ECE-R95

La norma ECE 95 si riferisce al regolamento omologativo dei veicoli per garantire la protezione degli occupanti in un impatto laterale. Tale regolamento è rivolto ai veicoli M1 e N1⁴ in cui il punto R⁵ del sedile più basso non dista più di 700 mm dal livello del suolo e con una massa di riferimento o, massa a vuoto del veicolo, aumentata di 100 kg (ossia la massa dell'ATD e della strumentazione) [10]:

Gli elementi e le caratteristiche della procedura di prova sono descritti di seguito:

- Barriera: la massa totale della barriera deve essere di 950 ± 20 kg e questa include sia un dispositivo d'urto sia un carrello. Il piano verticale longitudinale mediale della barriera deve essere perpendicolare al piano verticale longitudinale mediale del veicolo.
- Manichino: 50th percentile maschio adulto, privo di avambraccio (EuroSID II).
- Temperatura: la temperatura dell'ATD al momento dell'impatto laterale deve essere di 22 ± 4 °C.
- Velocità: la velocità della barriera mobile al momento dell'impatto deve essere di 50 ± 1 km/h.

I parametri biomeccanici che vengono specificati nella normativa sono i seguenti:

- HPC

$$\text{HPC} \leq 1000$$

- Deflessione del torace (RDC): è pari al valore massimo di deflessione su ogni costola determinato dai trasduttori di spostamento del torace, filtrato alla frequenza di canale di 180 Hz.

$$\text{RDC} \leq 42 \text{ mm}$$

- Criterio viscoso (VC)

$$\text{VC} \leq 1,0 \text{ m/s}$$

- Criterio di protezione dell'addome (APF): il picco della forza addominale è il valore massimo della somma delle tre forze (x, y, z) misurate dai trasduttori montati 39 mm sotto la superficie del lato incidente.

$$\text{APF} \leq 2,5 \text{ kN}$$

- Criterio di prestazione del bacino (PSPF): la forza di picco della sinfisi pubica è la forza massima misurata da una cella di carico sulla sinfisi pubica del bacino.

$$\text{PSPF} \leq 6 \text{ kN}$$

Negli altri allegati della norma sono presenti descrizioni tecniche sull'ATD e sulla barriera utilizzata.

⁴ Veicoli N1: veicoli destinati al trasporto di merci, aventi massa massima non superiore a 3,5 t.

⁵ Punto R: punto di riferimento del sedile si intende un punto di progetto definito dal costruttore del veicolo per ciascuna posizione di seduta e stabilito rispetto al sistema di riferimento tridimensionale.

2 Euro NCAP

Per garantire la sicurezza degli autoveicoli oltre alle prove omologative obbligatorie, descritte nel previo capitolo, vi sono ulteriori test di rating differenti in base al mercato a cui si fa riferimento, che consentono di effettuare una valutazione più severa della sicurezza degli autoveicoli, con lo scopo di minimizzare gli incidenti stradali e di conseguenza il numero di decessi. In questo capitolo si fa riferimento agli standard definiti dall'ente Euro NCAP per il mercato Europeo.

2.1 Prove di rating dell'Euro NCAP

Il programma europeo di valutazione delle nuove auto (Euro NCAP), fondato nel 1997 e sostenuto dall'Unione Europea, ha l'obiettivo di definire la modalità di valutazione della sicurezza passiva dei veicoli omologati mediante l'introduzione di specifici protocolli di prova.



Figura 2-1: Enti di valutazione delle auto sostenuti nei vari Paesi [11].

Il protocollo di valutazione originale dell'Euro NCAP è stato sviluppato dal TRL e dal Vehicle Safety Consultants Ltd; successive versioni del protocollo sono state redatte dall'Euro NCAP Secretariat introducendo dei cambiamenti che hanno portato allo schema di valutazione complessivo.

Sono stati rilasciati dei documenti specifici per le quattro aree di valutazione [12]:

- Assessment protocol – Adult Occupant Protection (AOP);
- Assessment protocol – Child Occupant Protection (COP);
- Assessment protocol – Pedestrian Occupant Protection (PP);
- Assessment protocol – Safety Assist (SA).

I protocolli e i criteri di valutazione forniti dall'Euro NCAP devono riflettere lo stato dell'arte e quindi sono in una continua fase di sviluppo. Nella valutazione possono essere inclusi nuovi test e, se necessario, quelli più vecchi possono essere aggiornati.

Per quanto riguarda la sicurezza degli adulti il punteggio si ottiene dai seguenti test [13]:

- Test frontale disassato;
- Test frontale su tutta la larghezza;
- Urto laterale contro barriera deformabile;
- Urto laterale contro palo;
- Colpo di frusta;
- AEB urbano.

Il primo tipo di prova, introdotta nel 1997 ed aggiornata nel 2015, riguarda l'urto frontale che rappresenta l'urto più frequente e, quindi, la causa di un numero di decessi elevati. In questo tipo di prova si simula la collisione tra due autovetture dello stesso peso che hanno una velocità di 50 km/h. Per ottenere un urto di pari severità di quello tra due veicoli a 50 km/h si sfrutta il principio dell'energia equivalente (i cui dettagli esulano dallo scopo di questo lavoro), lanciando la vettura a 64 km/h contro una barriera deformabile.



Figura 2-2: test frontale disassato [13].

Velocità vettura	64 km/h	
Barriera	Deformabile, disassata del 40%	
Manichini	Uomo (HYBRID III 50%ile) (2)	Bambino (Q6 and Q10) (2)
	Sedili anteriori	Sedile posteriore

Tabella 2-1: parametri test frontale disassato [13].

Il secondo tipo di prova, introdotto nel 2015, riguarda ancora l'urto frontale, ma diversamente dal primo serve a simulare una vettura più rigida. In questo urto si valuta l'efficacia del sistema di ritenuta nella protezione degli occupanti di piccola taglia (ad es. donne 5%ile).



Figura 2-3: test frontale su tutta la larghezza [13].

Velocità vettura	50 km/h	
Barriera	Rigida	
Manichini	Donna (HYBRID III 5%ile) (2)	
	Sedile conducente	Sedile posteriore

Tabella 2-2: parametri test frontale su tutta la larghezza [13].

Gli impatti laterali seguono quelli frontali tra le cause di decessi e lesioni gravi. Questo test è stato introdotto nel 1997 ed aggiornato nel 2015, e serve a valutare le lesioni dal bacino e alla testa che si verificano a causa del minor spazio utile ad assorbire energia all'interno della vettura. Dal 2020 l'urto diventerà ancora più severo poiché aumenteranno velocità e massa della barriera.



Figura 2-4: urto laterale contro barriera deformabile [13].

Velocità barriera	50 km/h	
Barriera	Mobile, deformabile	
Manichini	Uomo (WorldSID 50%ile) (1)	Bambino (Q6 and Q10) (2)
	Sedile conducente	Sedile posteriore

Tabella 2-3: parametri urto laterale contro barriera deformabile [13].

Il test del palo fa parte dei test laterali ed è stato introdotto nel 2001 ed aggiornato nel 2015. Si simula l'urto contro un palo o un albero e si valuta la protezione dalla testa al bacino del conducente.



Figura 2-5: urto laterale contro palo [13].

Velocità vettura	32 km/h
Palo	Fisso, rigido
Manichini	Uomo (WorldSID 50%ile) (1)
	Sedile conducente

Tabella 2-4: parametri urto laterale contro palo [13].

La quinta prova è il colpo di frusta, introdotta nel 2009, risulta essere piuttosto comune e causa una distorsione della colonna vertebrale. Lo scopo di tale test è la valutazione della progettazione dei poggiatesta e dei sedili.

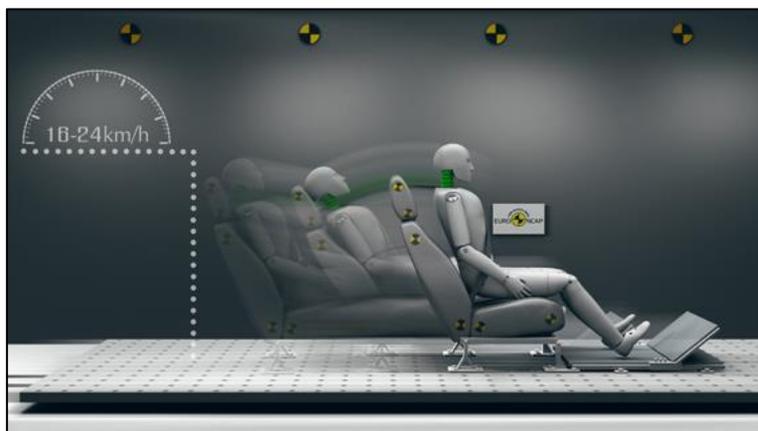


Figura 2-6: colpo di frusta [13].

Velocità Slitta	16-24 km/h
Manichini	Uomo (BioRID) (1)
	Sedile conducente

Tabella 2-5: parametri colpo di frusta [13].

Il trauma da colpo di frusta è spesso dovuto a collisioni a bassa velocità, per cui nel 2014 è stato introdotto un test AEB urbano in cui i sistemi AEB (frenata autonoma di emergenza) decelerano il veicolo posteriore quando il veicolo che lo precede è in frenata.

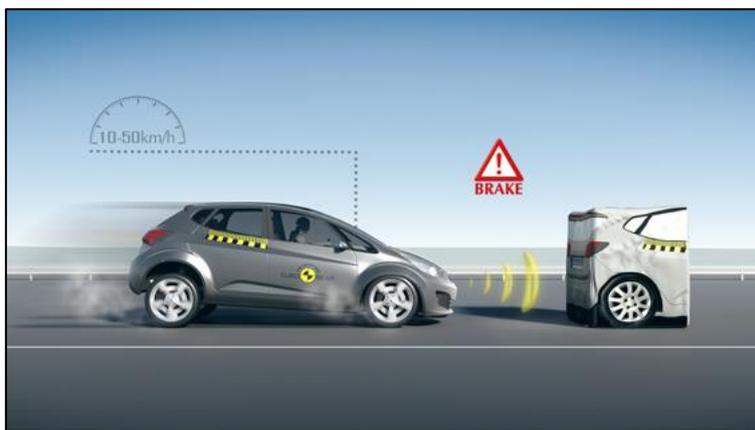


Figura 2-7: AEB urbano [13].

Velocità vettura posteriore	10-50 km/h
Velocità vettura anteriore	0 km/h

Tabella 2-6: parametri AEB urbano [13].

2.2 Evoluzione Euro NCAP

Dal 1997 ad oggi, l'Euro NCAP ha investito 160 milioni di euro per testare 1800 veicoli contribuendo a salvare 78.000 vite umane. Rispetto ai test iniziali sono stati fatti numerosi miglioramenti per la sicurezza, ad esempio cambiando il design dei veicoli, aggiungendo airbag, includendo allarmi acustici per l'allacciamento delle cinture, finalizzati a ridurre il numero di incidenti [14].

Grazie all'azione dell'Euro NCAP nel campo automobilistico, la domanda di sicurezza da parte degli utenti è aumentata e di conseguenza l'insistente competizione tra i costruttori sta portando ad un continuo miglioramento per la sicurezza delle vetture.

A tal proposito, le modifiche imposte dall'EuroNCAP sono in continua evoluzione aumentando i requisiti minimi per il raggiungimento delle cinque stelle.

In particolare, gli aggiornamenti dei protocolli esistenti e la pubblicazione di nuovi, avviene in seguito al lavoro svolto dal Rating Group dell'EuroNCAP un'assemblea temporanea delle principali parti interessate rappresentate nel Consiglio di amministrazione dell'Euro NCAP.

Riferendosi all'ultimo decennio, tale gruppo è convenuto in molte occasioni tra settembre 2011 e gennaio 2012, con lo scopo di rivedere lo schema di rating dell'Euro NCAP ed implementare nuove modifiche preannunciate nella Roadmap, e più recentemente nell'estate del 2014 per definire lo schema di valutazione dettagliato per il periodo fino al 2020.

Lo scopo è di dimezzare il numero di morti su strada entro il 2020, mettendo la sicurezza al di sopra di tutti gli altri requisiti dell'auto. Questo obiettivo sarà raggiunto adottando diversi strumenti e introducendo nuove attrezzature a bordo dell'infrastruttura [15].

Si riporta il piano di rating per gli anni 2018 e 2020. Negli anni intermedi non sono previsti aggiornamenti importanti [16]:

Anno 2018	
Adult Occupant Protection	<ul style="list-style-type: none"> • Prove di Far Side protection; • Revisione della procedura di valutazione del colpo di frusta; • Nuovi scenari di prove AEB in città.
Pedestrian Protection	<ul style="list-style-type: none"> • Estensione della valutazione dei sistemi AEB per utenti di strada vulnerabili con scenari di ciclistici (AEB VRU-Cy) e aggiornamento di prove su pedoni con scenario longitudinale.
Safety Assist	<ul style="list-style-type: none"> • Aggiornamento della valutazione SBR; • Nuovi test per l'AEB Interurbano per migliorare la robustezza del sistema; • Implementazione di un test LSS comprendente sistemi di rilevamento del bordo stradale.
Anno 2020	
Adult Occupant Protection	<ul style="list-style-type: none"> • Sostituzione del test ODB con un test barriera mobile disassata specificando un ATD frontale avanzato.
Safety Assist	<ul style="list-style-type: none"> • Valutazione dell'adozione della tecnologia che può aiutare negli incroci (attraversamento e curve) negli impatti frontali.

Tabella 2-7: Piano di rating per gli anni 2018 e 2020.

2.2.1 Rating 2020

L'obiettivo di ridurre il numero di vittime della strada è ancora al primo posto per l'Europa, per cui l'aspettativa dell'Euro NCAP è di continuare a promuovere sistemi critici per evitare gli incidenti stradali. Nella Road 2020, le priorità di Euro NCAP per il futuro sono state suddivise in quattro campi come segue [16]:

- Protezione degli occupanti negli impatti frontali e laterali: in caso di scontri frontali, si cercherà di ottenere un'interazione migliore tra i veicoli coinvolti in un incidente, mentre gli infortuni subiti in incidenti laterali, principalmente alla testa e al torace, possono essere limitati dall'introduzione di sistemi di ritenuta avanzati.
- Frenata autonoma: le attuali specifiche di Euro NCAP per i sistemi AEB sono focalizzati su scenari di incidenti stradali a basse velocità e di tipo urbano. I sistemi AEB di prossima generazione saranno in grado di affrontare scenari di incidenti più complessi. Inoltre, si prevede un aumento dei veicoli a due ruote con e senza energia e quindi, un maggiore interesse agli utenti della strada vulnerabili.

- Sistema di assistenza laterale: i sistemi di supporto di corsia sono fondamentali per la formazione di veicoli autonomi; si tratta di sistemi atti a mantenere l'auto sulla strada e a prevenire gli incidenti. Sistemi più intuitivi, intelligenti e integrati emergeranno negli anni a venire.
- Velocità e guida ridotta: il 90% degli incidenti stradali è dovuto a violazioni o errori umani. Criteri di intervento adattati ai singoli conducenti e allo stato dei conducenti possono fornire un potenziale significativo per interventi in futuro.

Ai fini del suddetto lavoro di tesi l'attenzione sarà focalizzata sul primo punto: la protezione dell'occupante durante un urto Far Side.

2.2.1.1 Nuovi urti

Dal 2015 in poi, numerosi cambiamenti basati sulla Roadmap 2020 sono stati implementati nei protocolli di valutazione. Per quanto riguarda la protezione degli occupanti negli impatti frontali e laterali gli obiettivi previsti sono i seguenti [17]:

- Soluzione mobile per la protezione dall'impatto frontale per migliorare lo scontro strutturale per una vasta gamma di veicoli; revisione del dispositivo di test antropomorfo avanzato (ATD).

Start: 2015 | **Protocollo: 2018** | **Adozione: 2020**

- Aggiornamenti dei test di impatto laterale per includere la protezione degli occupanti lato lontano per conducente e passeggero anteriore.

Start: 2015 | **Protocollo: 2017** | **Adozione: 2018**

- Valutazione biomeccanica del rischio di lesione per bambini di 6 e 10 anni durante l'impatto laterale e frontale: criteri e limiti per le regioni del corpo critiche del bambino.

Protocollo: 2015 | **Adozione: 2016**

- Aggiornamento del protocollo SBR per includere incentivi per i sistemi di allarme più avanzati per le posizioni dei sedili posteriori.

Start: 2015 | **Protocollo: 2016** | **Adozione: 2018**

Si riporta nella tabella seguente una visione globale dei nuovi NCAP test in Europa che entreranno in vigore nel 2018, 2019 e 2020. In ciascuna immagine i cambiamenti che saranno implementati nei tre anni sono rappresentati in tre colori diversi:

- Blu □: 2018;
- Rosso □: 2019;
- Azzurro □: 2020;
- Verde □: data di implementazione sconosciuta.

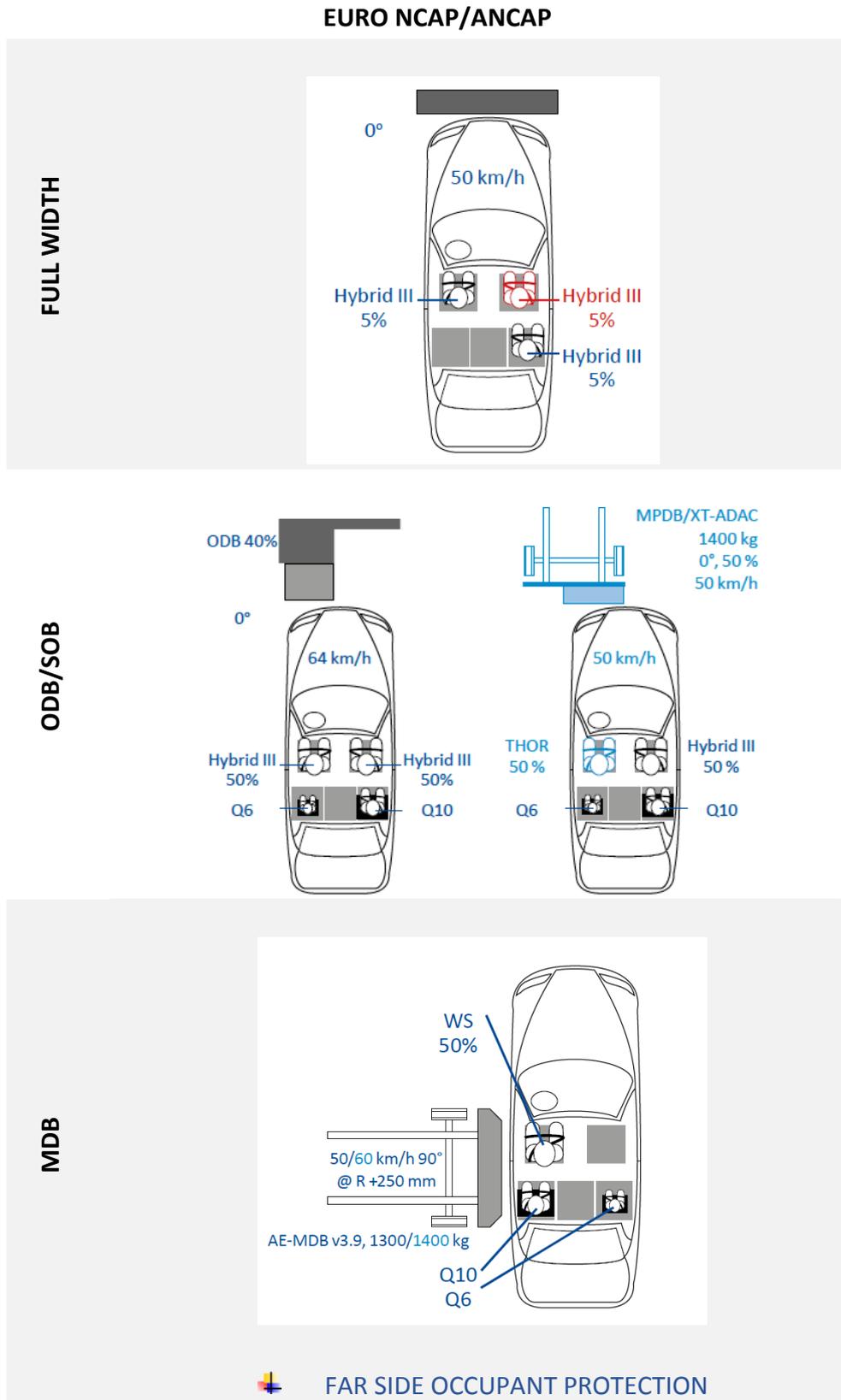


Tabella 2-8: nuovi EuroNCAP test in Europa.

In caso di urto frontale con barriera rigida 100% di overlap:

- Nel 2018 si ha una velocità dell'autoveicolo di 50 km/h, l'ATD frontale lato guidatore e l'ATD posteriore lato passeggero sono degli Hybrid III 5%.

- Nel 2019 l'unico cambiamento sarà l'aggiunta di un ATD anteriore lato passeggero Hybrid 5%.

Per l'urto frontale con barriera rigida 40% di overlap:

- Nel 2018 la velocità dell'autoveicolo è di 64 km/h, i manichini anteriori sono degli Hybrid III 50% e i manichini posteriori sono dei Q6 (lato guidatore) e Q10 (lato passeggero).
- Nel 2020 la barriera utilizzata avrà un peso di 1400 kg, un overlap del 50% e una velocità di 50 km/h. La velocità dell'autoveicolo sarà pari a quella della barriera (50 km/h) e il manichino guidatore verrà sostituito con un THOR 50%.

Nella prova con barriera deformabile:

- Nel 2018 si utilizza il WS 50% per il guidatore e gli ATD posteriori Q10 (lato guidatore) e Q6 (lato passeggero). La barriera è orientata di 90° e ha una velocità di 50 km/h ed un peso di 1300 kg.
- Nel 2020 non vi saranno cambiamenti sul tipo di manichino, bensì la barriera avrà una velocità di 60 km/h ed un peso di 1400 kg. Inoltre, sarà introdotta un'ulteriore valutazione da eseguire per gli occupanti più lontani rispetto lato colpito (urto Far Side).

3 Far Side

Il Far Side Occupant Test è una prova realizzata su un Simulatore d'Urto (da qui in avanti si farà riferimento al Simulatore d'Urto con il termine "Slitta"; vedi paragrafo 4.1) tale prova ha lo scopo di valutare la sicurezza dell'occupante seduto dal lato opposto a quello colpito del veicolo.

In linea generale, gli urti possono essere eseguiti su Slitta oppure in scala 1:1 (full scale). I test full scale sono prove realizzate urtando una vettura completa in ogni suo componente, sia a livello di abitacolo che di struttura, in maniera tale da valutare globalmente la sicurezza del veicolo. Il veicolo è trainato da un carrello che corre lungo la pista di lancio e abbandona il veicolo poco prima dell'ostacolo. I test di Slitta, invece, sono prove pensate per valutare la prestazione di alcuni componenti specifici. Queste prove vengono realizzate mediante la riproduzione all'interno della scocca del veicolo degli interni di interesse (es. plancia, mobiletto centrale/tunnel e sedili per le prove di Far Side); la scocca viene poi opportunamente accelerata per riprodurre l'urto.

Il test su Slitta è uno dei metodi più rilevanti per il progresso della sicurezza interna del veicolo e viene spesso preferito rispetto ad un test full-scale in quanto garantisce un costo più basso e un'alta ripetibilità. L'impianto di Slitta è composto, schematicamente, da un pistone e un carrello sul quale viene montata la scocca di una vettura. Tramite il software dell'impianto e l'azione meccanica del pistone e dei freni è possibile riprodurre il "PULSE" ⁶ del veicolo rilevato in una prova in pista.

L'impianto di Slitta al Centro Sicurezza Fiat consente di riprodurre le principali tipologie di urti previsti dalle normative internazionali e dall'Euro NCAP e, quindi, di svolgere i test Far Side su cui si basa il presente lavoro di tesi.

3.1 Storia

I dati provenienti dal campo (ovvero gli urti laterali su strada) hanno sottolineato la necessità di valutare in maniera più approfondita quali danni potesse subire l'occupante presente sul lato opposto rispetto a quello urtato.

La ricerca su questo tipo di urti nasce all'inizio degli anni '80 e si è evoluta fino ai giorni nostri garantendo la pubblicazione del protocollo di prova.

- Nel periodo tra il 1983 e il 1989, in Inghilterra Mackay esaminò 193 urti laterali analizzando il rischio per l'occupante in posizione di guida: 150 casi provocarono lesioni di AIS pari a 2 e gli altri 15 di AIS pari a 3+. La maggior parte delle lesioni al petto fu causata dalla presenza della cintura di sicurezza per tutti gli occupanti coinvolti (59%) [18]. Successivamente, dal 1992 al 1996, Frampton ha valutato l'interazione tra i due occupanti: studiò 295 urti laterali, esaminando l'influenza dell'occupante sul sedile adiacente (lato colpito): 46 casi presentarono una lesione di MAIS 2 e 33 casi di MAIS 3+. Le regioni del corpo più colpite risultarono la testa e il petto [19].i

⁶ Per PULSE si intende la curva di decelerazione del veicolo dall'istante iniziale dell'urto al momento della fine dell'evento durante una prova Full Scale, che deve essere replicata in Slitta.

- Uno studio negli Stati Uniti [2000] condotto da Augenstein sugli incidenti in configurazione Far Side rilevò che nel caso di lesioni meno gravi, la cintura di sicurezza induceva lesioni all'addome e al petto, mentre le lesioni alla testa si verificavano nel caso di lesioni più gravi. Si noti che ciò non vuol dire che la cintura di sicurezza aumenta i rischi di infortunio per gli occupanti, bensì che è necessario individuare delle strategie ottimali tramite cui incrementare la protezione dei soggetti coinvolti [20].
- Nel 2001, un giornale ESV (Experimental safety vehicle) riportò un'analisi degli US sulle regioni del corpo più colpite nel caso di lesione con AIS 3+. In particolare, le percentuali di lesione erano del 58% per petto e addome; 24% per la testa e 16% per la spina dorsale. L'interazione occupante-occupante risultò pressoché trascurabile verificandosi il contatto solo nel 4% dei casi [21].
- Nel 2013, Yoganandan analizzando il NASS CDS database per gli anni 2009 – 2012, trovò una correlazione tra il deltaV e le lesioni agli occupanti: maggiore è la variazione di velocità a cui è sottoposto il veicolo, maggiori saranno le lesioni. Le regioni del corpo maggiormente lesionate ad un AIS 3+ erano: torace 69%, testa 50%, spina dorsale 14% e addome 13% [22].

Si riporta una tabella riassuntiva dei dati NAS CDS 2004-2013 relativi alla frequenza delle lesioni nell'urto Far Side. In questi dati è stato considerato l'occupante seduto in posizione anteriore opposta al lato urtato e sono stati trascurati gli urti Far Side preceduti o seguiti da un rollover.

Anno impatto	Impatti totali	Impatti Far Side	Far Side %	Totale MAIS 3+	Far Side MAIS 3+	Far Side MAIS 3+ %
2004	3,885,615	430,156	11%	97,190	6,781	7%
2005	3,760,785	379,505	10%	93,079	8,300	9%
2006	3,867,356	393,353	10%	101,351	9,261	9%
2007	3,941,238	405,134	10%	113,438	9,310	8%
2008	3,316,723	369,800	11%	92,317	8,767	9%
2009	1,994,830	196,864	10%	51,883	3,847	7%
2010	1,731,751	162,610	9%	30,466	1,984	7%
2011	1,687,834	181,933	11%	27,346	2,722	10%
2012	3,157,945	203,417	6%	24,438	1,308	5%
2013	3,164,383	334,753	11%	34,295	2,674	8%
2004-2013	30,508,460	2,894,915	9.5%	665,803	54,954	8.3%

Tabella 3-1: occupanti esposti e feriti con livello di lesione MAIS 3+ per tutti gli urti Far Side dall'anno dell'incidente [23].

3.2 Incidentologia

Il 14 giugno 2015, si è svolta una conferenza di ACEA ⁷ per discutere sul tema del *Far Side Occupant protection* e sono stati pianificati tre compiti:

- Analisi degli incidenti;
- Identificazione delle contromisure e della loro efficacia per proteggere gli occupanti Far Side;
- Aggiornamento dei protocolli e delle procedure.

In una prima analisi è stata valutata l'influenza della cintura di sicurezza sul guidatore in assenza del passeggero durante un generico impatto laterale.

Per quanto riguarda gli occupanti Near Side (ovvero coloro che si trovano sul lato urtato del veicolo), il numero di decessi in assenza della cintura di sicurezza è pari a cinque volte quello che si ha in presenza della cintura; la somma di decessi e feriti gravemente in assenza della cintura è pari a due volte quello che si ottiene in presenza della stessa.

Per gli occupanti Far Side (ovvero quegli occupanti che si trovano sul lato non colpito del veicolo) il numero di decessi in assenza di cintura di sicurezza è pari a otto volte quello che si ha in presenza della cintura; la somma di morti e feriti gravemente in assenza della cintura è pari a circa quattro volte quello che si ha in presenza di essa Figura 3-1.

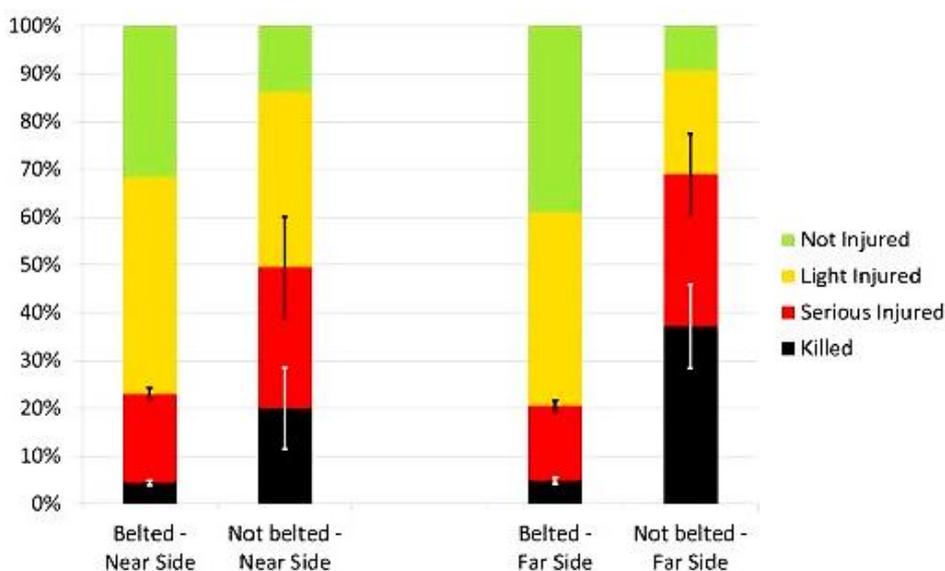


Figura 3-1: ripartizione della gravità delle lesioni in caso di urto laterale per il solo guidatore [24].

⁷ L'ACEA (European Automobile Manufacturers' Association) rappresenta i 15 principali produttori di automobili, furgoni, camion e autobus in Europa. La missione di ACEA è definire e difendere gli interessi, le politiche e le posizioni comuni dell'industria automobilistica europea. In particolare, risolve le questioni relative all'industria automobilistica basandosi sulla conoscenza di esperti sulla regolamentazione relativa ai veicoli.

Un ulteriore step dell'analisi incidentologica è stata la valutazione dei casi di urto palo. L'analisi ha rivelato come, nel caso di urti palo in cui il driver si trova dal lato opposto a quello urtato (e.g. urti palo sul lato destro del veicolo con driver a sinistra) la percentuale di morti e feriti gravemente è di circa l'85% del totale dei casi. In pratica, si tratta di una percentuale molto simile a quella degli urti palo "Near Side"; queste considerazioni sono un primo campanello d'allarme sulla necessità di migliorare le prestazioni delle vetture per quel che riguarda la protezione degli occupanti "Far Side". I risultati descritti sono riportati in Figura 3-2:

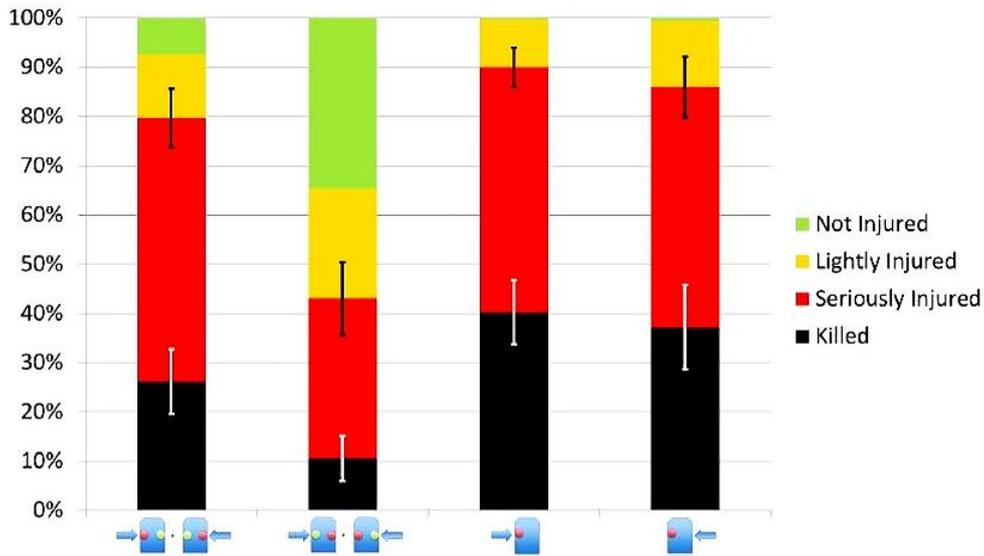


Figura 3-2: ripartizione della gravità delle lesioni in caso di urto laterale contro il palo per il solo guidatore [24].

I dati acquisiti nel corso degli anni hanno dimostrato come gli occupanti Far Side siano coinvolti in un urto nel 65% dei casi, suddivisi come segue:

- 27% dei casi in cui l'occupante Far Side è un driver e non ci sono altri occupanti, con un tasso di mortalità del 4.7%;
- 19% dei casi in cui sono presenti entrambi gli occupanti e l'occupante Far Side è il passeggero, con un tasso di mortalità del 6.1%;
- 19% dei casi in cui sono presenti entrambi gli occupanti e l'occupante Far Side è il driver, con un tasso di mortalità del 2.5%.

	Invol-ved	K index	KSI index
	35%	4.3%	23%
	27%	4.7%	20%
	19%	6.1%	30%
	19%	2.5%	20%
All	100%	4.4%	23%

Figura 3-3: percentuale di occupanti adulti feriti coinvolti in caso di urto laterale [24].

Le percentuali di feriti coinvolti cambiano in base al tipo di ostacolo colpito, per cui è stata condotta un'ulteriore analisi per andare a valutare la severità della lesione in funzione dell'ostacolo. Si osserva che nel caso di urto contro il palo si verificano le percentuali più elevate di decessi (K) e feriti gravi (KSI), mentre nel caso di urto contro automobile si registra la maggiore percentuale di occupanti coinvolti.

	Invol-ved	K index	KSI index
Car	72%	2.0%	17%
Heavy Vehicle	12%	7.2%	33%
Pole & tree	5%	28.7%	75%
Other fixed Obstacle	6%	6.8%	38%
All	100%	4.4%	23%

Figura 3-4: percentuale di occupanti adulti feriti coinvolti in caso di urto laterale in base al tipo di ostacolo [24].

Infine, sono state valutate le regioni del corpo di occupanti adulti provvisti di cintura sui sedili anteriori in cui si sono manifestate lesioni MAIS 3+ (Figura 3-5) e MAIS 2+ (Figura 3-6) durante un impatto laterale. Nella condizione Far Side le regioni maggiormente colpite sono la testa (in assenza di un secondo occupante) e l'addome (in presenza di un secondo occupante).

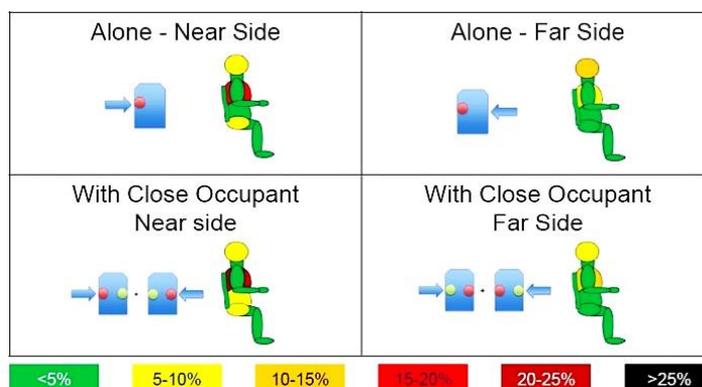


Figura 3-5: MAIS 3+ frequenze per regioni del corpo [24].

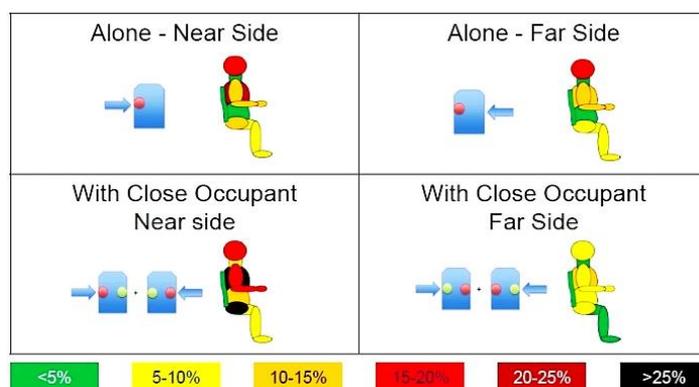


Figura 3-6: MAIS 2+ frequenze per regioni del corpo [24].

Una successiva analisi incidentologica condotta dai laboratori GIDAS, VOLVO e LAB SYNTHESIS ha confermato i precedenti risultati: il Far Side con un solo occupante in abitacolo (Far Side Alone) è la situazione più critica e le regioni del corpo in cui si presentano i danni maggiori sono la testa e il torace. In particolare, la testa è a rischio di impatto con la struttura lato non urto, mentre il torace con cinture/fibbie e sedile (Figura 3-7). Questa analisi è stata condotta su occupanti adulti anteriori cinturati nelle auto recenti in configurazioni di crash più comuni.

Un primo risultato mostra che la percentuale di occupanti coinvolti in un urto Far Side è di circa 45-47% (in viola e rosso Figura 3-7); in presenza del solo guidatore è pari al 21-27% (in viola Figura 3-7) ed in presenza del guidatore e del passeggero è uguale al 19-25% (in rosso Figura 3-7).

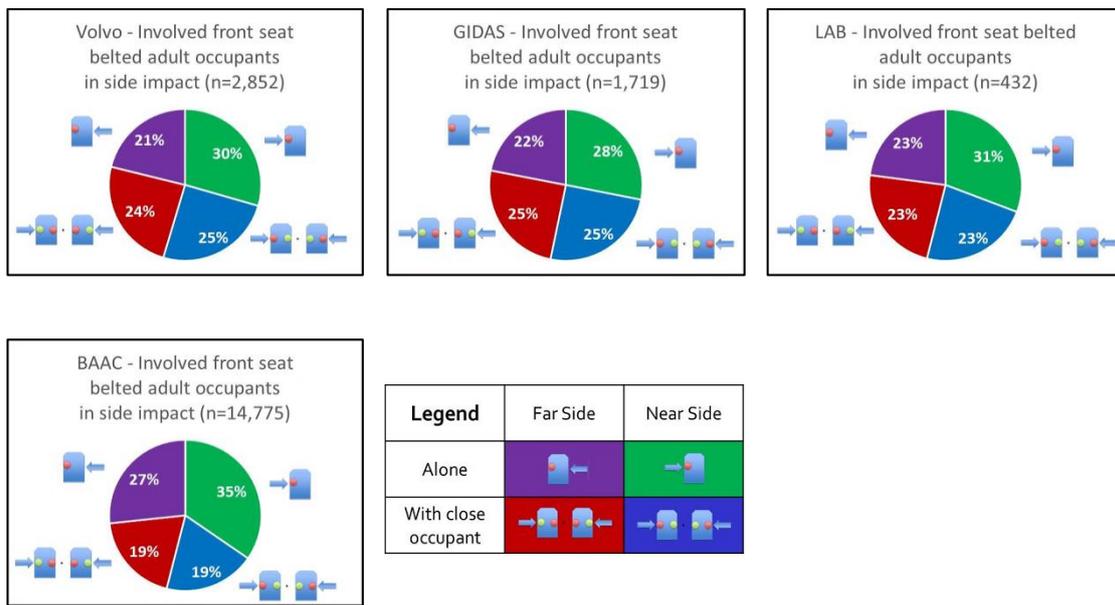


Figura 3-7: occupanti adulti anteriori con cintura coinvolti nell'urto laterale [25].

Le stesse stime sono state condotte nel caso di lesione MAIS 2+ e MAIS 3+:

- la percentuale di occupanti con lesione MAIS 2+ in un urto Far Side è di circa 34-43% (in viola e rosso Figura 3-8); in presenza del solo guidatore è pari al 12-26% (in viola Figura 3-8) ed in presenza del guidatore e del passeggero è uguale al 17-22% (in rosso Figura 3-8).

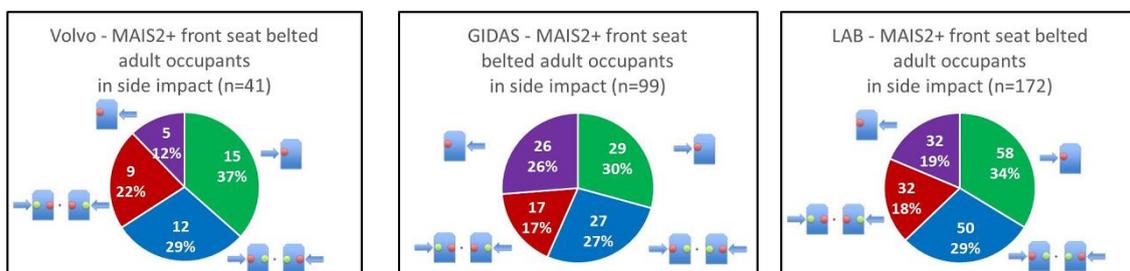


Figura 3-8: occupanti adulti anteriori con cintura con MAIS 2+ durante un urto laterale [25].

- la percentuale di occupanti con lesione MAIS 3+ in un urto Far Side è di circa 29-43% (in viola e rosso Figura 3-9) in presenza del solo guidatore è pari al 20-24% (in viola Figura 3-9) ed in presenza del guidatore e del passeggero è uguale al 8-18% (in rosso Figura 3-9).

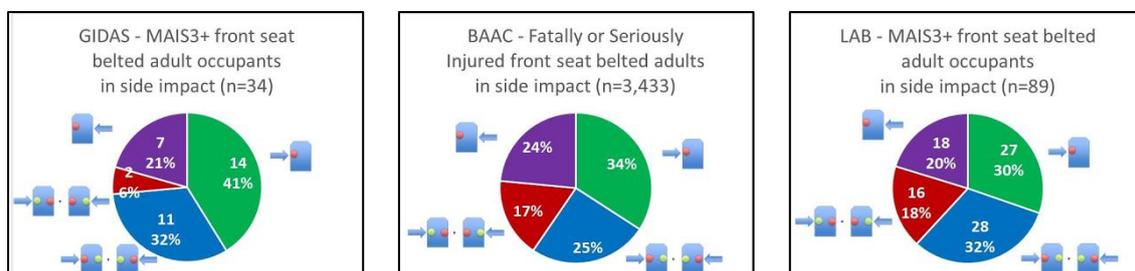


Figura 3-9: occupanti adulti anteriori con cintura con MAIS 3+ durante un urto laterale [25].

Un ulteriore studio rispetto all'analisi precedente riguarda le condizioni di impatto nel Far Side:

- Zona di impatto: la posizione principale di impatto risulta essere il compartimento anteriore (si faccia riferimento alla Figura 3-10) in cui si hanno delle percentuali di impatto comprese tra il 64% e il 76%, che sono maggiori delle percentuali che si registrano solo anteriormente o solo posteriormente.

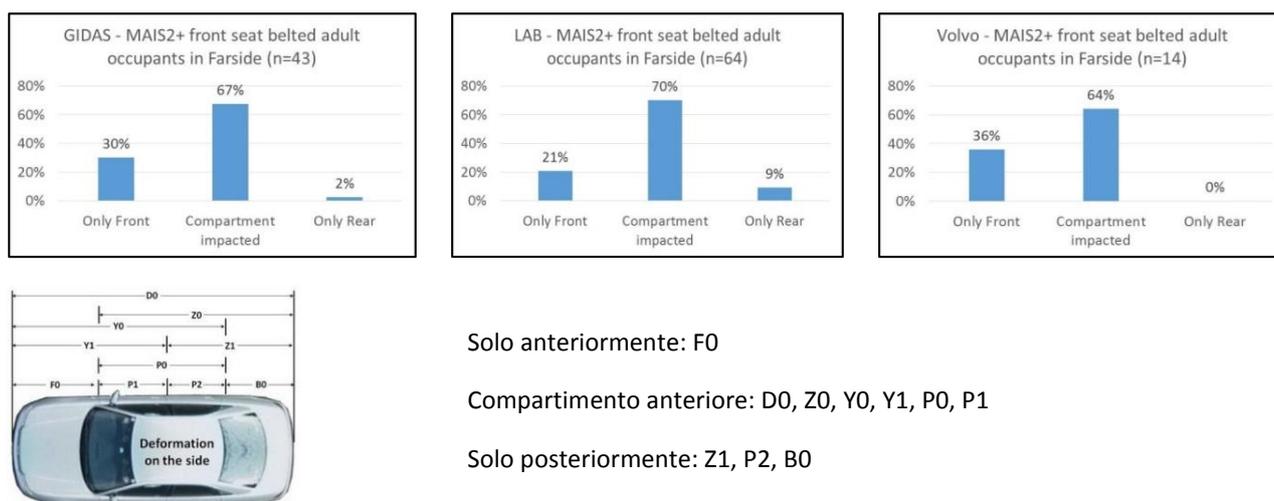


Figura 3-10: condizioni di impatto per il Far Side: posizione di impatto [25].

- Angoli di impatto: l'angolo medio⁸ di impatto rilevato da GIDAS è di 62°, da Volvo è di 54° e da LAB è di 77-80° (Figura 3-11):

⁸ L'angolo medio viene calcolato come la media ponderata degli angoli di impatto misurati in ciascuno dei dodici settori angolari (30°) in cui viene suddivisa l'auto.

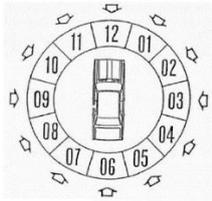
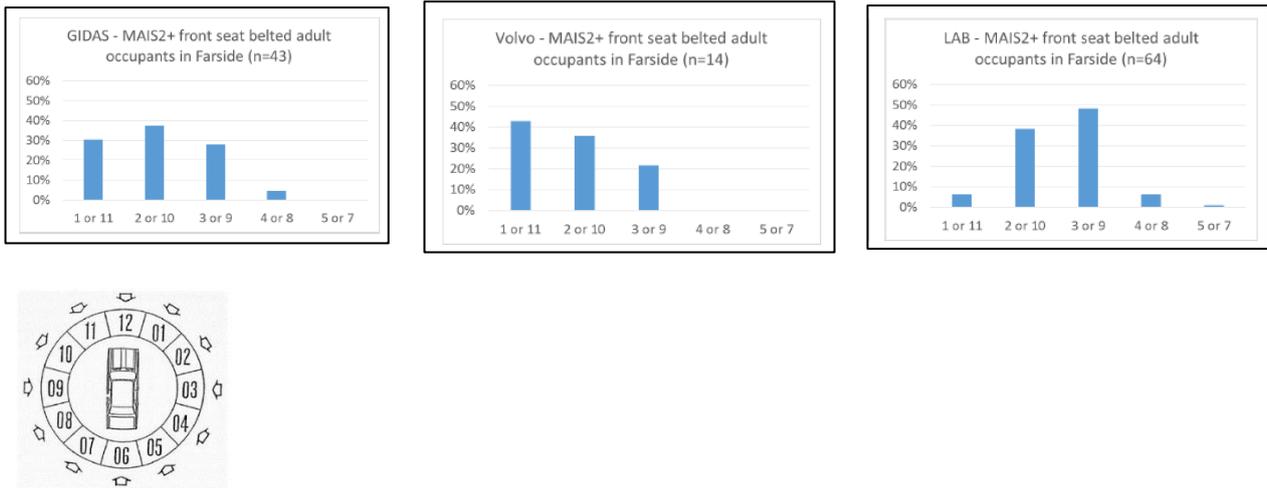


Figura 3-11: condizioni di impatto per il Far Side: angolo di impatto [25].

- **Velocità di impatto:** la velocità di impatto è descritta dall'EES (Energy Equivalent Speed) che rappresenta la velocità v_0 per cui l'energia cinetica eguaglia l'energia spesa per produrre le deformazioni visibili sul veicolo. I valori di EES sono maggiori nei dati del LAB piuttosto che in quelli di GIDAS, come mostrato in Figura 3-12:

	GIDAS	LAB
MAIS 0	14 km/h	28 km/h
MAIS 1	18 km/h	31 km/h
MAIS 1+	18 km/h	35 km/h
MAIS 2	22 km/h	36 km/h
MAIS 2+	23 km/h	43 km/h
MAIS 3+	35 km/h	46 km/h

Figura 3-12: condizioni di impatto per il Far Side: velocità di impatto [25].

Infine, la valutazione delle regioni del corpo più colpite ha confermato che sono la testa, l'addome e il torace.

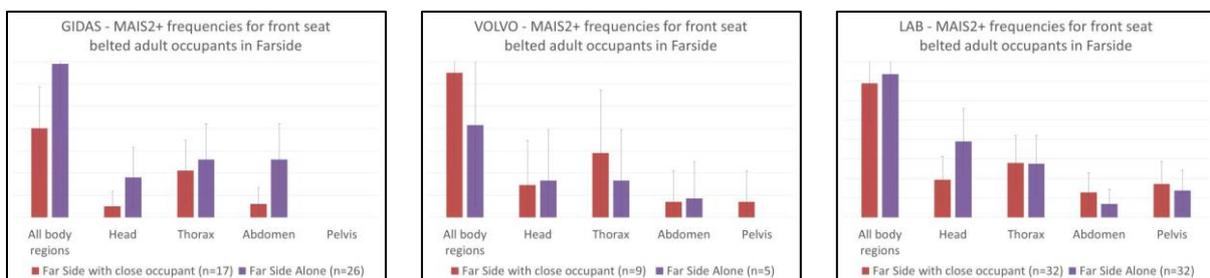


Figura 3-13: regioni del corpo più colpite durante l'urto Far Side [25].

Le cause di lesione per ciascun segmento corporeo sono descritte in Figura 3-14. In particolare, si osserva come i danni alla testa siano minori in caso di presenza di un altro occupante, mentre si

inseveriscono in caso di interazione con la struttura urtata, invece per il torace e l'addome è molto frequente come causa di danno la cintura di sicurezza.

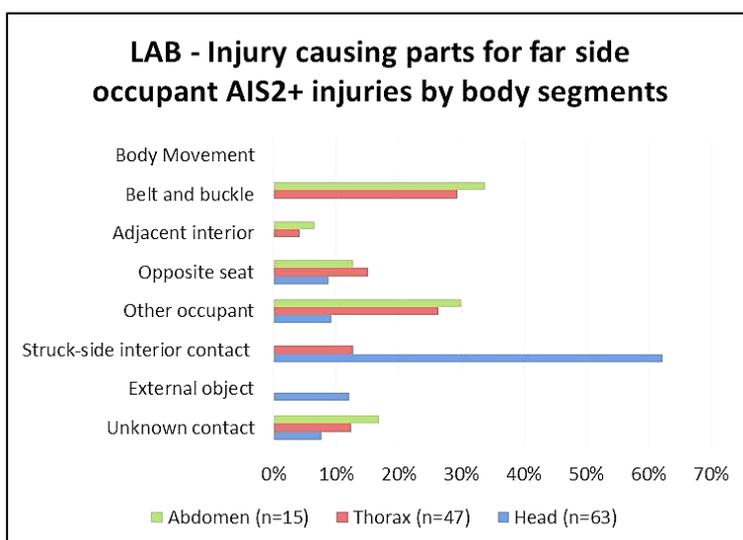
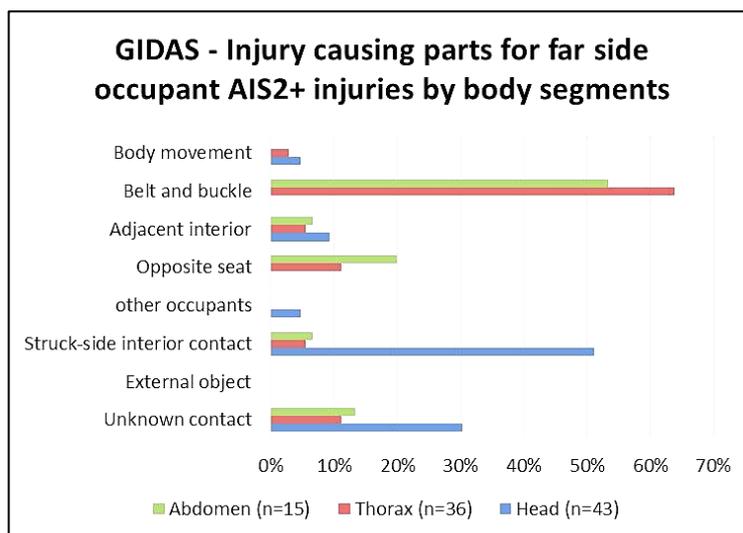


Figura 3-14: cause di lesione per ciascuna regione corporea [25].

Le analisi incidentologiche sono alla base del protocollo Far Side pubblicato dall'Euro NCAP in quanto rappresentano il punto di partenza per la valutazione del rischio di danno per l'occupante lato non urtato. In conclusione, queste analisi confermano che la situazione più critica è il Far Side alone, ovvero in presenza del solo guidatore, che provoca danni maggiori alla testa, all'addome e al torace.

3.3 Preparazione meccanica della prova

Il protocollo "Far Side Occupant Test" pubblicato dall'Euro NCAP, specifica i requisiti fondamentali e la modalità per eseguire la prova.

Considerando che la prova deve essere eseguita nell'impianto di Slitta, bisogna dapprima occuparsi dell'allestimento meccanico che consiste nella preparazione della struttura esterna del veicolo, chiamata scocca. La scocca, o anche detta "Body in white" (BIW), deve essere montata

sulla Slitta in modo che non vi siano deformazioni permanenti durante le prove. Il protocollo definisce quali componenti interni devono essere montati sulla scocca per simulare l'urto Far Side [26].

La procedura prevede la realizzazione di due tipi di prova:

- AE – MDB: la prova con barriera deformabile prevede l'uso di un PULSE di 60 km/h sul montante B (lato non colpito) del veicolo posto a 75°.
- Palo: il test con il palo prevede l'utilizzo di un PULSE di 32 km/h sul montante B (lato non colpito) del veicolo posto a 75°.

Il PULSE da impostare nell'impianto di Slitta è ricavato dal valore di accelerazione registrato dall'accelerometro posto sul montante B durante la prova Full Scale. Per cui, dal PULSE del veicolo ottenuto dalla prova in Full Scale si andrà a calcolare un corrispondente PULSE della Slitta.

Siccome la scocca è inclinata di 15° rispetto alla direzione orizzontale del veicolo la relazione presente tra il PULSE della Slitta e il PULSE del veicolo (Full Scale) è la seguente:

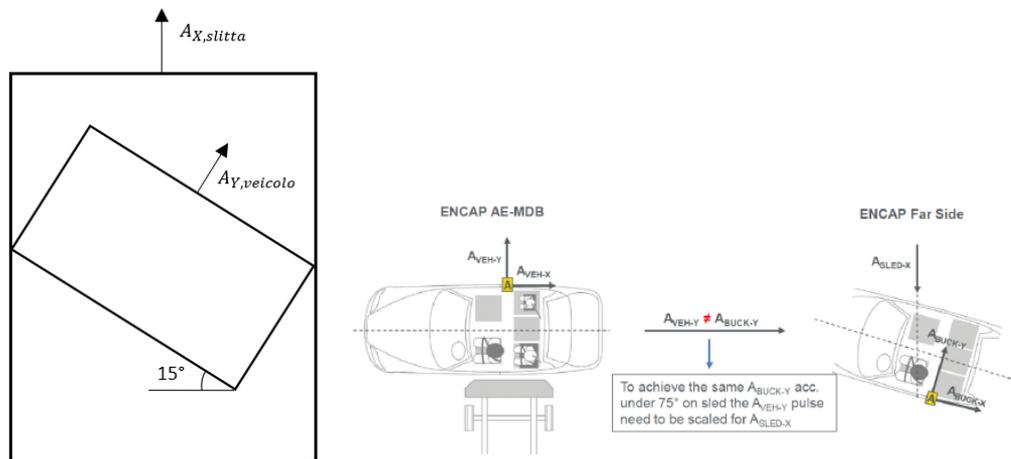


Figura 3-15: inclinazione della Slitta rispetto al veicolo.

$$A_{X,slitta} = A_{Y,veicolo (AE-MDB)} \cdot \frac{1}{\cos(15^\circ)} = A_{Y,veicolo (AE-MDB)} \cdot 1.035$$

$$A_{X,slitta} = A_{Y,veicolo (PALO)} \cdot \frac{1}{\cos(15^\circ)} = A_{Y,veicolo (AE-MDB)} \cdot 1.035$$

L'adeguatezza del PULSE è verificata mediante due requisiti definiti dal protocollo: l'impulso eseguito sull'impianto Slitta deve essere pari o più severo dell'impulso impostato in Full Scale.

Andando ad integrare il PULSE del veicolo (Full Scale) si ottiene il valore di velocità DV1(t) ed integrando nuovamente si ottiene il valore di spostamento in x, DX1(t). Analogamente integrando il PULSE della Slitta si ottiene DV2(t), ed integrando ancora DX2(t).

Definendo $DV = DV(\text{PULSE del veicolo in Full Scale}) - DV(\text{PULSE della Slitta})$, il primo requisito (Figura 3-16) dichiara che se tutti i valori DV superiori a 120 ms sono nella zona "Accettabile", allora bisogna verificare il secondo requisito.

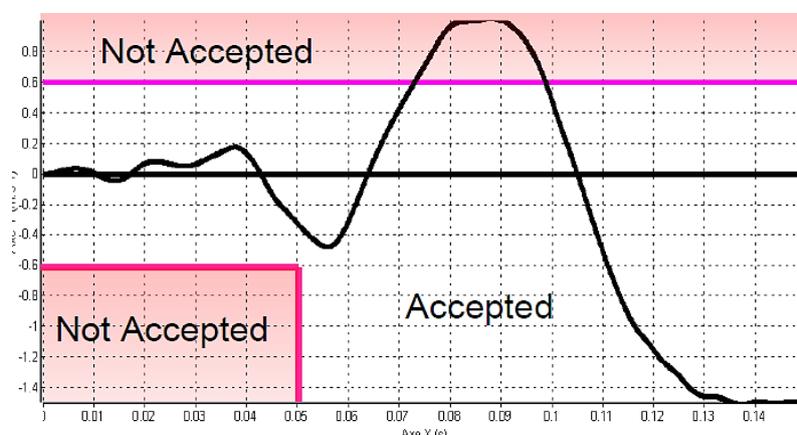


Figura 3-16: primo requisito da rispettare sul PULSE del veicolo [26].

Definendo $DX = \int DV(\text{PULSE del veicolo in Full scale}) - DV(\text{PULSE della Slitta})dt$, il secondo requisito (Figura 3-17) afferma che se la differenza dello spostamento in x $DX(t)$ tra il PULSE del veicolo $DX1(t)$ e il PULSE della Slitta $DX2(t)$, ovvero $DX(t) = DX1(t) - DX2(t)$ calcolata per $t=120$ ms fornisce un valore negativo, allora il PULSE può essere accettato.

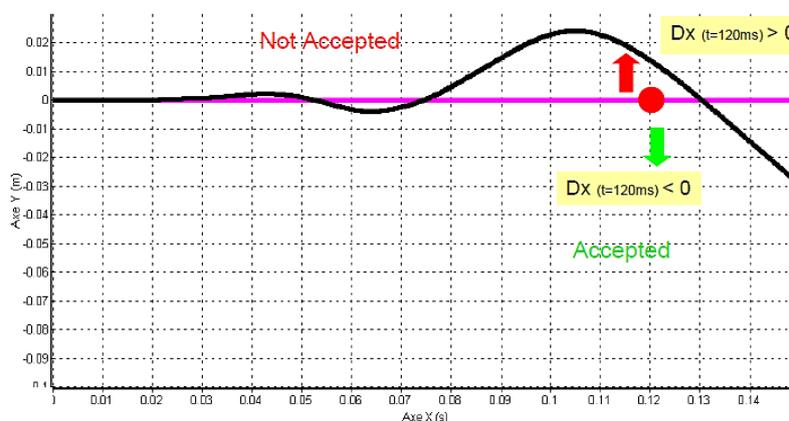


Figura 3-17: secondo requisito da rispettare sul PULSE del veicolo [26].

Prima di eseguire il test, è necessario effettuare una marcatura del veicolo per determinare le linee di intrusione dalle quali sarà stabilita l'escursione della testa decisiva nel calcolo del punteggio totale. A tal proposito, una griglia a quadretti (50 x 50 mm) deve essere montata rigidamente sul BIW, dietro ai sedili anteriori ma non collegata ad essi. Sul BIW devono essere contrassegnate tre linee di escursione verticale e parallela:

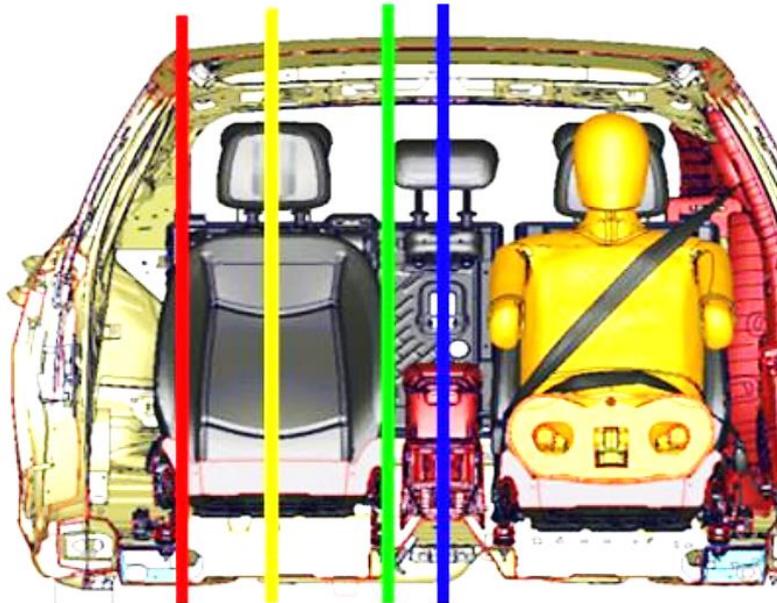


Figura 3-18: rappresentazione delle linee di escursione della testa [26].

- Linea di intrusione massima (rossa): questa linea segna il punto di massima intrusione dopo il test AE-MBD o Palo. Per determinare la massima intrusione è necessario definire un'area delimitata dai seguenti segmenti:

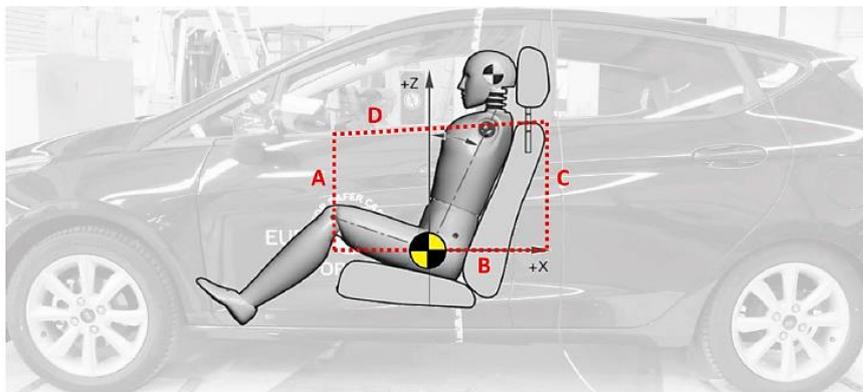


Figura 3-19: rappresentazione dell'area di intrusione [26].

Linee	Descrizione
A	Linea verticale alla posizione x 700 mm avanti al punto R
B	Linea orizzontale alla posizione z del punto R
C	Linea verticale alla posizione x sul retro del poggia testa
D	Linea cintura

Tabella 3-2: definizione dei lati dell'area di intrusione.

- Limite di prestazione superiore escursione della testa (gialla): center line del sedile dal lato colpito;
- Limite interazione occupante-occupante (verde): 250 mm dalla linea gialla verso l'interno del veicolo.

Oltre a queste tre linee, la linea di center line del veicolo è contrassegnata in blu.

In aggiunta all'allestimento meccanico, il protocollo definisce l'allestimento elettrico, ovvero i sensori che devono essere montati sulla Slitta, e la configurazione delle telecamere necessarie per filmare la prova. Queste specifiche verranno descritte nel dettaglio nei capitoli successivi in cui sarà spiegata la realizzazione del quaderno di bordo e le relative scelte progettuali.

3.4 Strumentazione ATD

L'ATD che deve essere utilizzato per questo tipo di test è il WorldSID 50th percentile maschio (WS 50%M) in posizione di guida. Questo tipo di manichino è utilizzato per la valutazione del rischio di lesione per l'occupante negli impatti laterali. Esso comprende una strumentazione che non solo consente di valutare il rischio di danno in base a tutti i criteri noti relativi alle lesioni da impatto laterale, ma permette anche di determinare le interazioni tra l'occupante e il sistema di ritenuta del veicolo. Molte altre qualità sono attribuite a esso come la durata, la ripetibilità, la sensibilità e la riproducibilità.

Il WorldSID Task Group ha esaminato tutti i manichini di impatto laterale attualmente esistenti per determinare quali funzioni e caratteristiche dovessero essere incorporate nel WorldSID. Il gruppo di lavoro ha mostrato come necessità tra gli obiettivi generali la simmetria tra la parte destra e la parte sinistra, in modo da garantire una perfetta coerenza con l'essere umano. Questa caratteristica è fondamentale ad esempio per misurare l'interazione occupante-occupante in un urto laterale, per cui, se necessario, l'ATD deve essere in grado di includere una strumentazione su ambo i lati così da misurare l'impatto con il veicolo, e contemporaneamente, quello con l'occupante adiacente.

Il WorldSID ha una massa di 74.35 kg e un'altezza teorica di 1753 mm. Può ospitare 207 canali di sensori con il relativo cablaggio e fino a 192 canali di registrazione con un sistema di acquisizione dati (DAS).

La strumentazione dell'ATD è descritta di seguito [27]:

- La testa comprende due sottogruppi principali: il gruppo cranio-pelle e il nucleo della strumentazione. È costituita da un accelerometro lineare triassiale, da un accelerometro angolare e da un sensore in grado di calcolare gli angoli di inclinazione della testa.
- Il gruppo del collo ha tre sottogruppi: il collo, la staffa del collo e la copertura del collo. Il collo è formato da piastre di interfaccia superiore ed inferiore che sono collegate alla colonna centrale di gomma per mezzo di viti emisferiche ed è interposto tra due celle di carico (superiore ed inferiore). Infine, sulla staffa del collo è presente un accelerometro triassiale lineare (T1).
- Il gruppo spalle/torace/addome è una struttura a coste: una costola della spalla, tre costole del torace e due costole dell'addome. I lati sinistro e destro sono simmetrici ad eccezione della strumentazione. La spalla include una cella di carico ed ogni costola è strumentata con un IR-TRACC (ovvero un potenziometro a raggi infrarossi), che consente di misurare lo spostamento delle costole, e con un accelerometro lineare triassiale. La scatola della colonna vertebrale è composta da due accelerometri triassiali superiori (T4) ed inferiori

(T12), due accelerometri angolari (x,z), due sensori di inclinazione (x,y) ed un sensore di temperatura.

Il WorldSID può essere utilizzato in due modalità:

- Half arms: il braccio a metà si attacca alla cella di carico della spalla; è costituito da due accelerometri lineari triassiali e i relativi moduli sensore.
- Full arms: il braccio completo comprende un avambraccio, un braccio e una mano con articolazioni nel gomito e nel polso; la strumentazione prevede una cella di carico del braccio e dell'avambraccio, una cella di carico del gomito e un potenziometro di rotazione nel gomito.
- La colonna lombare incorpora un elemento di gomma flessibile che si attacca in alto ad una staffa della colonna vertebrale e nella parte inferiore alla piastra di interfaccia sacro iliaca.
- Lo scheletro pelvico è formato da due ossa pelviche semirigide e simmetriche che sono collegate ad una cella di carico pubica e nella parte posteriore ad una cella di carico sacro-iliaca. Nella parte posteriore di questa cella di carico, sono montati gli accelerometri lineari triassiali delle pelvi, due sensori di inclinazione del bacino e un supporto del modulo sensore. Infine, un DAS è montato sotto alla cella di carico sacro-iliaca.
- La gamba superiore incorpora tutti i componenti dell'articolazione dell'anca fino al ginocchio incluso. La strumentazione della gamba superiore include la cella di carico del collo del femore, le celle di carico del femore superiore ed inferiore, le celle di carico del ginocchio interne ed esterne, il potenziometro di rotazione del ginocchio, un modulo sensore e due moduli DAS.
- La gamba inferiore comprende l'assemblaggio dello scheletro della parte inferiore della gamba, la parte inferiore della gamba e il piede/scarpa modellato. La strumentazione della parte inferiore della gamba comprende le celle di carico della tibia superiore ed inferiore e tre potenziometri di rotazione della caviglia.

Nell'immagini seguenti è riassunta la strumentazione del WorldSID 50%.

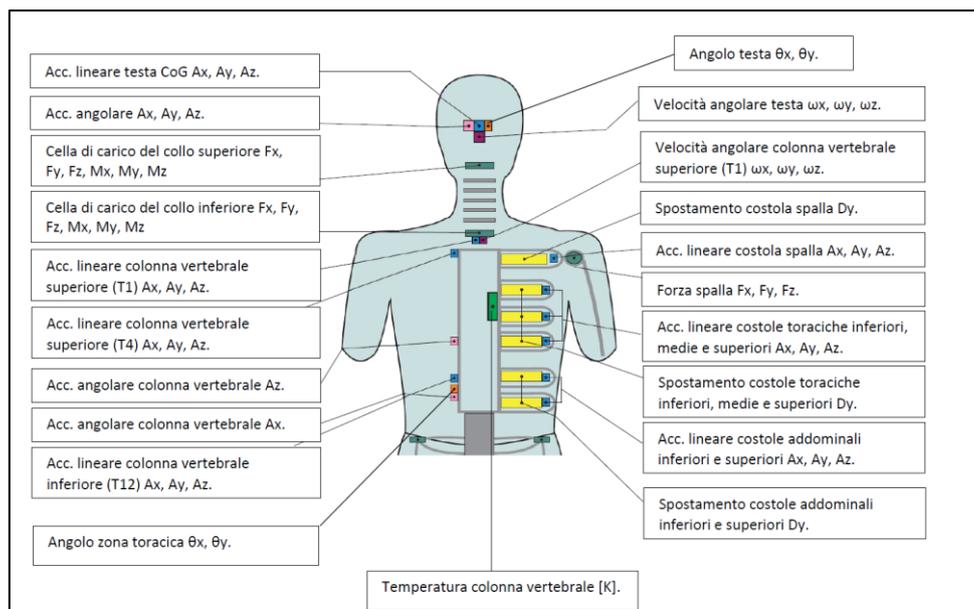


Figura 3-20: strumentazione standard della parte superiore del corpo del WS50%M [28].

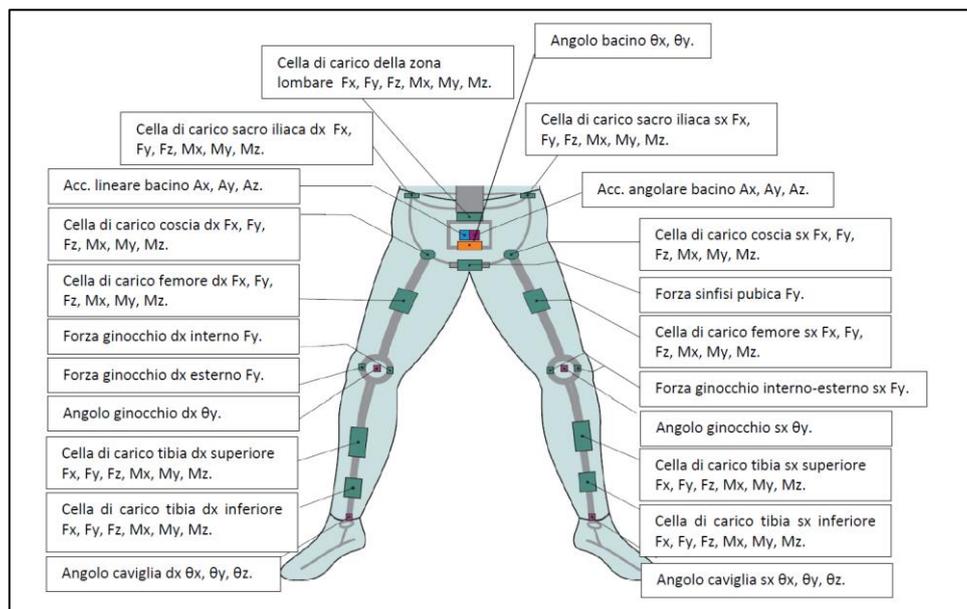


Figura 3-21: strumentazione standard della parte inferiore del corpo del WS50%M [29].

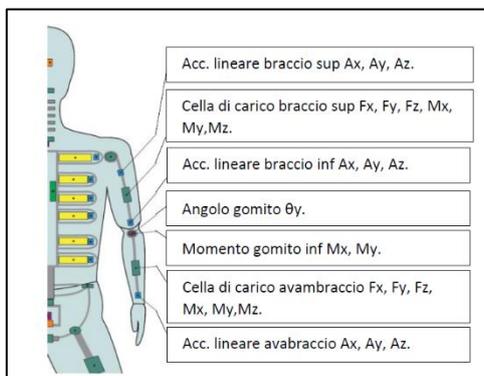


Figura 3-22: strumentazione standard – altri canali – del corpo del WS50%M [30].

Il protocollo dichiara che il WorldSID 50%M deve essere conforme alle specifiche dettagliate in ISO 15830 e definisce la temperatura che deve essere stabilizzata nell'intervallo 20.6°C – 22°C.

Il manichino deve, inoltre, essere strumentato per registrare i canali elencati di seguito:

Posizione	Parametri	Ampiezza massima	Conteggio canali
Testa	Accelerazione lineare A_x, A_y, A_z	250g	3
	Velocità angolare $\omega_x, \omega_y, \omega_z$	4000deg/s	3
Collo superiore	Forze e momenti $F_x, F_y, F_z, M_x, M_y, M_z$	5kN, 300Nm	6
Articolazione spalla	Forze, F_x, F_y, F_z	8kN	3
Spalla-costola	Spostamento e rotazione	100mm	2
Torace-costola superiore	Spostamento e rotazione	100mm	2
Torace-costola media	Spostamento e rotazione	100mm	2
Torace-costola inferiore	Spostamento e rotazione	100mm	2
Temperatura toracica	Temperatura	30°C	1
Addome-costola superiore	Spostamento e rotazione	100mm	2
Addome-costola inferiore	Spostamento e rotazione	100mm	2
Colonna vertebrale-T12	Accelerazione, A_x, A_y, A_z	200g	3
	Forze F_x, F_y, F_z	5kN	3
	Momenti M_x, M_y, M_z	300Nm	3
Bacino	Accelerazione, A_x, A_y, A_z	200g	3
	Forza pubica	5kN	1
Totale canali		41	

Tabella 3-3: strumentazione necessaria dell'ATD per prova Far Side [26].

È possibile utilizzare 45 canali, o più in questo caso è richiesto un DAS (Sistema di acquisizione dati).

Oltre al cablaggio del manichino, è necessario effettuare una marcatura del manichino mediante del nastro adesivo posizionato sulle aree che devono essere colorate, come mostrato in Figura 3-23:

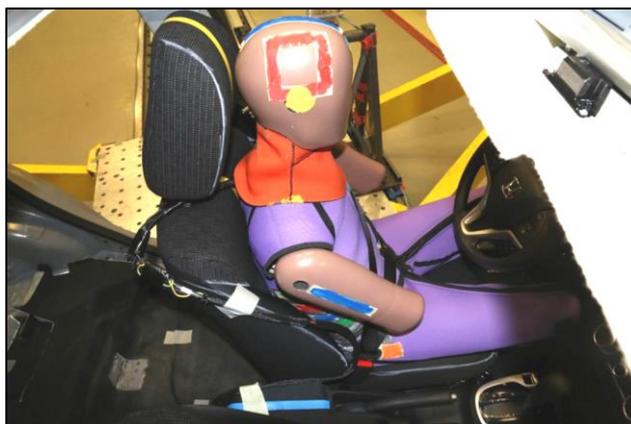


Figura 3-23: marcatura dell'ATD [26].

Testa	<p><i>Forma:</i> Quadrato 100mm <i>Posizione:</i> centerline della testa con bordo inferiore al CoG <i>Colore:</i> rosso</p>
	<p><i>Forma:</i> Striscia 200mm x 20mm <i>Posizione:</i> Centro del CoG della testa <i>Colore:</i> verde</p>
	<p><i>Forma:</i> cerchio <i>Posizione:</i> CoG testa <i>Colore:</i> giallo</p>
Braccio	<p><i>Forma:</i> Striscia 25 mm x 150 mm <i>Posizione:</i> dal bordo inferiore del foro di fissaggio della spalla <i>Colore:</i> blu</p>
Costole	<p><i>Forma:</i> Striscia 25mm x 150mm <i>Posizione:</i> dal punto più arretrato dello schienale <i>Colore:</i> -2° Toracica verde -3° Toracica rossa -1° Addominale blu -2° Addominale verde</p>
Bacino	<p><i>Forma:</i> Striscia 50 mm x 100mm <i>Posizione:</i> centrata sul punto dell'articolazione dell'anca <i>Colore:</i> arancione</p>

Tabella 3-4: definizione delle forme di marcatura dell'ATD [26].

Infine, devono essere posizionati due marker sulla testa del manichino, uno in corrispondenza del CoG e l'altro 100 mm sotto al CoG.

3.5 Criteri e valori limite

In seguito alla realizzazione della prova Far Side è necessario valutare le prestazioni della vettura, servendosi dei parametri biomeccanici come criteri di valutazione. Le valutazioni sono suddivise in quattro regioni del corpo: testa, collo, torace & addome, bacino & colonna lombare. Per ciascuna regione è possibile ottenere un massimo di 4 punti, ad eccezione della regione bacino & colonna lombare: per questa regione, infatti, sono previsti solo dei penalizzatori, ovvero dei demeriti nel caso in cui la biomeccanica sia oltre i limiti di protocollo.

Se esistono più parametri di valutazione per una singola regione del corpo, si considera il parametro che ha fornito il punteggio più basso per determinare le prestazioni di tale regione. Saranno disponibili un massimo di 12 punti per ciascuno scenario di impatto.

Per ciascun parametro biomeccanico sono definiti un limite superiore, oltre il quale nessun punteggio viene assegnato, ed un limite inferiore, al di sotto del quale si ottiene un punteggio massimo. Nell'intervallo compreso tra questi due limiti, si attribuisce un punteggio in base all'interpolazione lineare. Si definiscono in Tabella 3-5 i criteri di valutazione.

	Criteri	Limiti di prestazione			Punti
		Inferiore	Superiore	Limite massimo	
Testa	HIC ₁₅	500	700	700	4 punti
	Accelerazione risultante 3ms	72g	80g	80g	
	Escursione		Linea gialla	Linea rossa	
	SUFHEM ⁹	monitoring			
Collo	Forza F _z		3.74 kN		4 punti
	Flessione laterale M _x		[50 Nm]		
	Estensione negativa M _y		[50 Nm]		
Petto & Addome	Compressione laterale del torace	28mm	50mm	50mm	4 punti
	Compressione laterale addome	[47]mm	[65]mm	[65]mm	
TOTALE					12 punti

Tabella 3-5: criteri di valutazione della prova Far Side [26].

⁹ SUFEHM: Strasburg University Finite Element Head Model. Si tratta di un modello FEM (13208 elementi) in cui la geometria interna ed esterna del cranio è digitalizzata da un cranio umano maschio adulto [44]. Si tratta di un'opzione HIC avanzata che consente delle analisi più dettagliate rispetto allo standard HIC per le lesioni della testa e del cervello, in quanto tiene conto della relazione tra le accelerazioni lineari e angolari della testa correlate all'impatto per un intervallo di tempo definito [6].

In merito all'escursione della testa, quando la testa supera la linea verde (linea di interazione occupante) il punteggio del test viene ridotto del 50%.

Quando la testa supera la linea gialla (centerline del sedile) il punteggio della testa viene azzerato e il punteggio totale viene dimezzato.

Quando la testa supera la linea rossa si ha il CAPPING: il punteggio complessivo della prova viene azzerato.

La valutazione della zona lombare e del bacino avviene considerando dei modificatori che vengono applicati nel caso in cui i parametri biomeccanici relativi a queste regioni corporee superano determinati valori limite. In tal caso si applica una penalità di -4 punti al punteggio della prova.

	Parametri	Limiti di prestazione	Modificatori
Bacino e zona lombare	Forza su sinfisi pubica	2.8 kN	-4 punti
	Fy lombare	2.0 kN	
	Fz lombare	2.84 kN	
	Mx lombare	100 Nm	

Tabella 3-6: modificatori da applicare alla regione lombare [26].

4 Elaborazione del Quaderno di Bordo per l'esecuzione delle prove Far Side

Per eseguire le prove Far Side è stato utilizzato l'impianto di Slitta del Centro Sicurezza FIAT in quanto il protocollo dell'Euro NCAP dichiara che saranno accettati unicamente i dati ottenuti da test su Slitta.

Nel seguente capitolo si riporta una breve descrizione del principio di funzionamento della Slitta, il procedimento per la stesura del quaderno di bordo relativo al Far Side Test e l'organizzazione generale del flusso di prova.

4.1 Funzionamento Slitta

La sicurezza interna del veicolo è testata mediante i test su Slitta, che sono facilmente riproducibili grazie al ridotto numero di componenti coinvolti rispetto ai test in full scale. Seppure le prove su scala reale (Full Scale) consentono di ottenere dati completi e reali in risposta all'impatto risultano essere piuttosto costose ed è per questo che spesso si preferisce utilizzare le prove in Slitta, ad esempio per testare i sedili o altri componenti interni dell'autoveicolo.

L'impianto di Slitta al centro sicurezza FIAT è stato sostituito di recente con la Slitta ServoSled adatta a sperimentare e testare i dispositivi di sicurezza passiva ed attiva secondo le più importanti normative internazionali.

Questo impianto permette di eseguire prove di impatto laterale e frontale riproducendo casi di carico conformi ai requisiti dell'Euro NCAP.

La Slitta è un impianto di prova finalizzato a riprodurre la decelerazione dell'urto che si ha nella prova full scale. Le prove avvengono utilizzando non il veicolo completo ma soltanto la scocca (struttura portante dell'abitacolo) su cui sono installati tutti gli elementi di ritenuta degli occupanti di interesse per la prova.

Per effettuare le prove di crash la Slitta viene accelerata da un pistone pneumatico dotato di un sistema di controllo ad anello chiuso servo-idraulico per adattare l'impulso di accelerazione a un'ampia varietà di condizioni di prova; dopo un primo tratto di corsa libera, il pistone va ad impattare contro la scocca.

Il PULSE richiesto dal relativo crash test deve essere impostato prima di eseguire la prova, andando a controllare le servo-valvole con il software di comando: per garantire un PULSE accurato vi sono dei freni idraulici che agiscono rilasciando una pressione direttamente sulla Slitta che si oppone alla forza del pistone. Una volta generato il PULSE (100 ms), la Slitta perde il contatto con l'ariete di lancio per poi essere frenata lungo i binari.

Al momento dell'urto la vettura assorbe parte dell'energia, la restante parte di energia causa un'accelerazione della vettura nella direzione dell'urto. I manichini, che al momento dell'impatto sono fermi, tendono a mantenere il loro stato di quiete. Raggiunta la condizione di impatto manichino-autoveicolo, l'ATD tende a seguire il sistema vettura.



Figura 4-1: esempio condizione di impatto nell'impianto di Slitta.

4.2 Flusso di gestione della prova

L'organizzazione di una prova di crash test consiste in diverse operazioni che devono essere svolte in serie e che possono essere raggruppate in diversi blocchi. Come anticipato, si possono eseguire prove in Full Scale oppure prove in Slitta; di seguito verranno descritti i flussi di attività da compiere per ognuna.

Si riporta in Figura 4-2 sottostante la coordinazione di una generica prova eseguita in Full Scale:

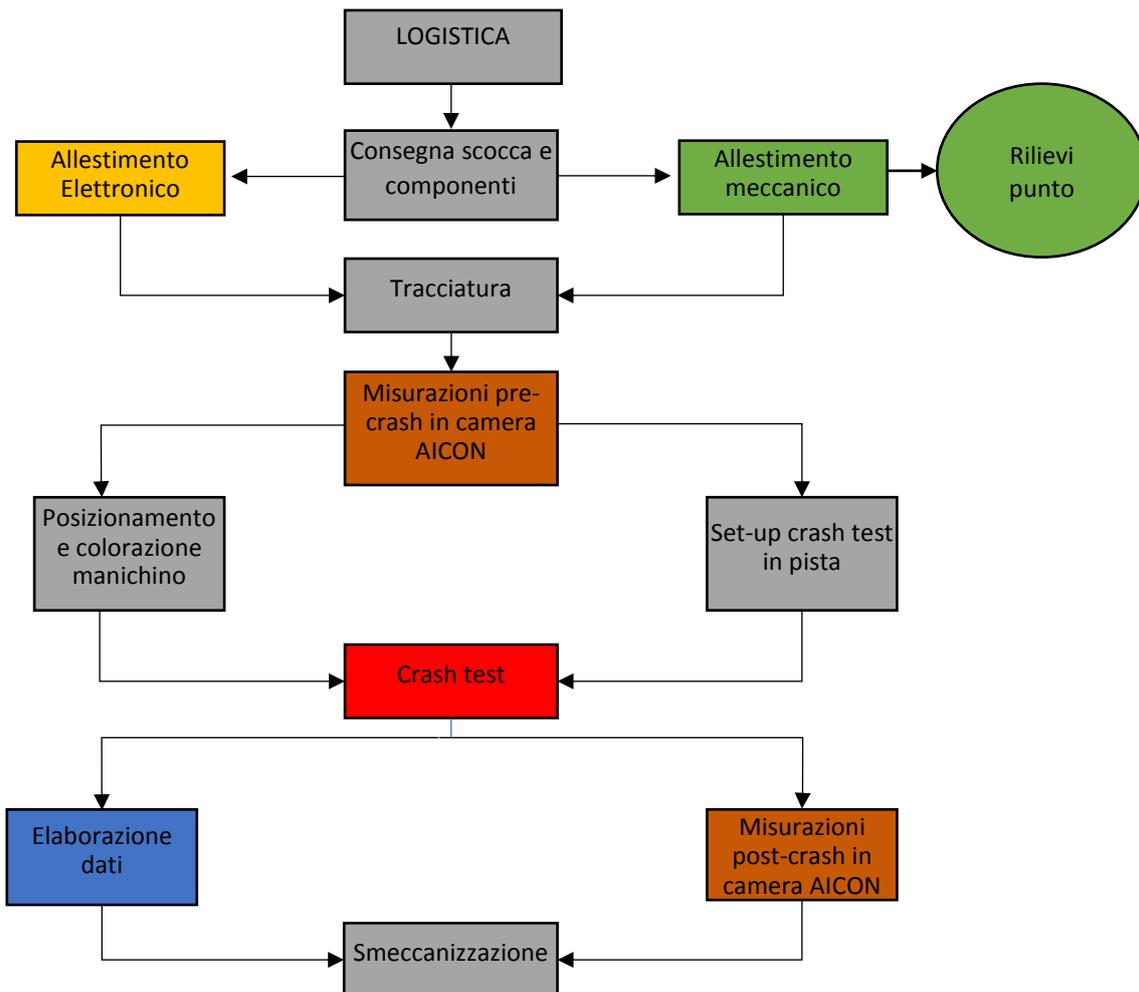


Figura 4-2: flusso di gestione prova in Full Scale.

Il primo blocco "la Logistica" riguarda la definizione dei campi che caratterizzano la prova e la gestione di essa: numero di prova, responsabile di prova, richiesta etc. Inoltre, è fondamentale avere il veicolo di prova su cui effettuare il test e i componenti della vettura necessari per l'esecuzione della prova.

Terminata la raccolta dei materiali si procede con l'allestimento meccanico che prevede il montaggio di tutti i componenti richiesti dalla prova; questa fase è fondamentale in quanto le vetture spesso montano componenti non aggiornati, oppure la prova viene effettuata per testare componenti prototipali. A seguire vi è l'allestimento elettronico che consiste nel fissaggio di tutti i sensori.

Terminato l'allestimento della vettura, la fase successiva richiede la preparazione per il posizionamento dell'ATD e quindi il settaggio del sedile mediante l'H-Point machine (nota anche come H3D), uno strumento di misura dotato di diversi pesi per simulare il torace, l'addome, le gambe, le ginocchia e le caviglie del manichino. L'H-Point machine serve a misurare il "Punto H" della vettura: per punto H si intende quel punto che riproduce la posizione dell'occupante in abitacolo; fisicamente, è il punto che rappresenta il centro di rotazione relativa tra il torace e il bacino. In generale, il punto H è un elemento fondamentale da monitorare all'interno della vettura, rappresentando anche un vincolo omologativo.

Il punto H misurato mediante l'H3D rappresenta il punto di partenza per le operazioni successive da effettuare sulla vettura, a partire dalla tracciatura fino ad arrivare al posizionamento in pista dell'ATD. Chiaramente, la posizione del punto H è valutata coerentemente con le regolazioni longitudinale, in altezza e relative all'angolo schienale prescritte dai diversi protocolli di prova. In particolare, nel caso di urto Far Side, la richiesta è di tenere la regolazione in altezza del sedile in posizione "tutto basso", mentre la regolazione longitudinale è 20 mm più indietro rispetto alla metà corsa. Tale posizione è determinata dalle particolari geometrie del WorldSID: il punto H del WorldSID, infatti, si trova 20 mm più avanti rispetto a quello dell'H3D, dunque, per uniformare la misura, il protocollo richiede questa particolare posizione. L'angolo schienale richiesto, invece, è quello dichiarato dal costruttore.

La tracciatura del veicolo consiste nell'evidenziare sul veicolo una serie di punti in camera AICON che individuano la forma dell'ostacolo impattante prima dell'esecuzione della prova. La posizione di questi punti viene identificata nuovamente dopo l'esecuzione del crash test per calcolare la deformazione subita e quindi lo spostamento dei punti individuati prima della prova.

A questo punto, il veicolo può essere portato in pista, dove si effettua il set-up della prova: verifica delle distanze richieste tra manichino e vettura, controllo elettronico, colorazione delle regioni del manichino coinvolte nel test come richiesto da protocollo, esecuzione fotografie pre-prova e rimozione del termometro posto sul manichino per controllarne la temperatura.

La marcatura del manichino è fondamentale perché il trasferimento del colore sull'airbag e/o su altri componenti del veicolo consente di determinare dove il manichino ha impattato, e deve essere eseguita poco prima della prova per evitare che il colore si asciughi.

A questo punto, si esegue il crash test ed immediatamente dopo la prova si procede con la realizzazione delle fotografie post-prova.

Il post-processing consiste nell'elaborazione dei dati cinematici del manichino e della vettura e, come anticipato, nelle misurazioni post-crash in camera AICON.

La prova si conclude con la "smeccanizzazione" del veicolo e dei suoi componenti in base alle specifiche del responsabile di prova.

Il flusso di gestione nel caso di una prova in Slitta è riportato in Figura 4-3:

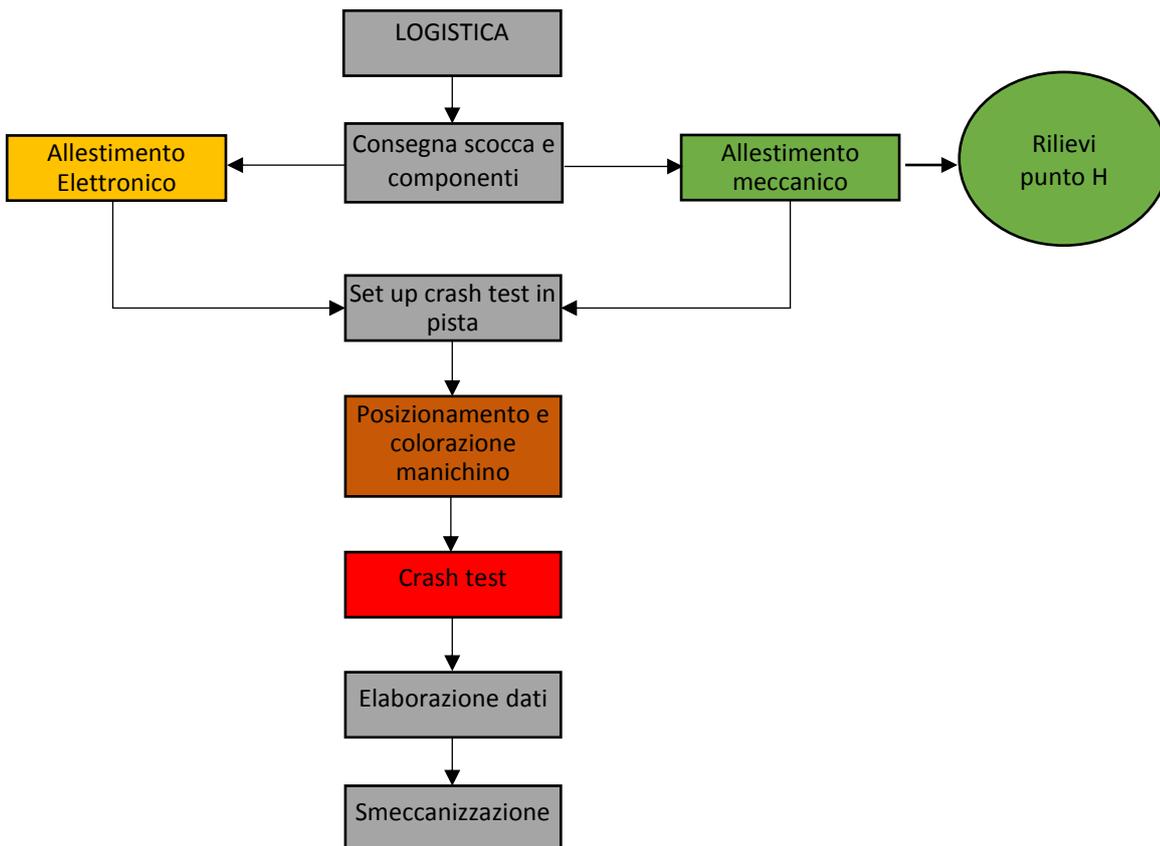


Figura 4-3: flusso di gestione prova nell'impianto di Slitta.

In questo tipo di prove la fase di logistica è più semplice in quanto non è necessario testare l'intero veicolo per cui ci si occupa della consegna della scocca e dei componenti da montare in essa. La fase di allestimento meccanico ed elettronico avviene in modo simile al flusso di gestione per le prove in Full Scale, con particolare attenzione ai sensori da montare sul carrello della Slitta.

La tracciatura non è prevista per le prove in Slitta, in quanto come descritto nel paragrafo precedente 4.1, non è presente una barriera fisica che impatta contro la scocca e non si vuole valutare la cinematica della vettura, bensì il comportamento di alcuni componenti interni alla scocca e la cinematica del manichino. I blocchi successivi sono analoghi al flusso presentato prima.

4.3 QDB e criteri

Come evidenziato nei paragrafi precedenti, i flussi di lavoro per la gestione di una prova di urto sono complessi e, di conseguenza, ad alto rischio di errore. Al fine di ottimizzare, regolarizzare e tenere sotto controllo i flussi, lo strumento di lavoro utilizzato presso il Centro Sicurezza Fiat è il Quaderno di Bordo (QDB).

Il Quaderno di Bordo è strutturato in maniera tale da garantire la corretta sequenzialità delle operazioni da effettuare e da una richiesta di conferma di avvenuta esecuzione delle stesse (da effettuarsi mediante timbratura da parte dell'operatore) che servono a garantire il monitoraggio costante delle attività. È diviso in blocchi, ciascuno dei quali rappresenta le diverse fasi individuate dai flussi di lavoro mostrati in figura 44 e 45: richiesta dei materiali, allestimento meccanico ed elettronico, set-up in abitacolo (H-Point, ecc.), operazioni pre e post prova.

La prima pagina del Quaderno di Bordo deve contenere i campi che permettono di risalire alla tipologia di prova effettuata:

- Responsabile di prova;
- Progetto/Vettura;
- Numero di Richiesta;
- Scocca/Telaio;
- Tipo di prova;
- Numero di Prova;
- Data e ora della prova;
- Note post prova;

Il QDB è specifico per ciascuna prova e può essere personalizzato al momento della stesura per includere determinate verifiche relative al test. Infatti, possono esserci più revisioni di uno stesso QDB che si differenziano per le variazioni introdotte in ognuno di essi.

Ai fini del seguente lavoro di tesi, è stato realizzato il quaderno di bordo relativo alla prova dell'Euro NCAP sul Far Side Occupant Test; trattandosi di una nuova prova, come descritto precedentemente, si è proceduto alla stesura e alla prima emissione del QDB.

Il primo capitolo del QDB descrive in breve l'obiettivo della prova e definisce le norme che sono state richiamate per la stesura di esso. Ogni riferimento ai capitoli delle norme Euro NCAP e/o delle norme omologative deve essere definito in questa sezione.

I capitoli successivi descrivono l'oggetto di prova, ovvero richiamano i campi evidenziati nella pagina iniziale del QDB, e i componenti in prova, come ad esempio la scocca, il bag, le cinture, la colonna sterzo, i sedili, la pancia e altro.

In particolare, considerando il protocollo dell'Euro NCAP sul Far Side, sono stati trascurati i componenti relativi alla parte posteriore del veicolo in quanto la prova prevede di valutare unicamente il rischio dell'occupante anteriore. Sul QDB viene inoltre dichiarato il livello di significatività di ciascun componente in prova.

Per la stesura del seguente QDB è stata inoltre descritta la strumentazione necessaria per la prova. È stato definito un unico manichino il WorldSID 50th percentile maschio in posizione di guida, ma siccome questo è dotato di 54 canali, nel QDB è stata inserita una tabella comprendente tutti i canali disponibili ma con la possibilità di selezionare i canali che effettivamente sono stati utilizzati nella prova in corso. È stata inserita, infine, una verifica sulla temperatura da effettuare prima della prova.

Una sezione fondamentale del QDB comprende la lista dei trasduttori su scocca utili alla valutazione del post-processing.

Per quanto riguarda la procedura standard fotografica ed il setup delle telecamere, valutando il protocollo Euro NCAP, è stato creato un nuovo standard di configurazione delle telecamere denominato "*Std. FS01*" che definisce il posizionamento delle telecamere previste e un nuovo standard di configurazione delle fotocamere chiamato "*Std. FT06*" che spiega quali e quante fotografie devono essere eseguite prima e dopo la prova.

Ulteriori fotografie pre-test dovranno essere scattate, su richiesta del Responsabile di Prova, su ogni componente o particolare in esame o in base allo scopo della prova. Inoltre, dopo la prova, su qualsiasi zona o particolare in cui sono avvenute rotture, deformazioni o cedimenti, se ne dovranno effettuare di nuove a discrezione dell'operatore e del responsabile di prova.

Il capitolo successivo del QDB descrive la preparazione della prova e si basa sulle direttive del protocollo Far Side, includendo le particolarità da questo richieste. La fase di preparazione è stata suddivisa in cinque parti:

- Allestimento meccanico scocca: questa parte include tutti i componenti interni che devono essere montati in vettura prima di lanciare la prova. Si parte dalle specifiche del protocollo, dopodiché si possono aggiungere ulteriori componenti, come ad esempio gli airbag.
- Allestimento elettronico della scocca;
- Posizionamento dell'H-POINT machine (HPM): l'HPM è uno strumento fisico utilizzato per stabilire i punti di riferimento e le misurazioni chiave in un veicolo. Lo strumento di progettazione del punto H (HPD) è una versione CAD semplificata dell'HPM, che può essere utilizzata in combinazione con l'HPM.
- Posizionamento delle telecamere.

Gli ultimi due capitoli del QDB riguardano l'esecuzione della prova e l'elaborazione della prova. In questa sezione si valutano le verifiche immediatamente post-prova che risultano facilmente visibili senza l'ausilio delle riprese video, come ad esempio la possibilità di slacciare le cinture, o la presenza di anomalie nel posizionamento del manichino. Infine, si valuta il comportamento della cinematica del manichino: le zone d'urto e di interazione, le rotazioni etc.

Come descritto, il QDB accompagna tutto l'allestimento della prova e la sua compilazione termina dopo l'esecuzione di essa, con le verifiche finali. Il passo successivo riguarda l'analisi dei video e la valutazione dell'esito della prova.

Si allega in APPENDICE I il QDB della prova Far Side realizzato al Centro Sicurezza Fiat, in APPENDICE II la Procedura di Puntamento delle telecamere e in APPENDICE III lo Standard fotografico.

5 Applicazione Far Side al Centro Sicurezza – Esecuzione dei test di Slitta

La stesura del QDB è stata propedeutica per il set-up e l'esecuzione delle prove d'urto che verranno descritte in questo capitolo.

Tali prove sono state utili a valutare il rischio di lesione per l'occupante guidatore all'interno di veicoli che non sono stati specificamente progettati per l'urto Far Side e, dunque, per capire quali contromisure intraprendere al fine di migliorare le prestazioni di tali veicoli. La configurazione attuata, quindi, consiste nell'impattare il veicolo dal lato opposto rispetto al guidatore. Sono stati eseguiti quattro crash test per simulare l'AE-MDB test e il Pole test su due veicoli diversi.

5.1 Esecuzione della prima prova di urto Far Side

Le prime due prove sono state svolte su un veicolo che per limiti di confidenzialità non sarà rivelato. Sono state eseguite una prova AE-MDB per simulare l'urto contro la barriera deformabile e un Pole test per simulare l'urto del veicolo contro il palo. Nei paragrafi seguenti si riporta la preparazione pre-prova, che risulta simile per entrambe le prove eccetto la fase di marcatura del veicolo in cui si hanno alcune differenze, dovute alle diverse intrusioni tra prova palo e prova AE-MDB, e l'analisi post-prova che è stata svolta in parallelo per i due crash test in modo da evidenziare le differenze nei valori biomeccanici e nei risultati.

5.1.1 Set-up di prova

Il flusso di gestione della prova è avvenuto in diverse fasi:

1) ALLESTIMENTO MECCANICO

- Scocca: la struttura esterna del veicolo da testare e i relativi fissaggi per inclinarla di 15° come previsto dalla prova;
- Sedili anteriori;
- Colonna sterzo e plancia: la parte interna anteriore del veicolo e la struttura volante;
- Console centrale;
- Cinture e pretensionatori per i sedili anteriori;
- Griglia 50 x 50: si tratta della griglia richiesta dalla prova da posizionare nella parte posteriore;
- Spaziatori: due distanziali da inserire tra il lato colpito (montante B) e il sedile passeggero e tra il sedile passeggero e la console centrale, che servono a limitare il movimento del sedile dovuto all'inerzia. I distanziali devono avere le caratteristiche di rigidità del polipropilene espanso (EPP60) o più rigido con proprietà di compressione di circa 340KPa per il 25% di compressione (determinato secondo ISO 844).

2) MARCATURA DEL VEICOLO

La tracciatura del veicolo consiste in tre linee di escursione della testa più un'altra linea:

- Blu: centerline del veicolo;
- Verde: limite di interazione occupante-occupante;
- Gialla: centerline del sedile passeggero (lato urtato);
- Rossa: limite di massima intrusione.

	AE-MDB TEST e POLE TEST
Blu	Y=0 mm
Verde	Y=125 mm
Gialla	Y=375 mm
Rossa*	Y=520 mm

Tabella 5-1: definizione linee di escursione della testa 1° prova.

*: La massima intrusione è misurata sul pannello porta, come descritto nel paragrafo 6.3.

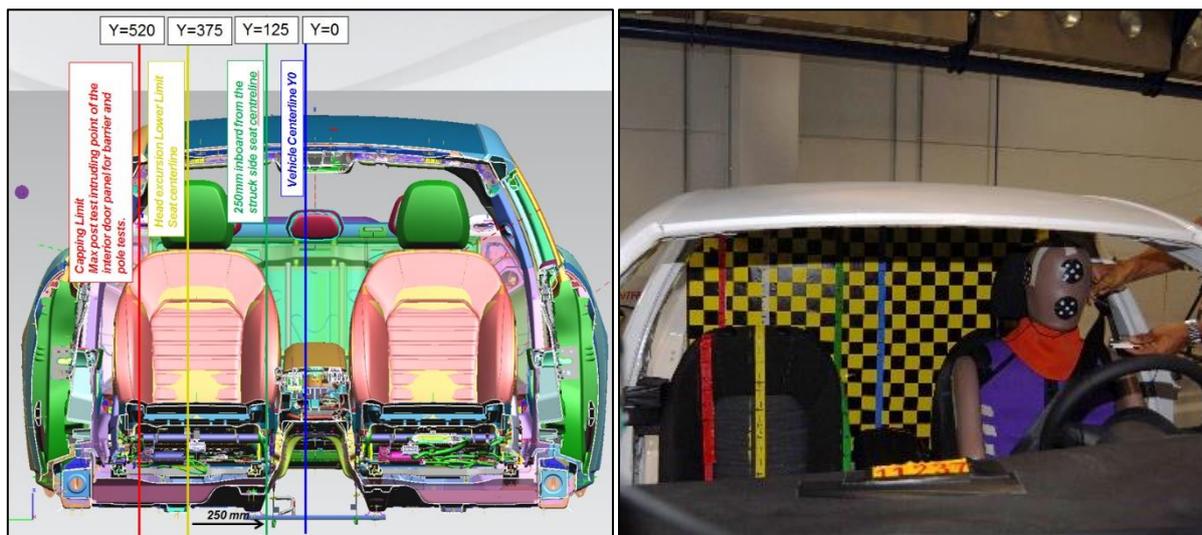


Figura 5-1: definizione linee di escursione della testa 1° prova.

3) ALLESTIMENTO ELETTRONICO E CABLAGGIO DELL'ATD

Il protocollo definisce i sensori necessari per la prova, ma è possibile includerne altri che possono risultare utili per la realizzazione del test. I sensori fissati in Slitta e nella scocca, sono riportati in Tabella 5-2:

SENSORE	DESCRIZIONE
EVOP	Contatto torace
PM1X e PM1Y	Accelerometro su pavimento zona centrale sinistro, avvitato su bassetta saldata a scocca;
CP1X e CP2X	Accelerometro su carrello destro e sinistro, avvitato su bassetta carrello;
FTESG	Tensiometro superiore guidatore agganciato su cintura.

Tabella 5-2: sensori utilizzati in Slitta per la 1° prova.

L'ultima fase dell'allestimento elettronico è il cablaggio del WorldSID 50th percentile. Per quanto riguarda il WorldSID 50th i canali cablati utili per la valutazione prova sono:

- Accelerazione e velocità angolare w_x , w_y , w_z della testa;
- Forze e momenti sul collo;
- Forze, spostamenti e rotazioni su spalla;
- Spostamento e rotazione delle vertebre toraciche e addominali;
- Accelerazione, forze e momenti nella regione T12;
- Accelerazione su bacino e forza pubica;
- Temperatura manichino.

4) POSIZIONAMENTO IN VETTURA DELL'ATD

Il posizionamento del manichino nella scocca è stato eseguito effettuando tutte le misurazioni richieste dal protocollo per garantire il corretto posizionamento dell'ATD in vettura.

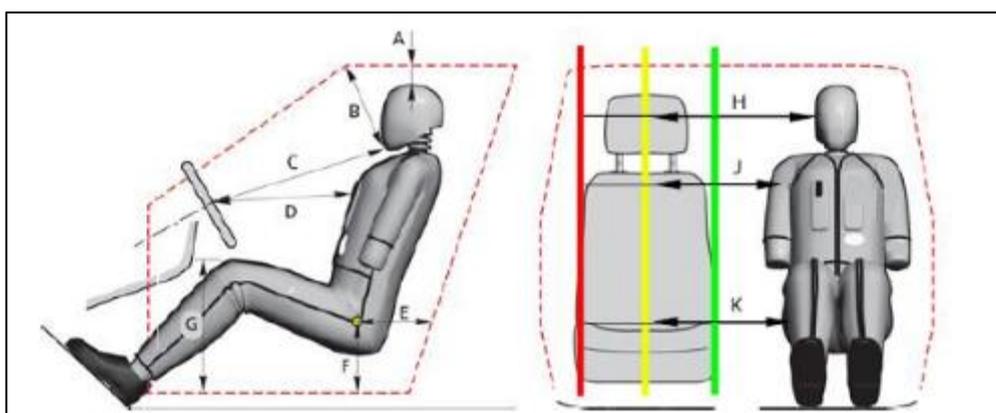


Figura 5-2: misurazioni richieste per il posizionamento dell'ATD.

5) PUNTAMENTO DELLE TELECAMERE

Per quanto riguarda i documenti fotografici della prova, trattandosi di prove interne da non inviare a clienti esterni o ad EuroNCAP, si è optato per un set-up di prova più veloce, riducendo il numero di telecamere onboard da 6 a 2.

Le telecamere interne utilizzate sono la B e la D definite nello standard fotografico in APPENDICE II. Inoltre, per il montaggio delle telecamere interne è stata realizzata una struttura su scocca dotata di opportune staffe.

6) PROVA STATICA E IMPOSTAZIONE DEI PULSE

Nella fase immediatamente precedente all'urto è buona norma effettuare una verifica del corretto funzionamento dei sistemi di acquisizione e dei sistemi di output della Slitta (per sistemi di output si intende il segnale di trigger necessario ad attivare il sistema di ritenuta della vettura, come airbag e pretensionatori). Tale verifica viene detta in gergo "prova statica".

Il segnale di input da dare al software della Slitta è il PULSE derivante dall'urto full scale che si desidera riprodurre. In particolare, considerando la rispettiva prova Near Side eseguita in Full Scale, sfruttando la curva di accelerazione ricavata dall'accelerometro posizionato dal lato opposto rispetto all'urto in corrispondenza del B-Pillar filtrato con un filtro CFC 60 ed utilizzando la relazione riportata nel paragrafo 3.3 sono stati ottenuti i PULSE AE-MDB e Pole da impostare in Slitta. Prima di posizionare il manichino sono state eseguite delle prove di calibrazione del PULSE, ovvero delle prove di calibrazione del PULSE, per verificare che la Slitta fosse effettivamente capace di riprodurre il PULSE della prova in Full Scale e per ottimizzare il PULSE riprodotto dalla Slitta; l'andamento dei PULSE Slitta per entrambe le prove (AE-MDB e Pole) è risultato pressoché analogo ai corrispondenti PULSE di riferimento (maggiori dettagli sul confronto tra i PULSE saranno forniti nei paragrafi successivi).

Per la prova Palo si riportano nell'immagine sottostante il PULSE della Slitta (curva verde) e il PULSE di riferimento (curva blu):

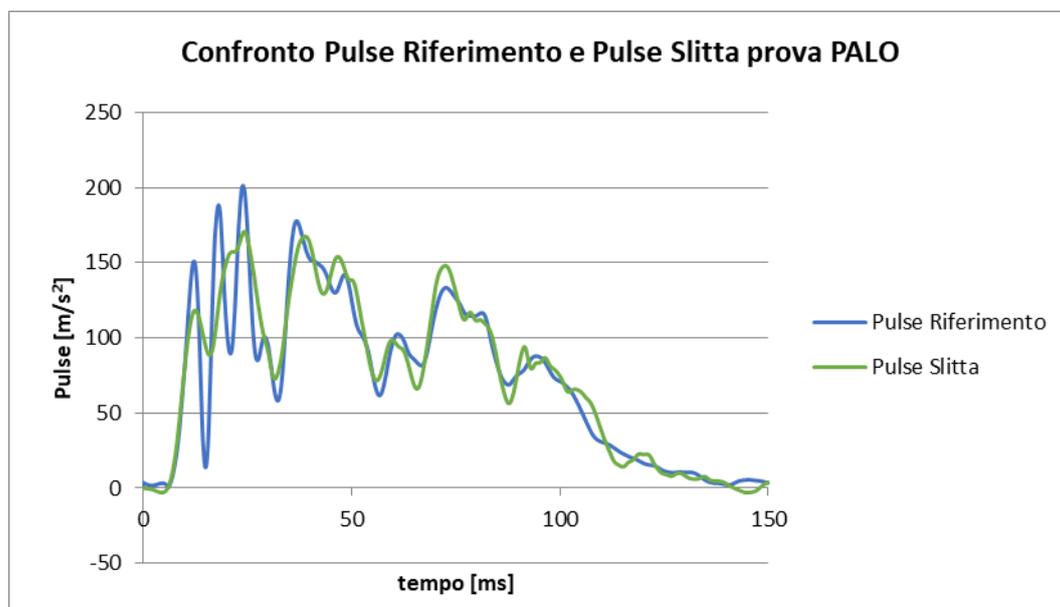


Figura 5-3: confronto tra il PULSE di riferimento e il PULSE della Slitta per la 1° prova Palo.

Lo stesso confronto è stato eseguito per la prova barriera, i cui grafici sono riportati di seguito:

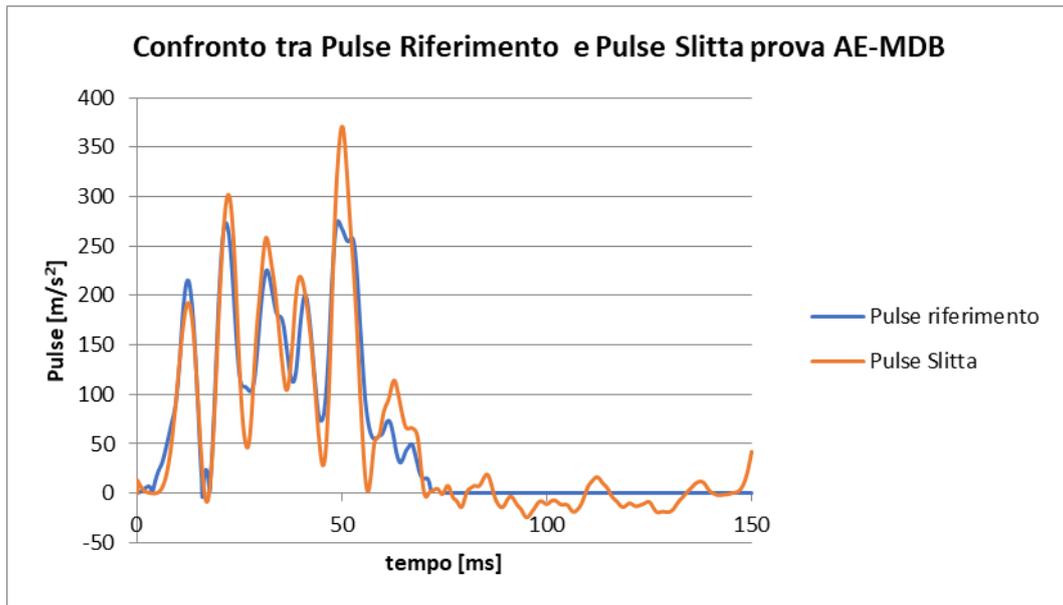


Figura 5-4: confronto tra il PULSE di riferimento e il PULSE della Slitta per la 1° prova AE-MDB.

7) ESECUZIONE PROVA

Impostazione del PULSE, esecuzione delle foto pre-prova richieste dal protocollo e lancio della prova.

Si riportano nelle immagini seguenti esempi di foto pre-prova (Figura 5-5):



Figura 5-5: esempi di foto pre-prova.

5.1.2 Analisi della prova

Come già affermato in precedenza, il fine ultimo della prova è la valutazione della prestazione del veicolo in termini di protezione dell'occupante nei casi di urto Far Side. Per far ciò, è necessario analizzare la risposta biomeccanica del dummy e verificare che essa rispetti i limiti biomeccanici indicati dal protocollo EuroNCAP.

a) Verifica della significatività della prova

La prima cosa da valutare è la significatività della prova: perciò, il primo controllo eseguito riguarda il PULSE utilizzato. Questo passaggio è fondamentale per capire se il margine di errore della Slitta è accettabile. Infatti, nel momento in cui viene impostato in Slitta il PULSE del veicolo ottenuto da prove in Full scale, la Slitta non è in grado di riprodurlo perfettamente, dunque è necessario andare a verificare se il contenuto energetico della prova simulata in Slitta è coerente con quello del Full scale.

Tale verifica viene effettuata mediante la differenza tra i DeltaV (DV) dei due PULSE, quello in input e quello in output. Innanzitutto, per DeltaV si intende la variazione di velocità della scocca (o del veicolo) in seguito all'urto. Tale grandezza è ottenuta per integrazione dei PULSE. Il primo requisito da soddisfare è che la differenza tra DVoutput e DVinput sia entro i corridoi definiti dal protocollo, ovvero la differenza tra i valori DV per un tempo $t > 120 \text{ ms}$ deve essere all'interno della zona definita come "Accettabile" (Figura 3-16).

Per quanto riguarda il POLE TEST:

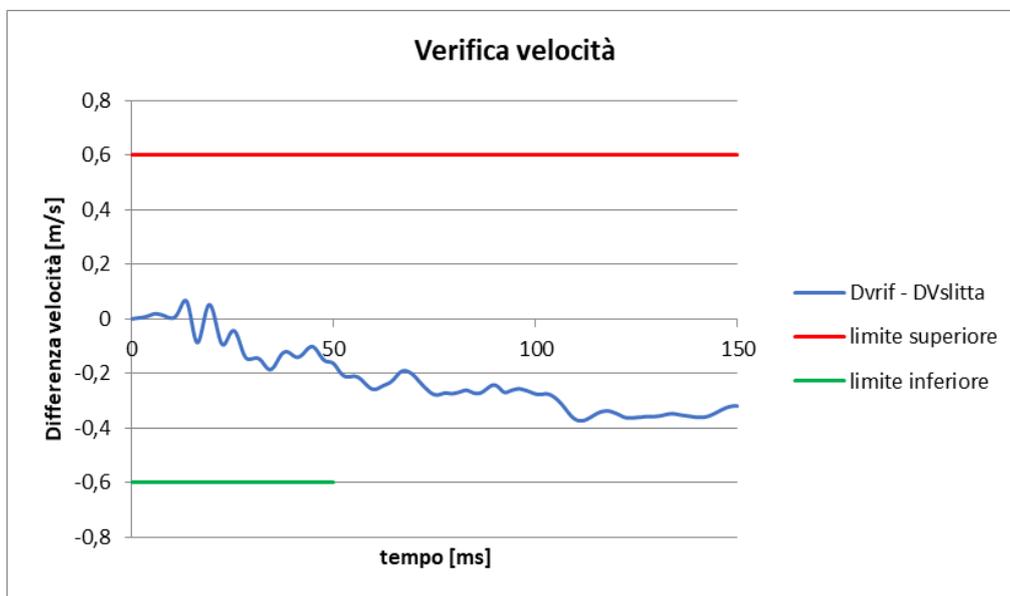


Figura 5-6: verifica velocità 1° prova Palo.

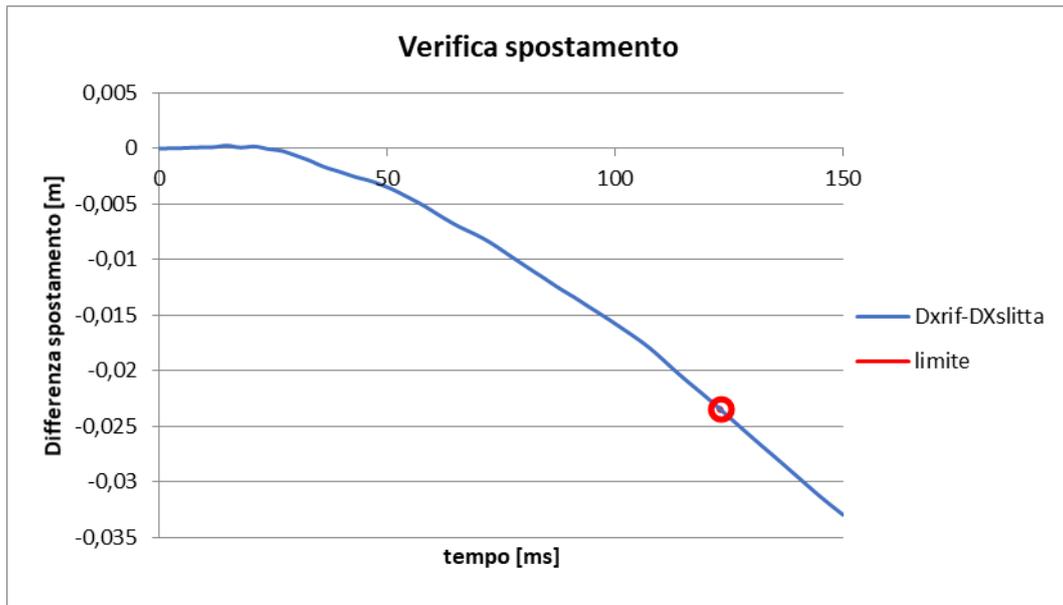


Figura 5-7: verifica spostamento 1° prova Palo.

Il secondo grafico mostra lo spostamento in funzione del tempo ottenuto dall'integrazione della velocità. Per un tempo $t=120$ ms si ottiene un valore di DX negativo per cui anche il secondo requisito è rispettato (Figura 3-17).

Uguualmente per l'AE-MDB TEST entrambi i requisiti sono accettati, come si osserva dalle seguenti curve (Figura 5-8 e Figura 5-9).

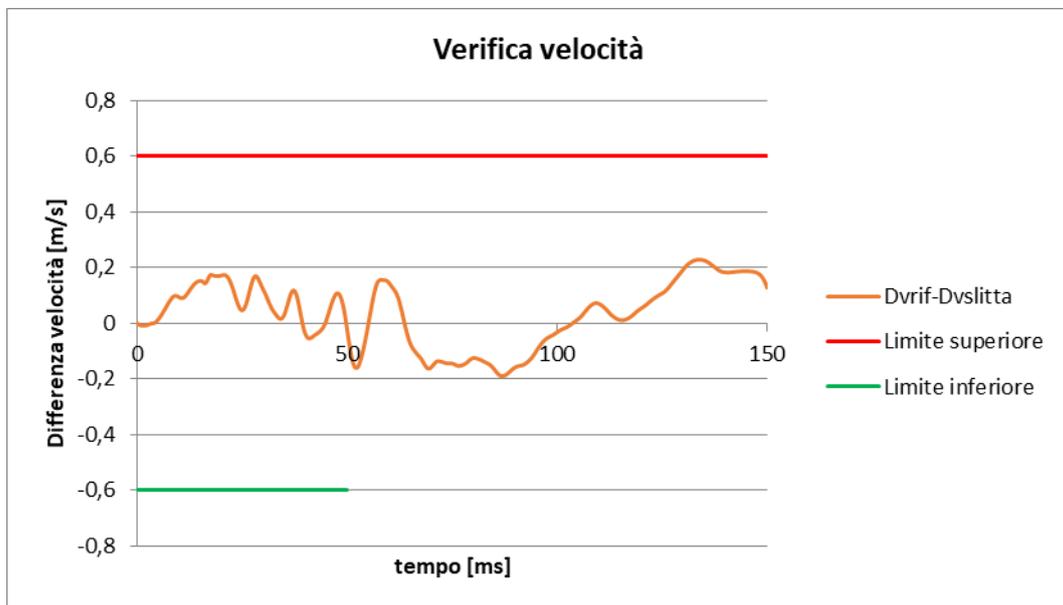


Figura 5-8: verifica velocità 1° prova AE-MDB.

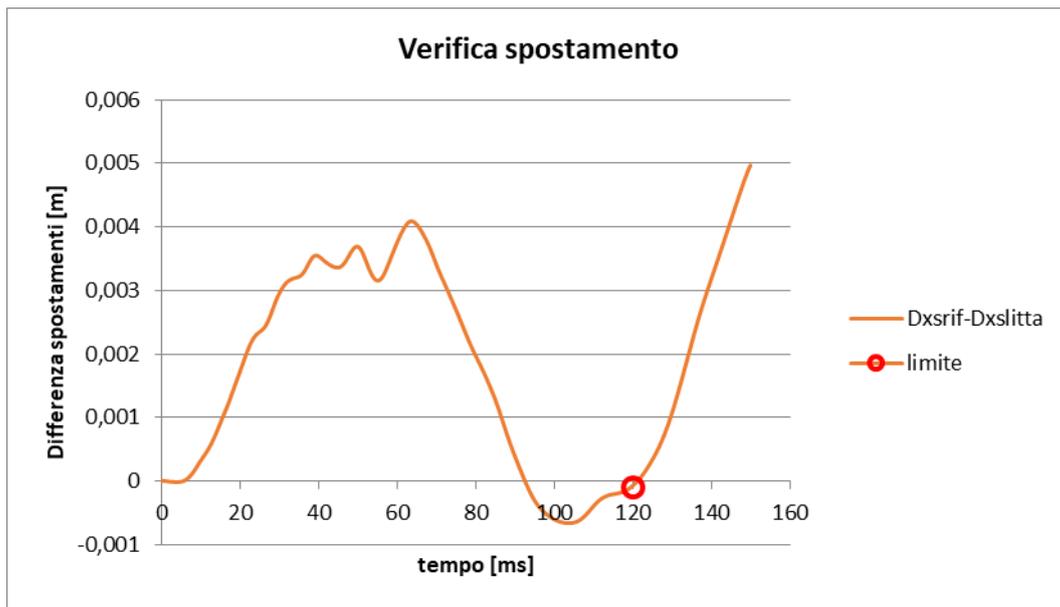


Figura 5-9: verifica spostamento 1° prova AE-MDB.

I due PULSE sono stati confrontati tra loro per valutare l'influenza del PULSE del veicolo sulle lesioni del guidatore; Figura 5-10, Figura 5-11 e Figura 5-12.

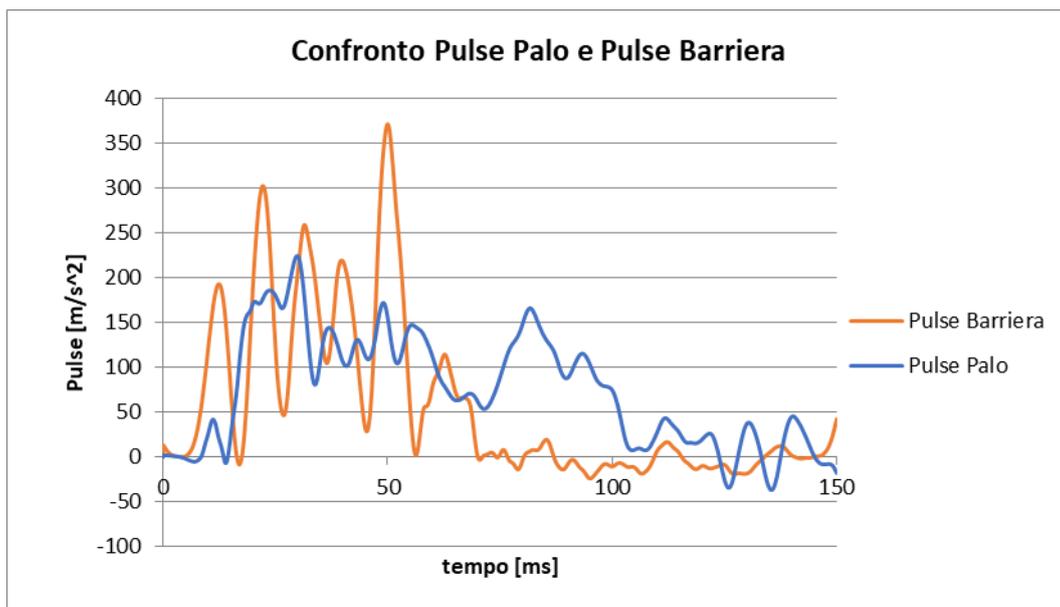


Figura 5-10: confronto tra i PULSE Palo e AE-MDB per la 1° prova.

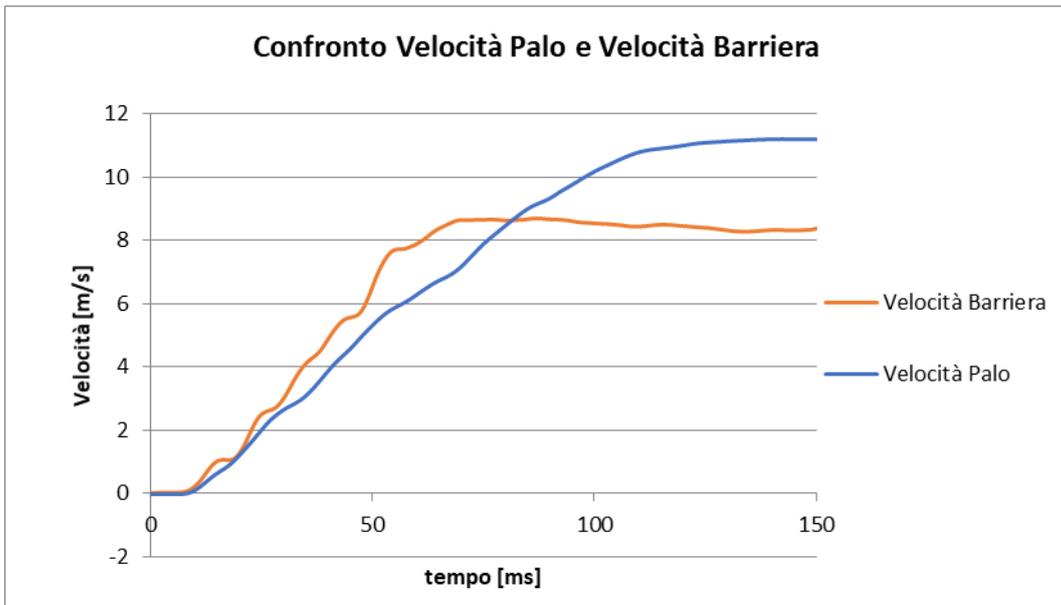


Figura 5-11: confronto tra le velocità Palo e AE-MDB per la 1° prova.

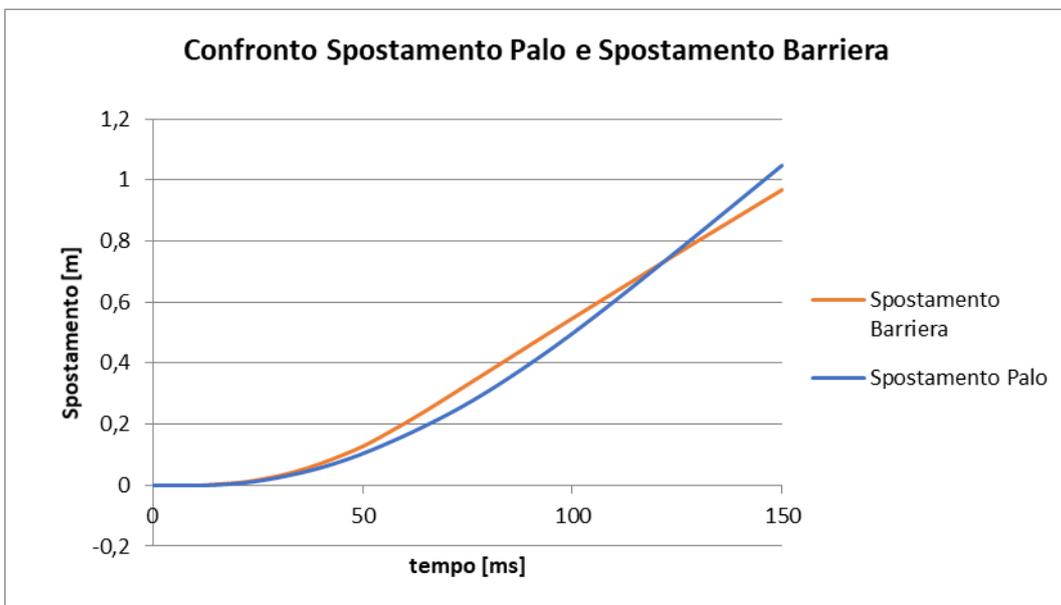


Figura 5-12: confronto tra gli spostamenti Palo e AE-MDB per la 1° prova.

b) Verifica dei tempi di sparo del sistema di ritenuta

I TTF (Time to Fire) i tempi di sparo dei pretensionatori sono impostati analogamente ai TTF stabiliti per la rispettiva prova Near Side eseguita in Full Scale ai quali viene sommato un opportuno delay. Dall'analisi dei video ottenuti dalla prova è stato verificato che la Slitta riproduca fedelmente i TTF. Nel caso del palo, si osserva che il primo segno di pretensionamento della cintura si ha per un $T=10$ ms.



Figura 5-13: analisi video: valutazione TTF per la 1° prova Palo.

Un'ulteriore verifica sul tempo di attivazione dell'arrotolatore e del terzo punto deriva dall'osservazione della forza della cintura su torace e bacino. Le curve in Figura 5-14 e Figura 5-15 mostrano un tempo di attivazione per l'arrotolatore pari a 8 ms e per il terzo punto pari a 10 ms.

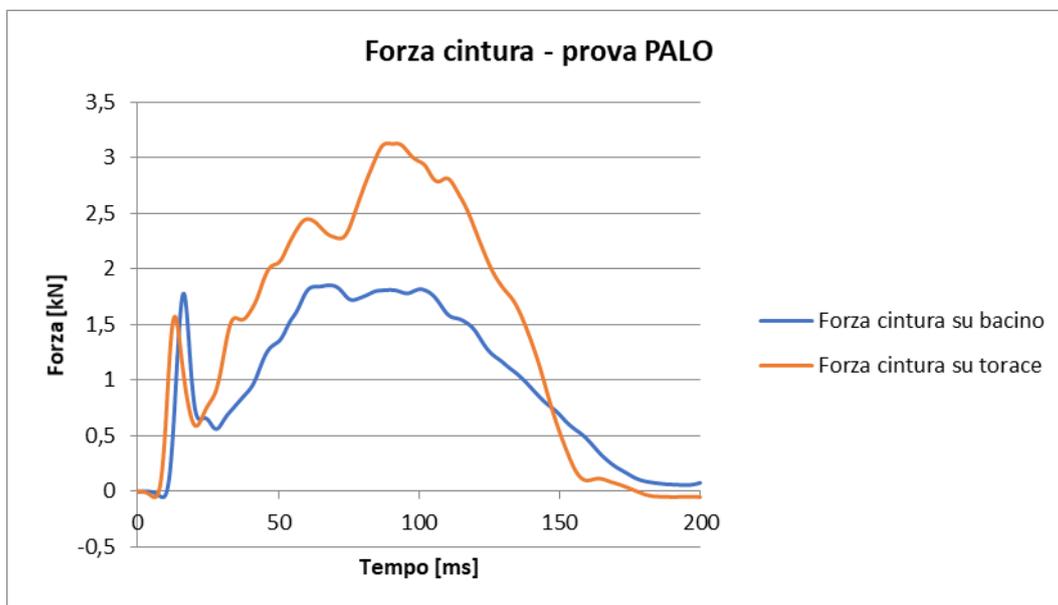


Figura 5-14: curva della forza cintura per la 1° prova Palo.

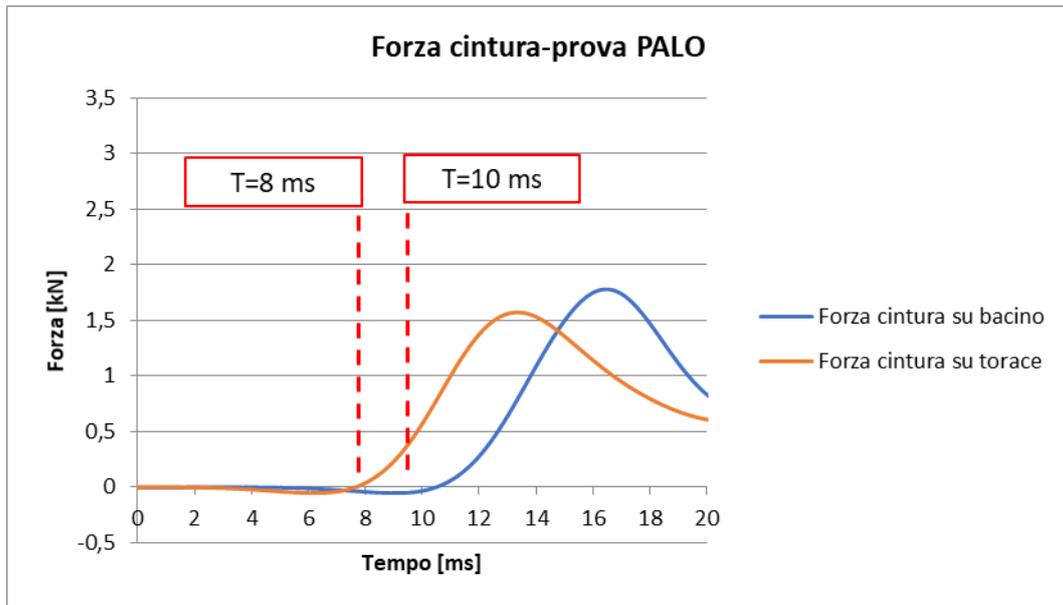


Figura 5-15: valutazione TTF dalla curva della forza cintura per la 1° prova Palo.

Anche per la barriera, l'attivazione del pretensionatore si ha per $T= 10$ ms (Figura 5-16):



Figura 5-16: analisi video: valutazione TTF per la 1° prova AE-MDB.

Il tempo di attivazione dell'arrotolatore e del terzo punto sono equivalenti a quelli registrati nella prova palo (Figura 5-17 e Figura 5-18).

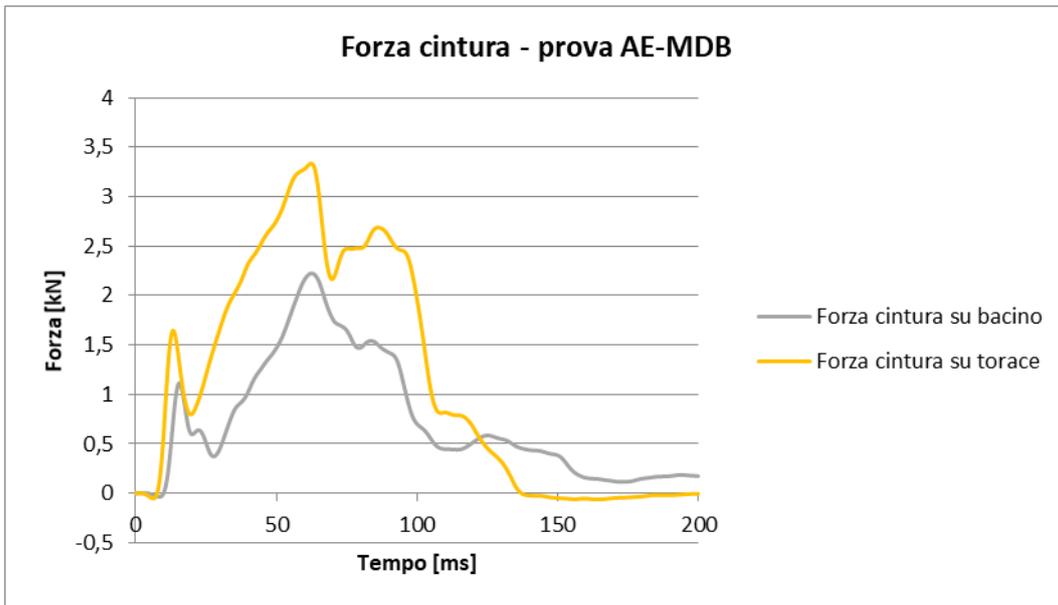


Figura 5-17: curva della forza cintura per la 1° prova AE-MDB.

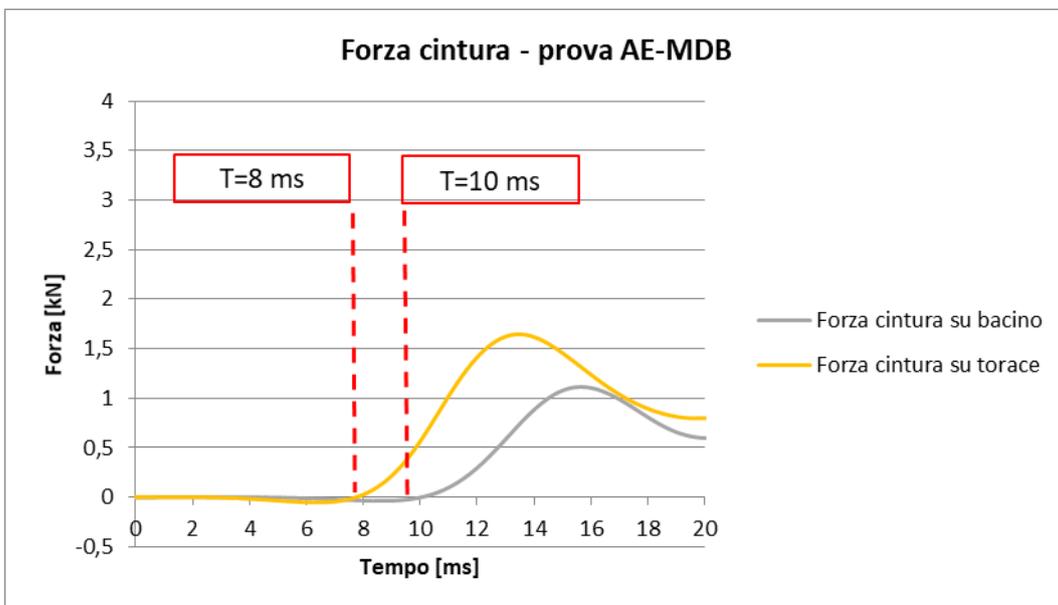


Figura 5-18: valutazione TTF dalla curva della forza cintura per la 1° prova AE-MDB.

c) Interazione tra bacino e mobiletto centrale

Nella prova Far Side, come detto precedentemente, assume un ruolo fondamentale l'interazione tra l'occupante e la console centrale. Per questo motivo un evento da monitorare e di cui evidenziare il primo istante è il contatto tra manichino e console centrale.

Per ottenere questo istante temporale si considera l'impulso elettrico che deriva dal passaggio di corrente che si verifica quando le due piastrine metalliche, una posta sull'ATD e una sulla console centrale, entrano in contatto tra loro creando un corto circuito. In entrambe le prove, l'impulso acquisito non è significativo a causa di un errore di misura dovuto al rumore troppo elevato, per cui per definire quando è avvenuto il contatto sono state osservate le curve di accelerazione del

bacino in direzione y. Nel dettaglio, è possibile associare al tempo in cui si registra un cambio di pendenza il contatto tra manichino e mobiletto centrale.

Per entrambe le prove si ha:

- Contatto bacino-consolle centrale T=35 ms;

Si riportano le curve sopradette in Figura 5-19 e Figura 5-20.

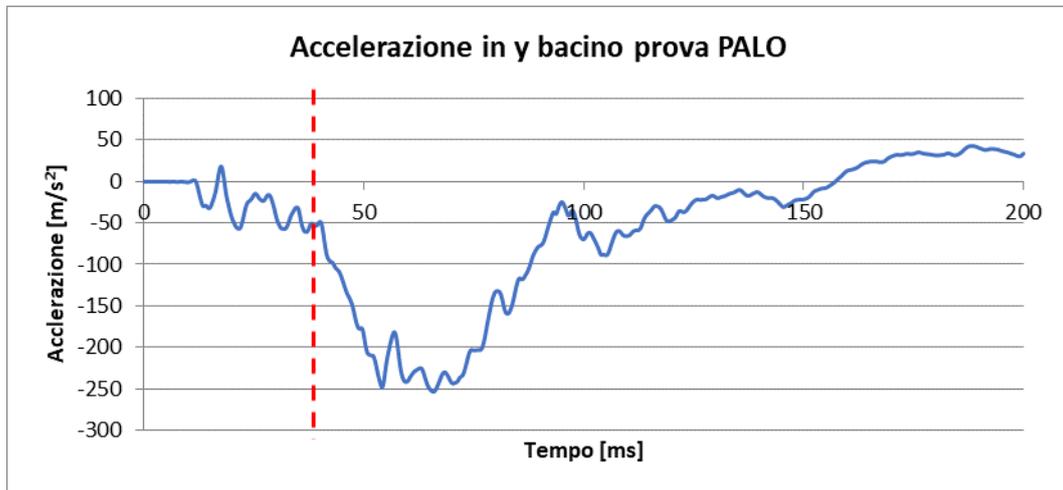


Figura 5-19: curva di accelerazione del bacino per la 1° prova Palo.

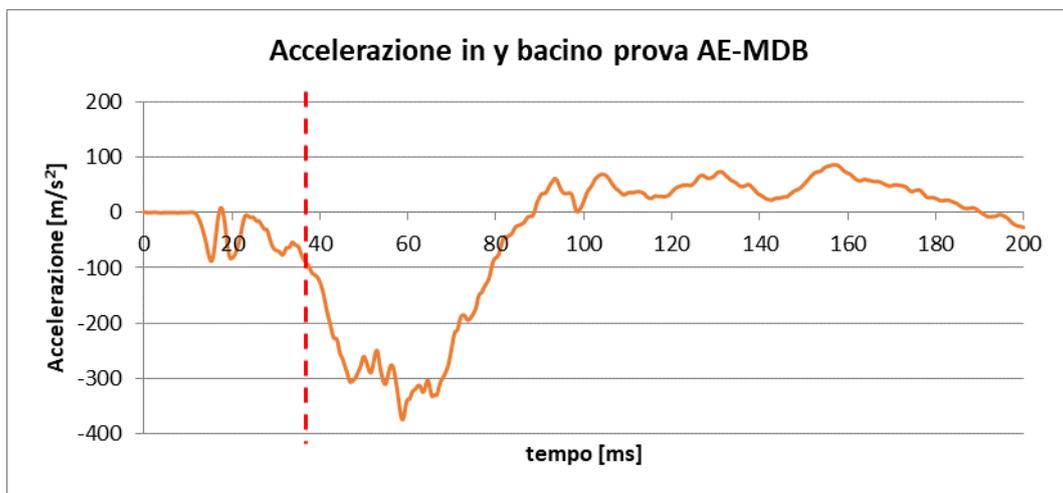


Figura 5-20: curva di accelerazione del bacino per la 1° prova AE-MDB.

d) Escursione della testa dell'ATD

Una discriminante per il punteggio della prova Far Side è l'escursione della testa. Dalle riprese video si nota che la testa raggiunge la linea verde (limite di interazione occupante-occupante) per un tempo $t=107$ ms per la prova palo (Figura 5-21) e per un tempo $t=96$ ms per la prova barriera (Figura 5-22).



Figura 5-21: analisi video: escursione della testa per la 1° prova Palo.



Figura 5-22: analisi video: escursione della testa per la 1° prova AE-MDB.

Il momento attorno all'asse X del collo del manichino è un parametro che influenza molto il punteggio del test. Per trasferire la misura del momento in X ricavata dalla cella di carico del collo in corrispondenza del condilo occipitale è stata utilizzata l'equazione seguente [31]:

$$M_{O.C.x} = M_x + F_y \cdot O.D.$$

$M_{O.C.x}$: Momento X del condilo occipitale;

M_x : Momento misurato dalla cella di carico;

F_y : Forza misurata dalla cella di carico;

O.D.: braccio della forza pari a 0.0198 m.

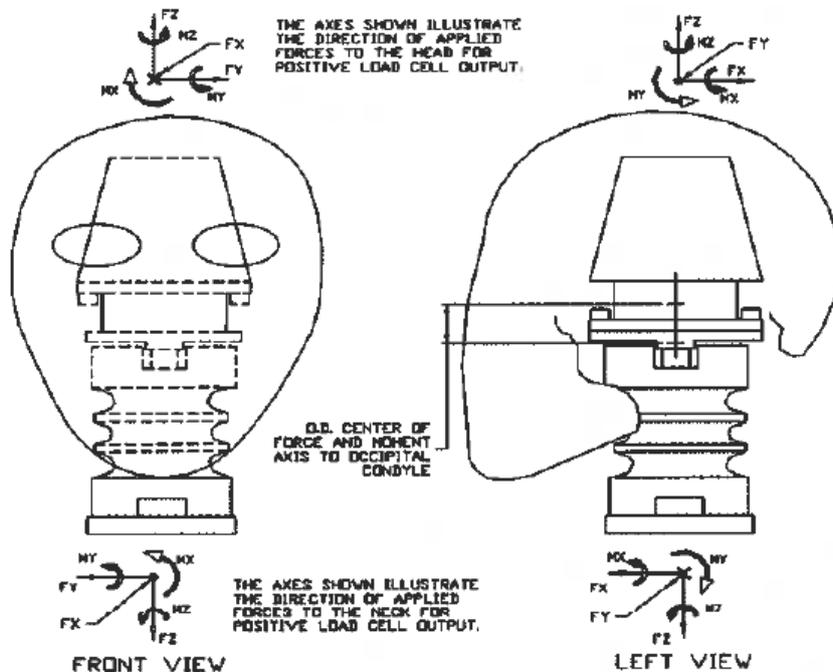


Figura 5-23: cella di carico del collo e calcolo del momento.

L'andamento del momento è simile per entrambe le prove:

- Per il palo, il momento è positivo nei primi secondi, per poi invertire il segno in $t=107$ ms. Per $t=125$ ms si ha il contatto con la spalla che determina il picco negativo del momento, l'effetto dell'impatto braccio-collo si manifesta nel picco successivo. Il momento massimo in X del collo (-52.13 Nm) viene raggiunto in $t=160$ ms (Figura 5-24).

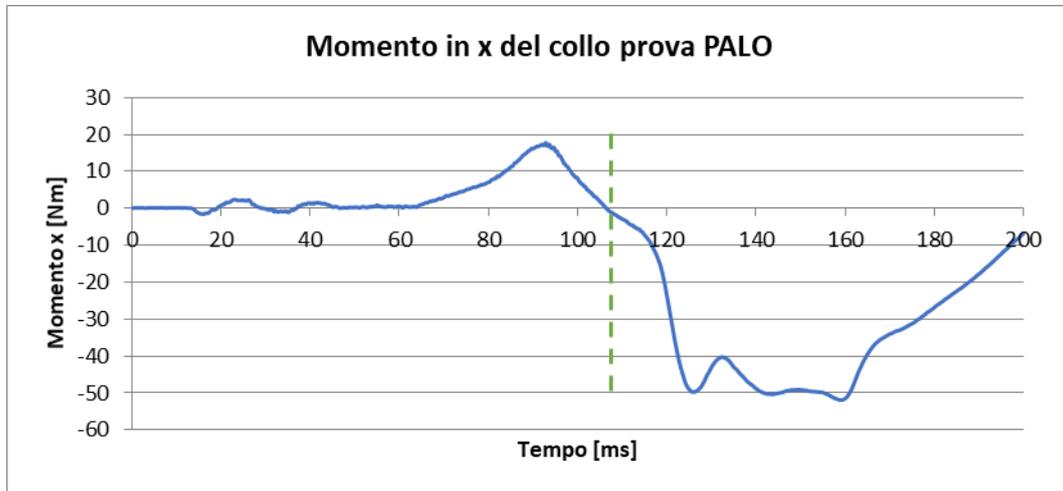


Figura 5-24: curva del momento in x del collo per la 1° prova Palo.

- Per la barriera, il momento inverte il segno in $t=96$ ms e l'impatto con la spalla si ha in $t=115$ ms, tempo in cui il momento è massimo e pari a -54.24 Nm (Figura 5-25).

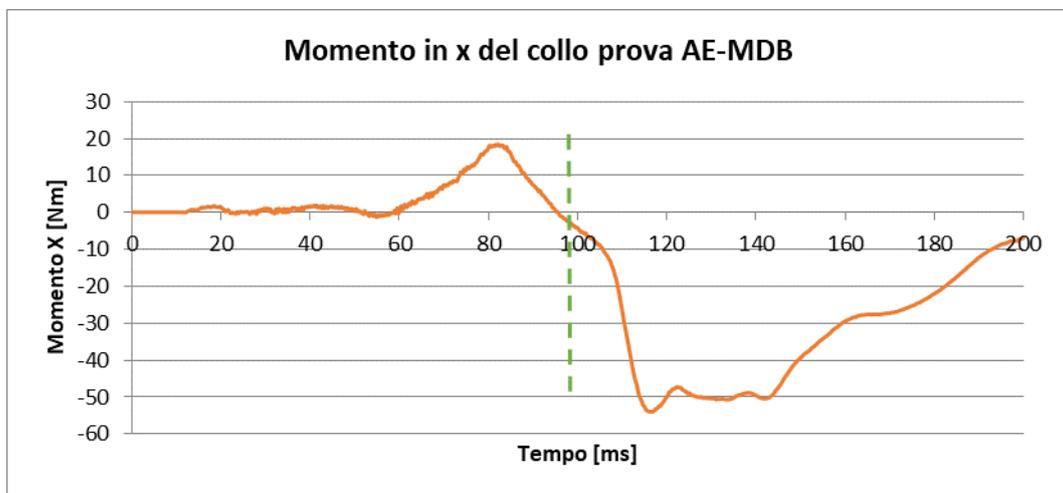


Figura 5-25: curva del momento in x del collo per la 1° prova AE-MDB.

La testa assume una posizione orizzontale nel tempo $t=122$ ms per la prova palo (Figura 5-26) e nel tempo $t=112$ ms per la prova barriera (Figura 5-27).



Figura 5-26: analisi video: posizione orizzontale della testa per la 1° prova Palo.



Figura 5-27: analisi video: posizione orizzontale della testa per la 1° prova AE-MDB.

e) Traiettoria della testa dell'ATD

Infine, mediante il posizionamento richiesto dal protocollo di due marker, uno in corrispondenza del COG della testa e l'altro 100 mm al di sotto del COG, è stato possibile eseguire un'analisi qualitativa mediante analisi dei frame dei video che ha permesso di valutare la traiettoria della testa.

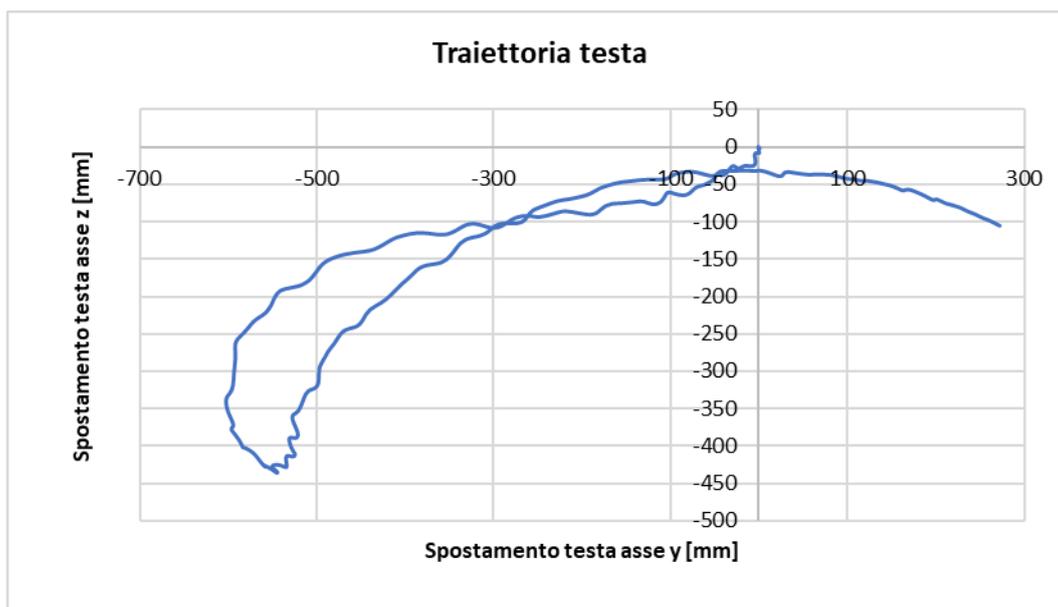


Figura 5-28: analisi video: traiettoria della testa prova Palo.

È stato possibile eseguire questo tipo di analisi soltanto per questa prova perché il set-up per l'analisi da video è stato implementato solo per questo urto.

f) Biomeccanica

Analizzando la valutazione e il punteggio della prova tutti i parametri sono inferiori ai limiti fissati dal protocollo, eccetto il momento in x del collo che è superiore al limite imposto dal protocollo. Inoltre, bisogna considerare il superamento della linea verde, che comporta un dimezzamento del punteggio.

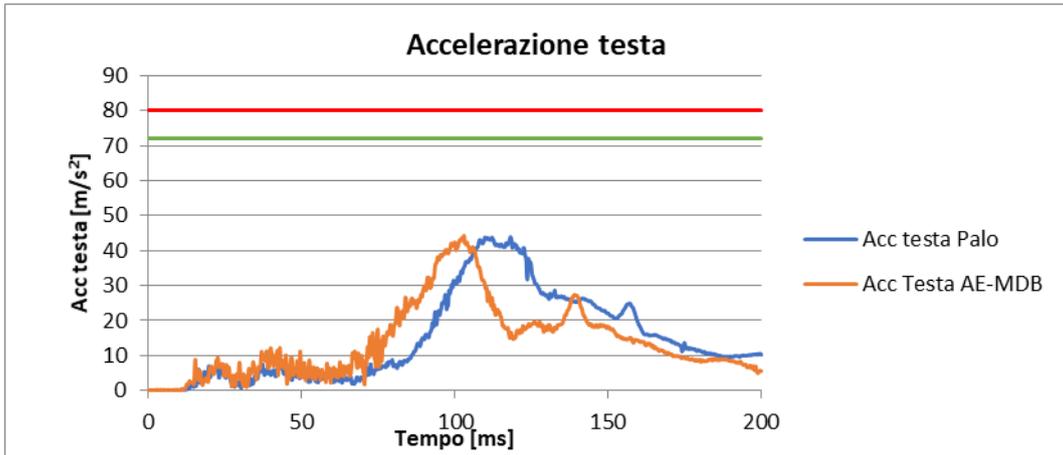


Figura 5-29: curva di accelerazione della testa per la 1° prova.

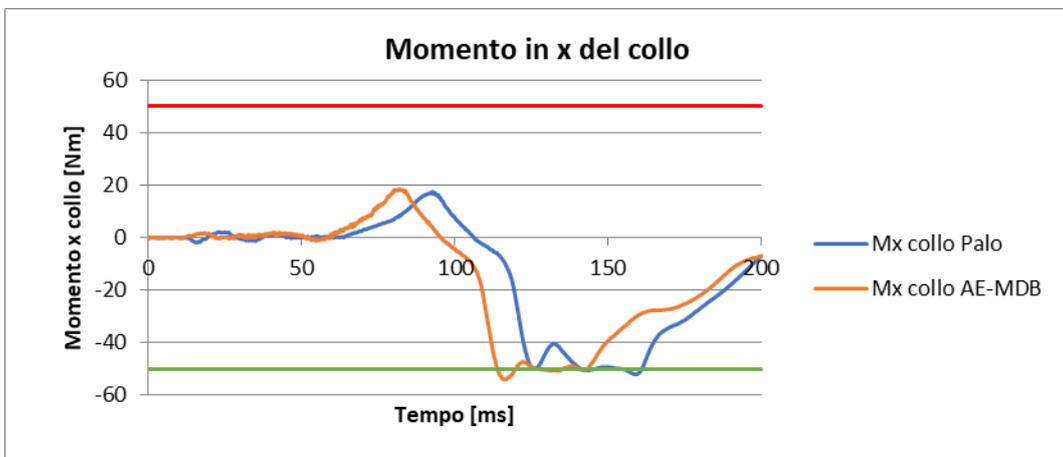


Figura 5-30: curva del momento in x del collo per la 1° prova.

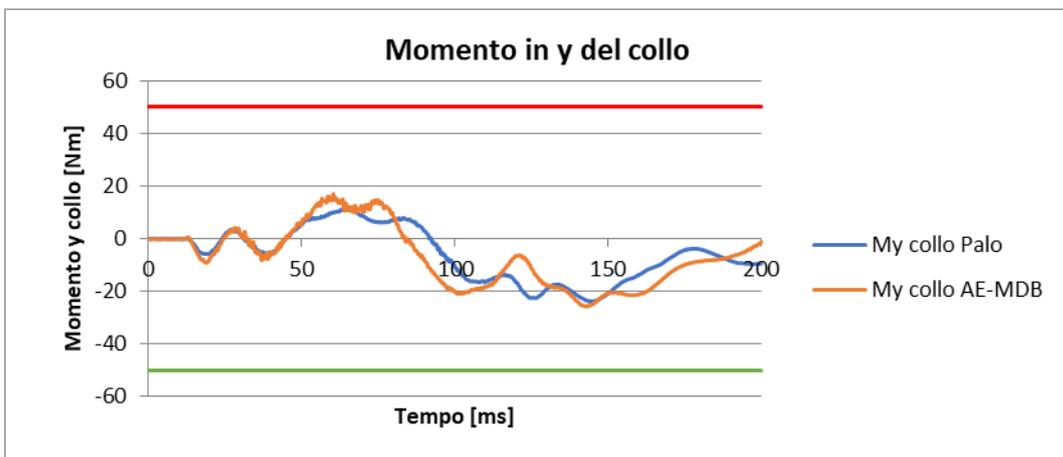


Figura 5-31: curva del momento in y del collo per la 1° prova.

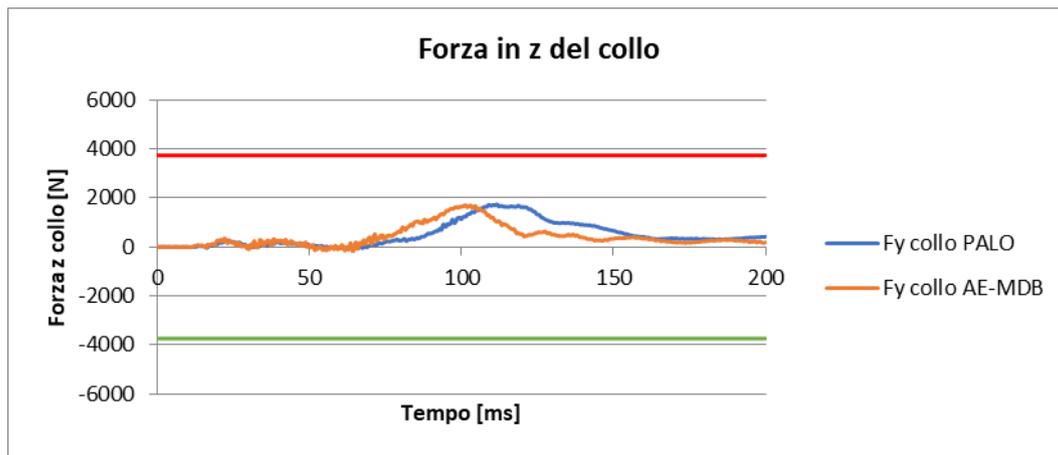


Figura 5-32: curva della forza in z del collo per la 1° prova.

Per quanto riguarda le costole toraciche e addominali sono stati considerati i rispettivi valori massimi positivi di spostamento che corrispondono allo schiacciamento massimo delle costole. Si riportano nelle curve di seguito gli andamenti degli spostamenti delle costole addominali (Figura 5-33) e toraciche (Figura 5-34) per entrambe le prove:

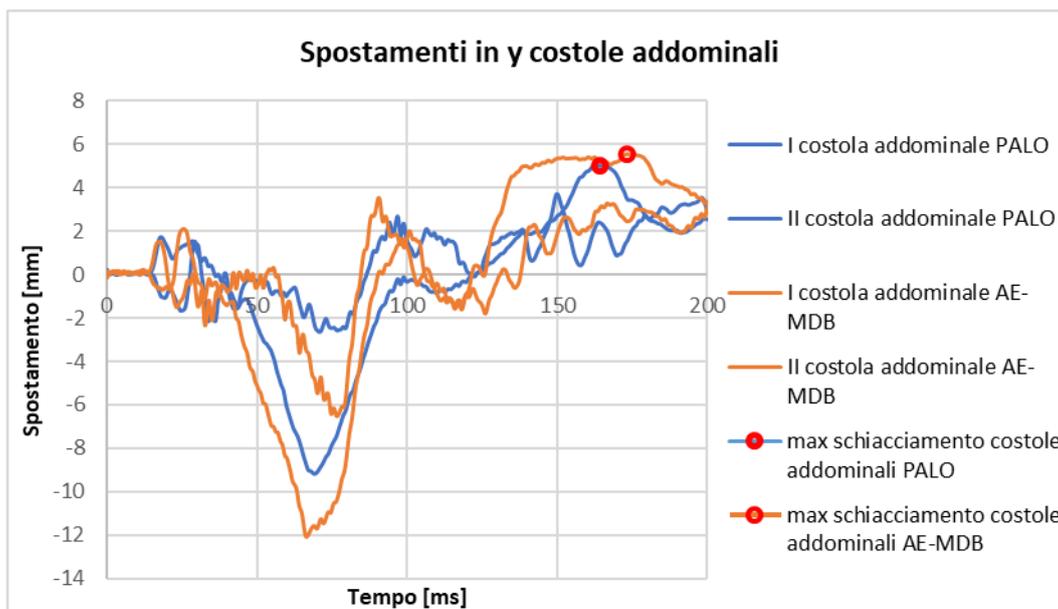


Figura 5-33: curva degli spostamenti in y delle costole addominali per la 1° prova.

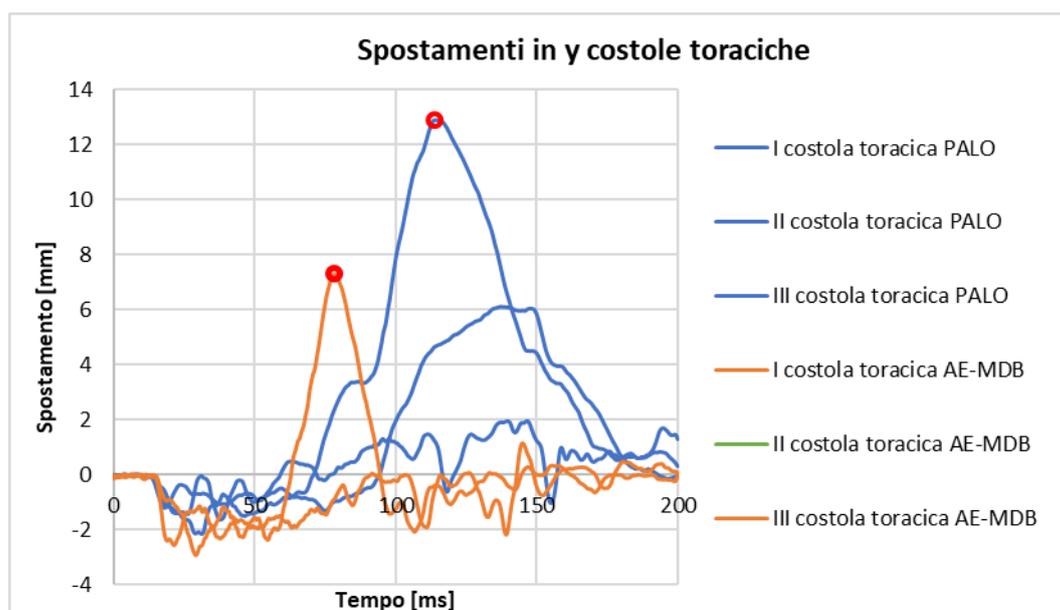


Figura 5-34: curva degli spostamenti in y delle costole toraciche per la 1° prova.

Gli schiacciamenti delle costole non sono critici, si hanno dei valori massimi tra 5 - 13 mm.

Si riporta di seguito una tabella che contiene tutti i valori corrispondenti ai parametri biomeccanici caratteristici dell'ATD utili alla valutazione della prova. Tutti i parametri rientrano nei limiti imposti dal protocollo eccetto il momento Mx del collo (il cui valore è evidenziato in rosso in Tabella 5-3).

Regioni manichino	Parametri	Unità	Limite inferiore	Limite superiore	Capping	Pole Test	Barrier Test	Punteggio
TESTA	HIC ₁₅	-	500	700	> 700	173.00	151.00	4 Punti
	Accelerazione risultante 3ms	g	< 72	80	> 80	43.11	41.71	
	Escursione testa	-	< Green line	> Yellow line	> Red line	> Green line	> Green line	
COLLO	Forza Fz	KN	< 3.74	> 3.74	-	1.74	1.72	4 Punti
	Flessione laterale Mx	Nm	< 50	> 50	-	-52.13	-54.24	
	Estensione negativa My	Nm	< 50	> 50	-	-21.97	-22.73	
TORACE & ADDOME	Costole toraciche (Max)	mm	< 28	50	> 50	12,88	7,28	4 Punti
	Costole addominali (Max)	mm	< 47	65	> 65	5,01	5,54	

Tabella 5-3: valutazione dei parametri biomeccanici per la 1° prova.

g) Penalizzatori

I modifiers sui parametri del bacino e della regione lombare sono riportati nella seguente tabella.

Regioni manichino	Parametri	Unità	Limite superiore	Pole Test	Barrier Test	
BACINO E ZONA LOMBARE	Sinfisi pubica Fy	KN	2.8	-0.59	-0.67	-4 punti
	Lombare Fy	KN	2.0	-0.7	-0.75	
	Lombare Fz	KN	2.84	1.56	1.84	
	Lombare Mx	Nm	100	-66.94	-66.09	

Tabella 5-4: valutazione dei modificatori per la 1° prova.

Tutti i valori rispettano il limite imposto, per cui nessun modifiers comporta una penalità di -4.

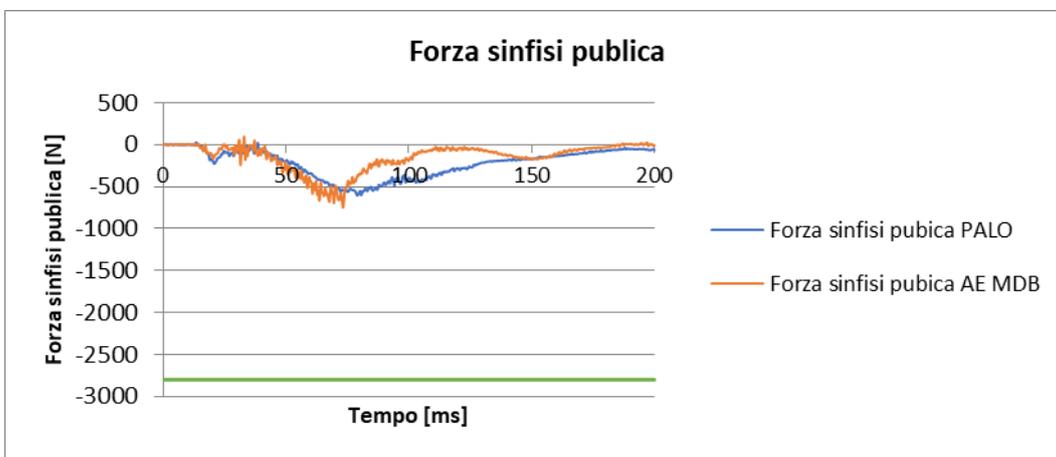


Figura 5-35: curva della forza di sinfisi pubica per la 1° prova.

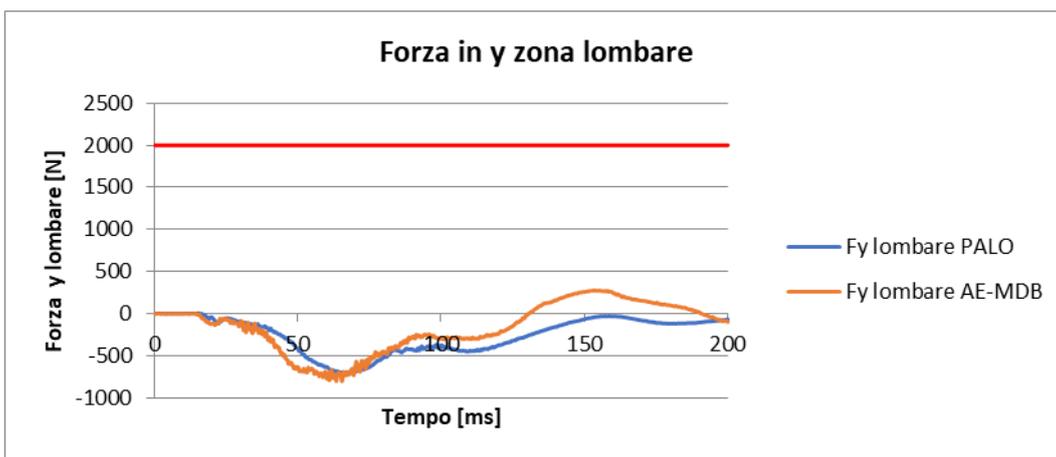


Figura 5-36: curva della forza in y lombare per la 1° prova.

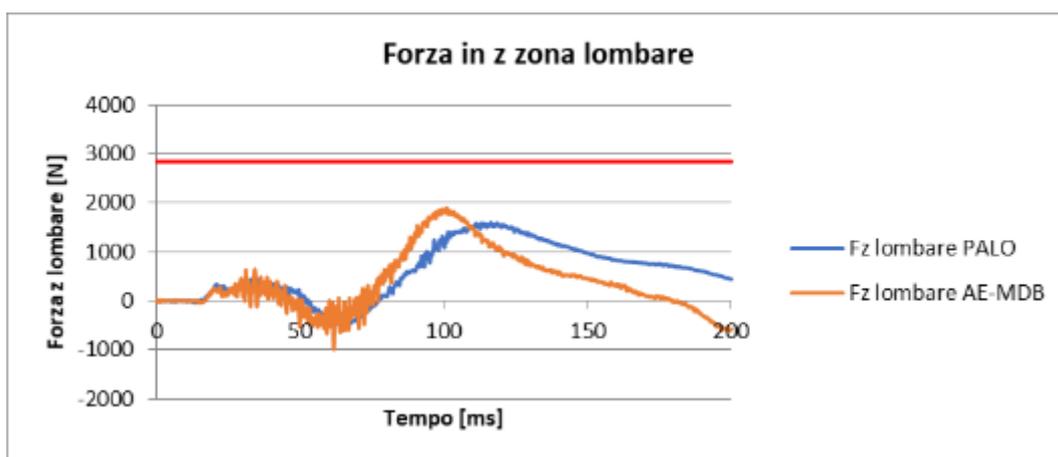


Figura 5-37: curva della forza in z lombare per la 1° prova.

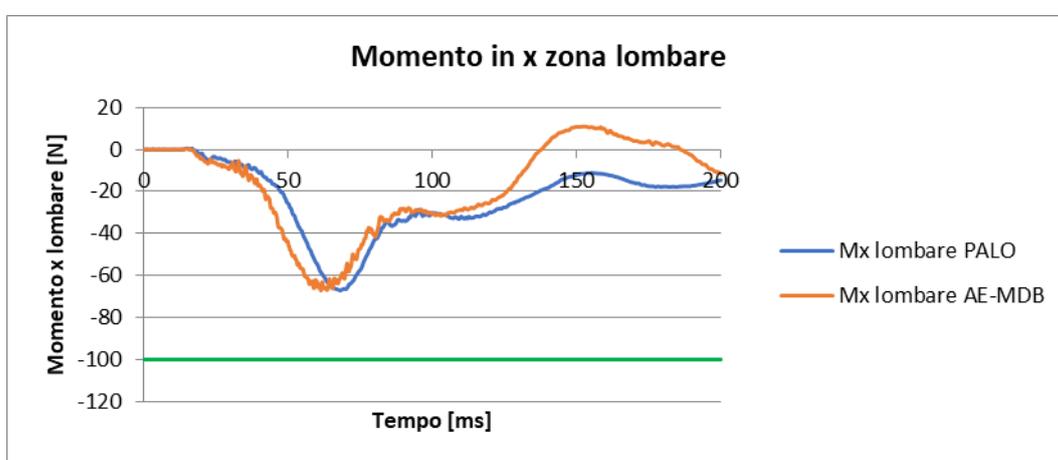


Figura 5-38: curva del momento in x lombare per la 1° prova.

h) Punteggio finale

In conclusione, l'analisi dei risultati ha mostrato che il punteggio ottenuto per questa prova è di 2 punti. Ciascuna prova ha ottenuto un punteggio complessivo di 8 punti che dimezzandoli, siccome la testa ha superato la linea verde (interazione occupante-occupante), diventano pari a 4 punti per ogni prova. Normalizzando i risultati come richiesto dal protocollo si ottiene un punteggio pari a $\frac{(4+4)}{6} = 1.33$ su 4 punti.

Test	Regioni del manichino	Valutazione	Test	Regioni del manichino	Valutazione
Palo	TESTA	4 PUNTI	Barriera	TESTA	4 PUNTI
	COLLO	0 PUNTI		COLLO	0 PUNTI
	TORACE & ADDOME	4 PUNTI		TORACE & ADDOME	4 PUNTI
	DIMEZZAMENTO DEL PUNTEGGIO			DIMEZZAMENTO DEL PUNTEGGIO	
	TOTALE	4 PUNTI		TOTALE	4 PUNTI

Tabella 5-5: calcolo del punteggio per la 1° prova.

i) altre considerazioni

Se si confronta il momento intorno ad x del collo con l’accelerazione del bacino lungo y si osserva che le curve hanno un andamento molto simile. Il grafico è coerente con ciò che accade a livello pratico:

- Per $t=35$ ms si ha l’impatto del bacino con la console centrale; in seguito all’urto il bacino “affonda” nella console, che genera, appunto, una resistenza. In questa fase, la curva del momento del collo mostra che, per effetto di inerzia, la testa si sposta verso la spalla sinistra (momento positivo).
- In $t=90$ ms il bacino non carica più sul mobiletto: il busto del manichino inizia a ruotare verso interno vettura e, di conseguenza, anche il collo (momento negativo).

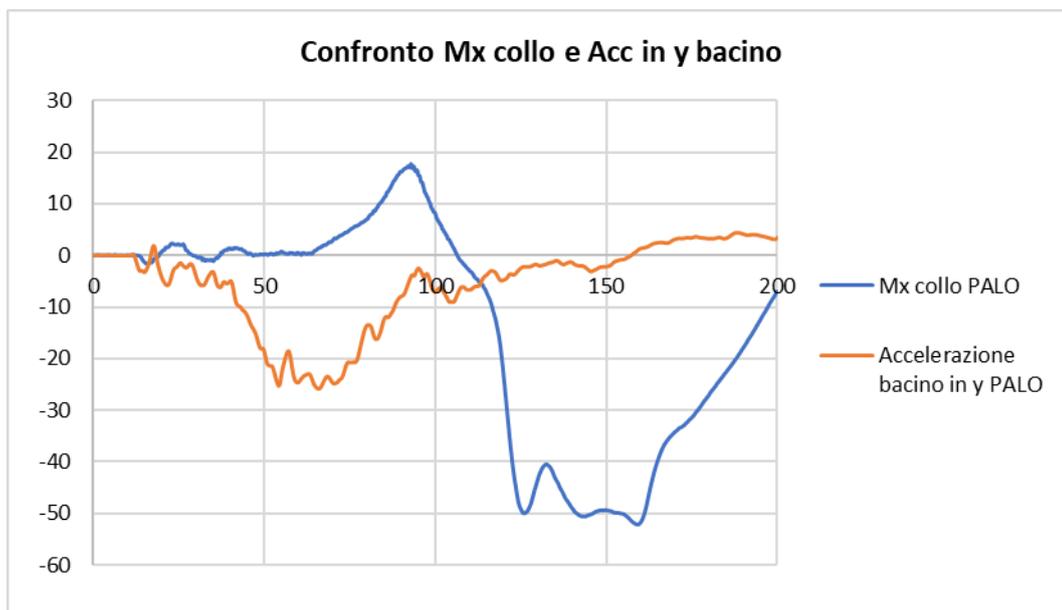


Figura 5-39: confronto tra Mx collo e Accelerazione in y del bacino.

Lo stesso confronto può essere fatto per la prova AE-MDB.

5.2 Esecuzione della seconda prova di urto Far Side

Analogamente a quanto fatto sulla vettura precedente sono state realizzate due prove AE-MDB e Palo su un secondo autoveicolo. La preparazione della prova è avvenuta in modo analogo a quanto descritto nel paragrafo precedente eccetto la fase di marcatura e la fase di calibrazione statica che verranno riportate di seguito. Si riporta l'analisi post-prova che è stata condotta similmente a quanto fatto prima.

5.2.1 Preparazione della prova

La preparazione della prova è stata svolta coerentemente a quanto già descritto. La marcatura del veicolo si differenzia per le coordinate delle linee di escursione della testa, riportate in Tabella 5-6:

	POLE TEST	AE-MDB TEST
Blu	Y=0 mm	Y=0 mm
Rossa*	Y=408 mm	Y=192 mm

Tabella 5-6: definizione linee di escursione della testa 2° prova.

Nel caso del Pole Test:

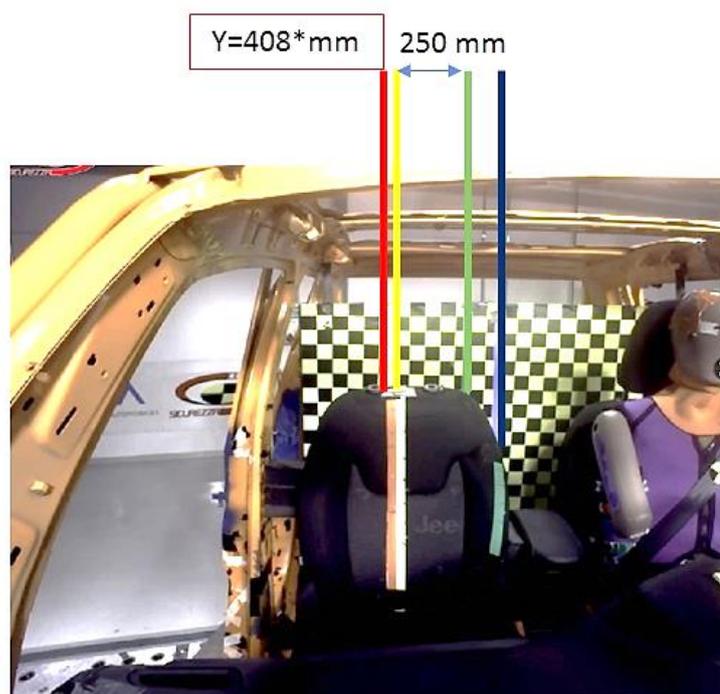


Figura 5-40: definizione linee di escursione della testa 2° prova Palo.

Nel caso dell'AE-MDB TEST:

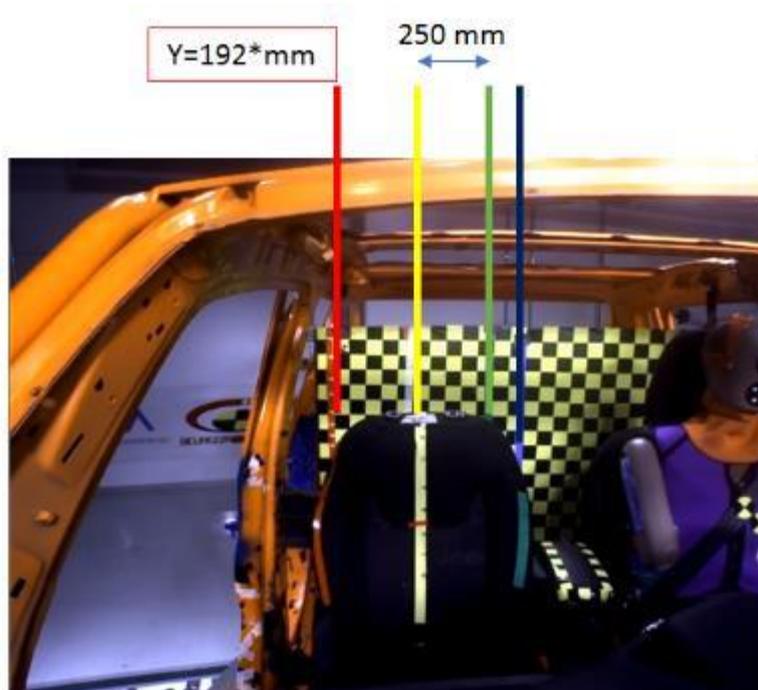


Figura 5-41: definizione linee di escursione della testa 2° prova AE-MDB.

Nella fase di calibrazione, come descritto, sono stati verificati i PULSE da impostare in Slitta. Il confronto tra gli andamenti dei PULSE della Slitta per entrambe le prove (AE-MDB e Pole) e i PULSE di riferimento sono riportati di seguito:

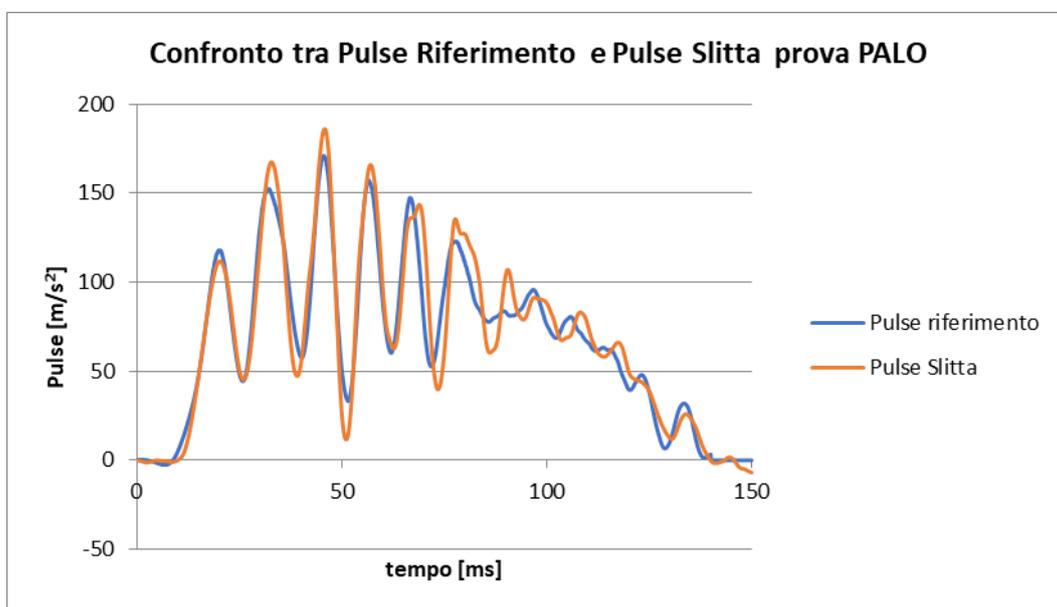


Figura 5-42: confronto tra il PULSE di riferimento e il PULSE della Slitta per la 2° prova Palo.

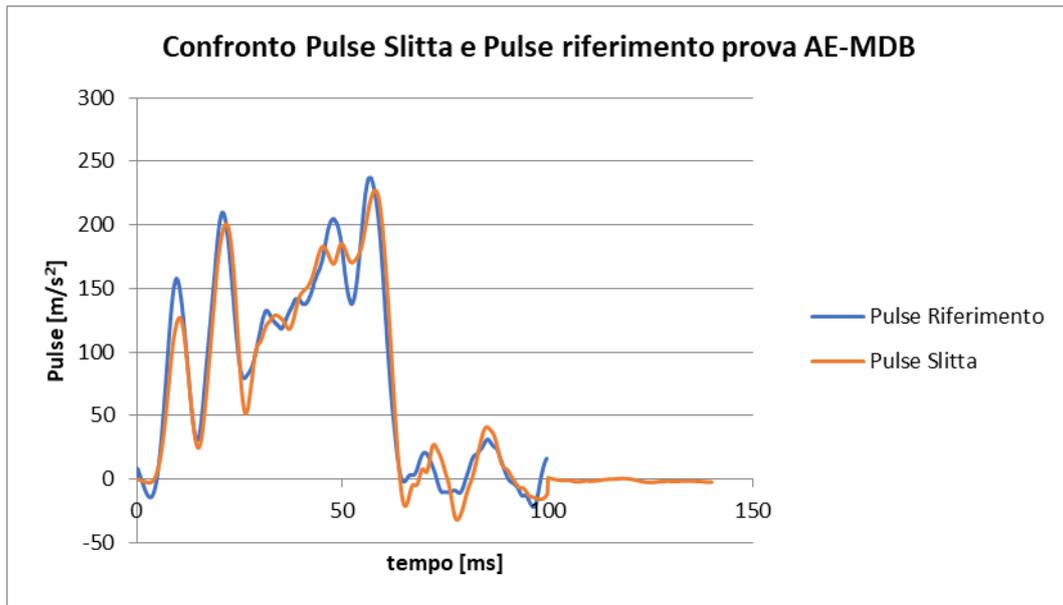


Figura 5-43: confronto tra il PULSE di riferimento e il PULSE della Slitta per la 2° prova AE-MDB.

5.2.2 Analisi della prova

La valutazione della prova è stata svolta considerando le stesse verifiche controllate precedentemente.

a) Verifica della significatività della prova

A tal proposito il primo controllo riguarda il PULSE utilizzato per il test.

Per quanto riguarda il POLE TEST:

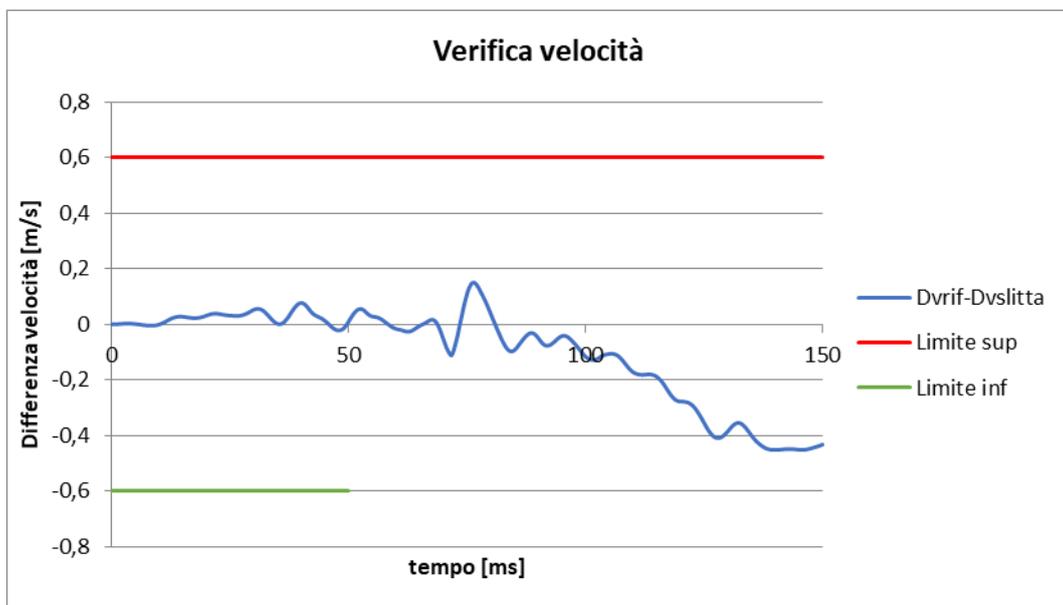


Figura 5-44: verifica velocità 2° prova Palo.

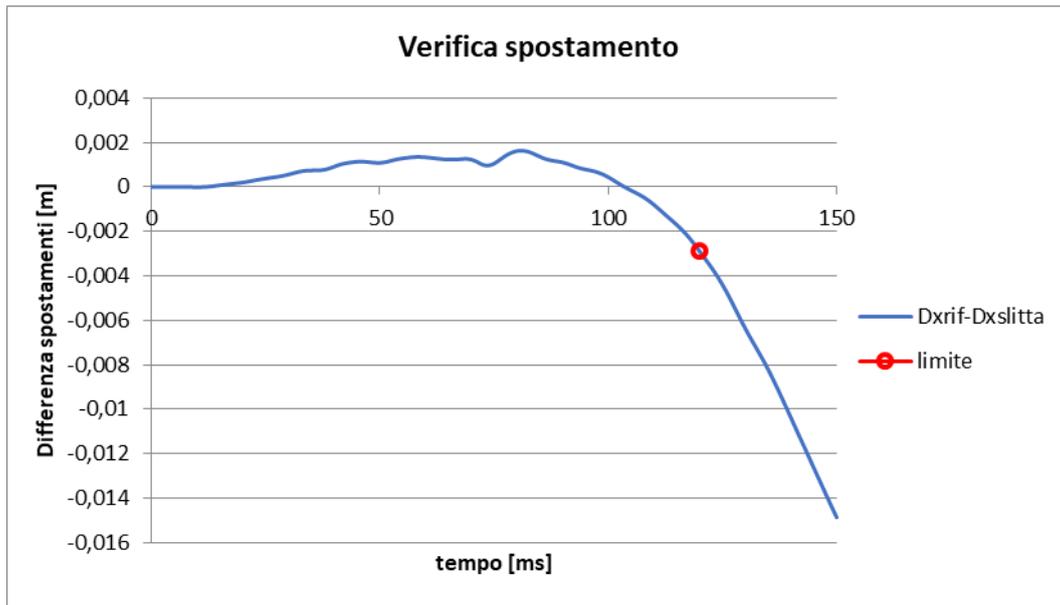


Figura 5-45: verifica spostamento 2° prova Palo.

Analizzando il primo grafico si nota che tutti i valori DV per un tempo $t > 120 \text{ ms}$ sono all'interno della zona definita come "Accettabile" per cui questa prova soddisfa il primo requisito.

Dal secondo grafico si osserva che per un tempo $t=120 \text{ ms}$ si ottiene un valore di DX negativo per cui anche il secondo requisito è rispettato.

Uguualmente per l'AE-MDB TEST entrambi i requisiti sono soddisfatti, come si osserva dalle seguenti curve.

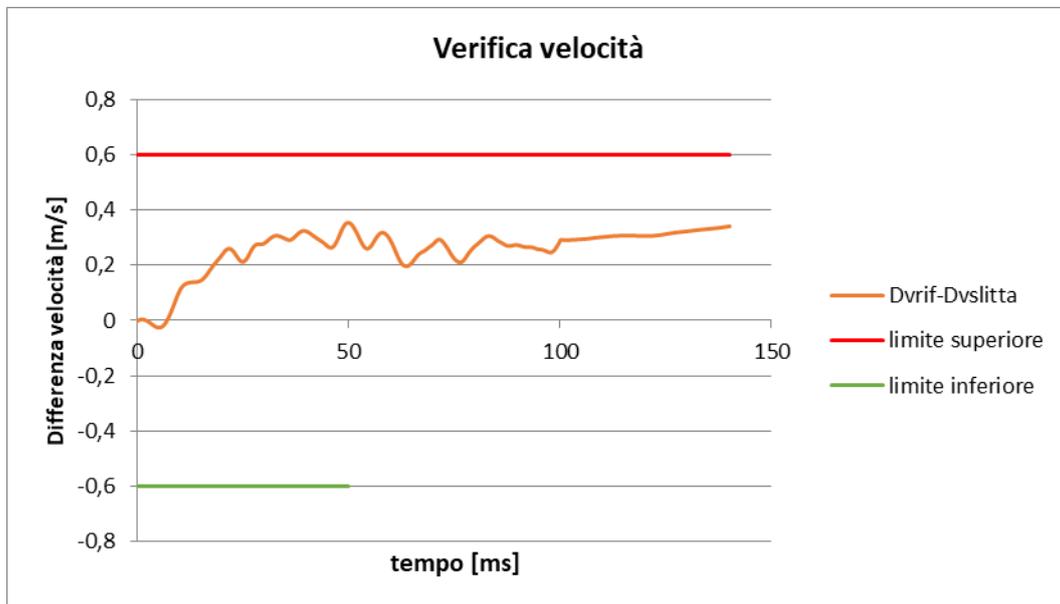


Figura 5-46: verifica velocità 2° prova AE-MDB.

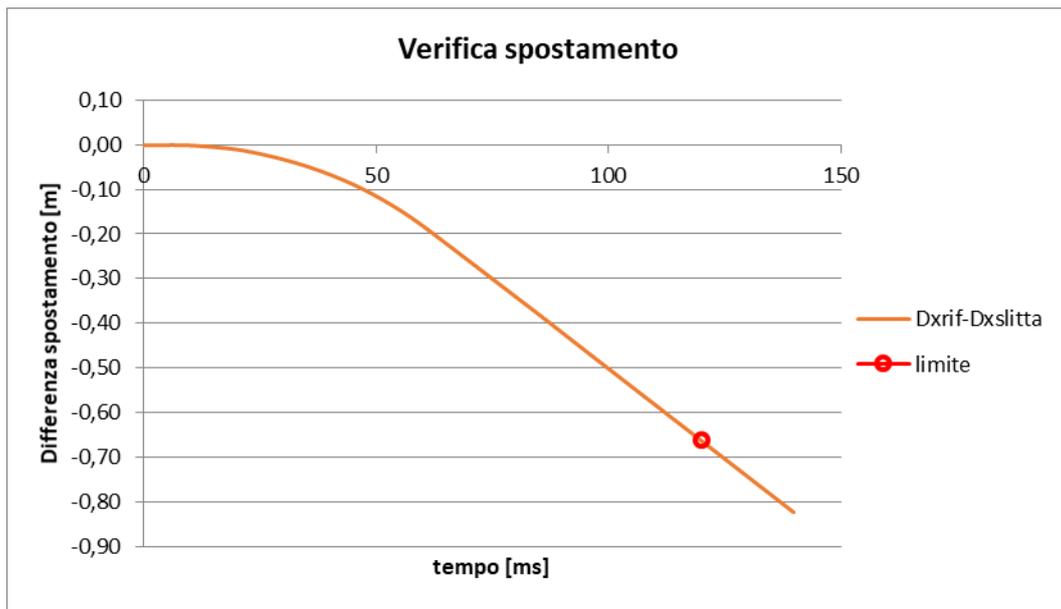


Figura 5-47: verifica spostamento 2° prova AE-MDB.

I PULSE della Slitta delle due prove sono i seguenti (Figura 5-48, Figura 5-49 e Figura 5-50):

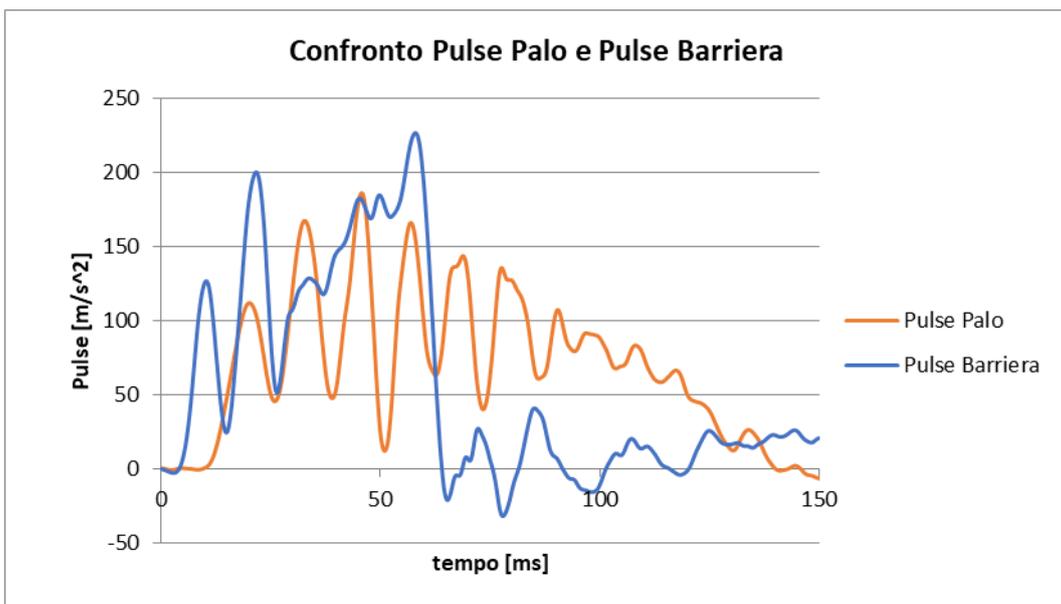


Figura 5-48: confronto tra i PULSE Palo e AE-MDB per la 2° prova.

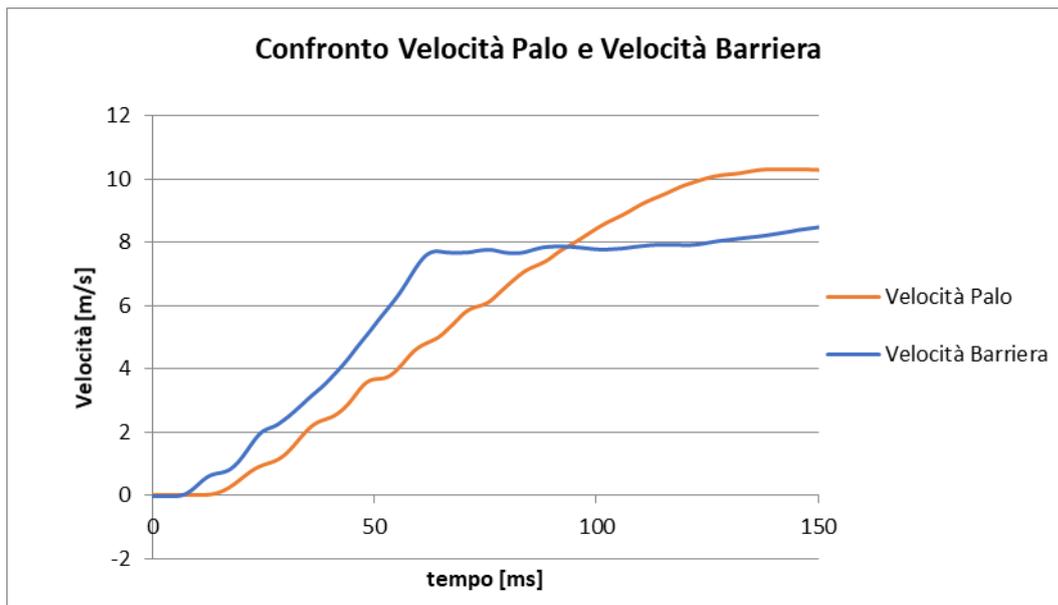


Figura 5-49: confronto tra le velocità Palo e AE-MDB per la 2° prova.

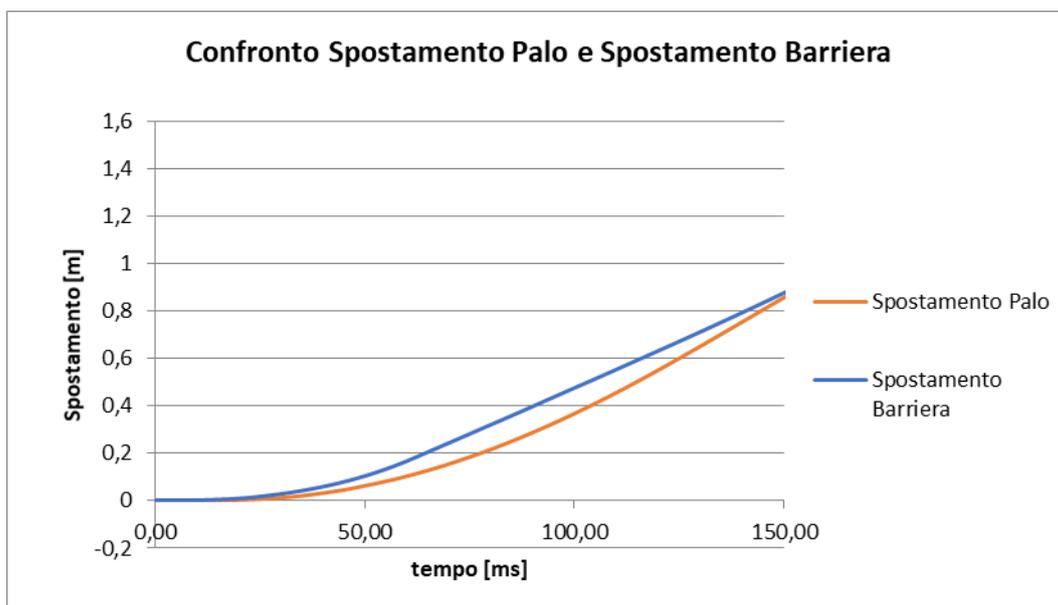


Figura 5-50: confronto tra gli spostamenti Palo e AE-MDB per la 2° prova.

b) Verifica dei tempi di sparo del sistema di ritenuta

Per verificare il primo segno di pretensionamento della cintura, oltre all'analisi da video è possibile osservare l'andamento della forza della cintura sul torace e sul bacino. Il tempo corrispondente al primo picco segna l'istante di attivazione dell'arrotolatore e del terzo punto della cintura.

Per la prova Palo:

- Tempo di attivazione arrotolatore: 13 ms;
- Tempo di attivazione terzo punto: 17 ms;

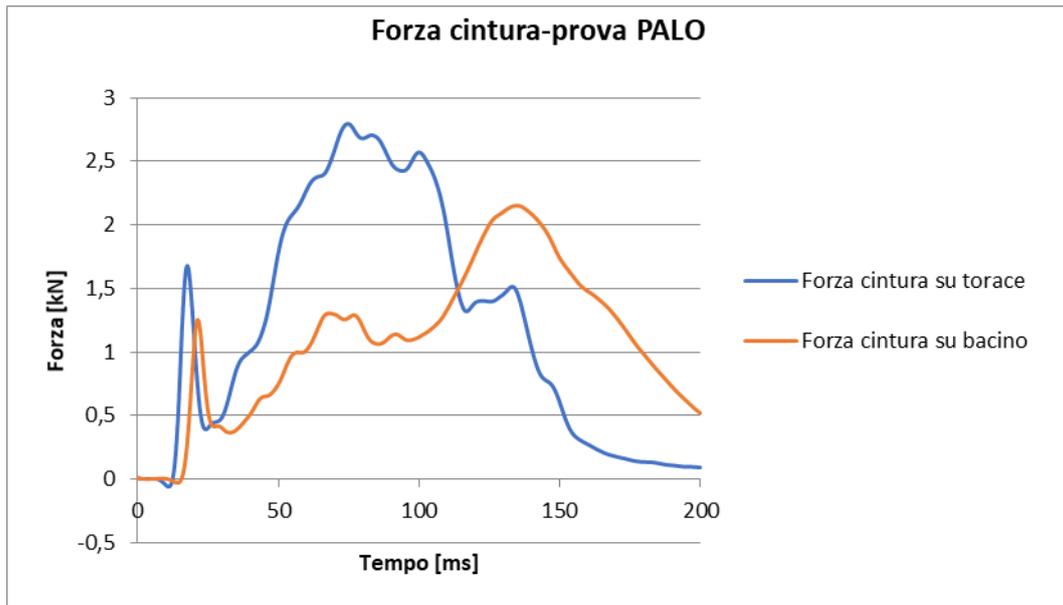


Figura 5-51: curva della forza cintura per la 2° prova Palo.

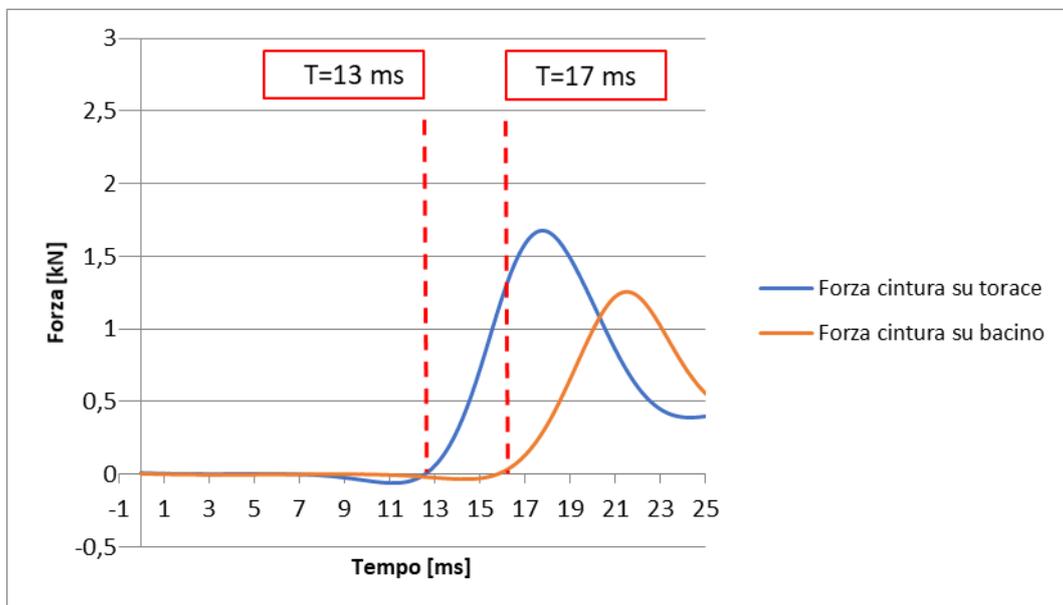


Figura 5-52: valutazione TTF dalla curva della forza cintura per la 2° prova Palo.

Per la prova AE-MDB:

- Tempo di attivazione arrotolatore: 10 ms;
- Tempo di attivazione terzo punto: 14 ms;

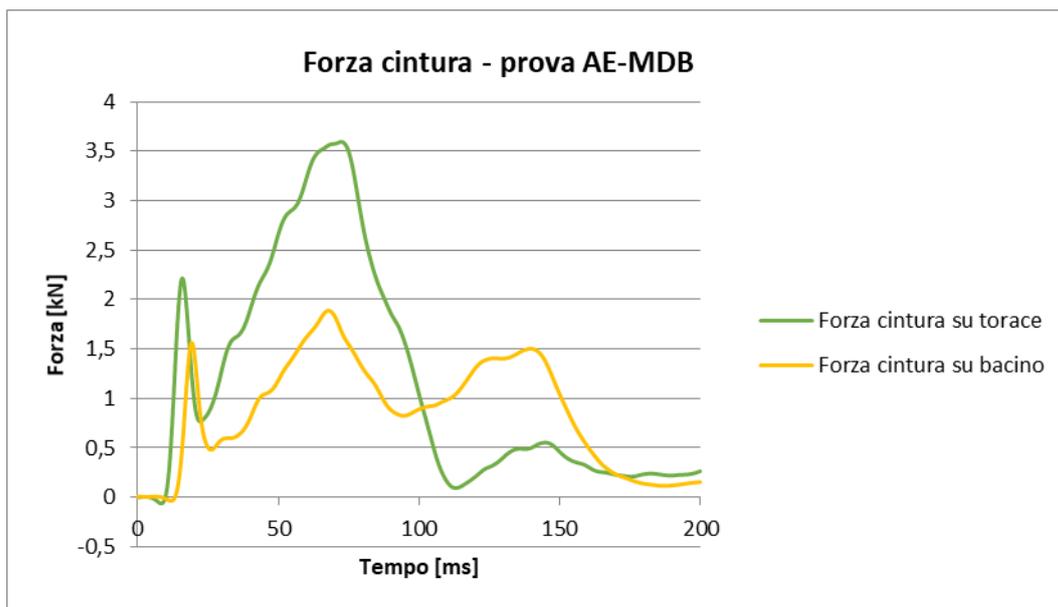


Figura 5-53: curva della forza cintura per la 2° prova AE-MDB.

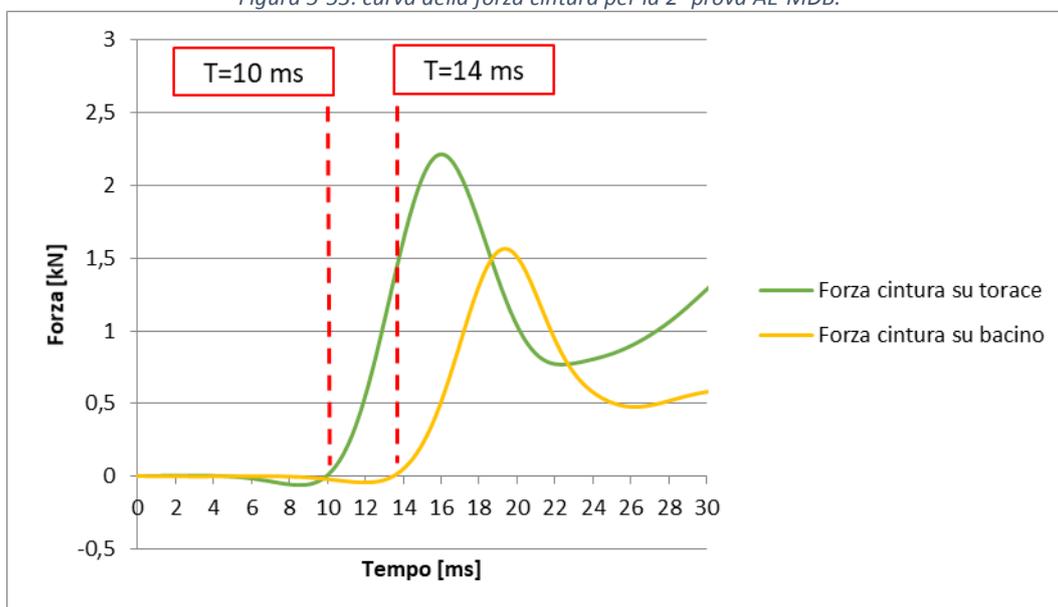


Figura 5-54: valutazione TTF dalla curva della forza cintura per la 2° prova AE-MDB.

c) Interazione tra bacino e mobiletto centrale

Osservando la curva di accelerazione del bacino è possibile valutare quando si verifica il contatto tra il bacino del manichino e la console centrale. In particolare, questo tempo corrisponde all'istante in cui si registra un cambio di pendenza della curva.

Per la prova palo l'istante di contatto si ha per T=40 ms.



Figura 5-55: curva di accelerazione del bacino per la 2° prova Palo.

Per la prova AE-MDB è stata effettuata un'analisi simile. L'istante di contatto bacino-consolle centrale si ha per $T=40$ ms.

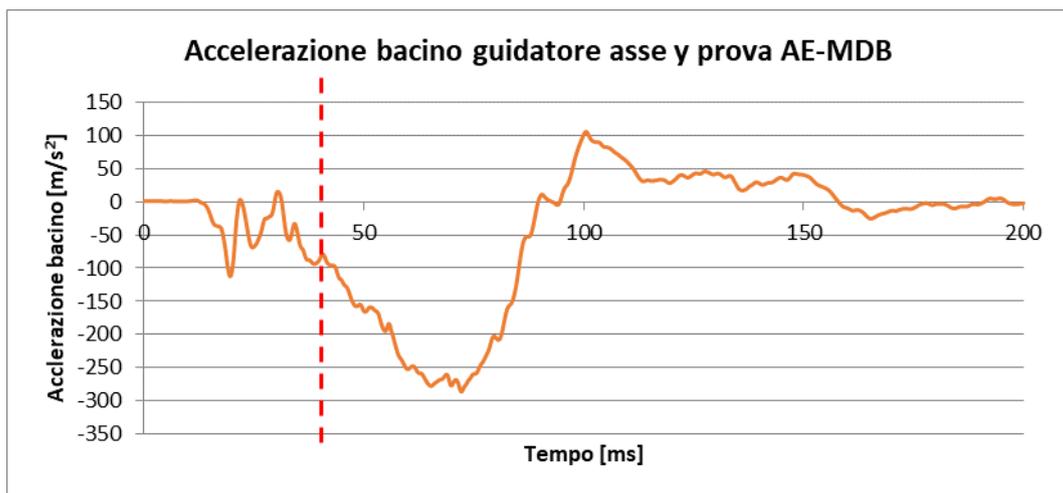


Figura 5-56: curva di accelerazione del bacino per la 2° prova AE-MDB.

L'effetto maggiormente visibile in seguito all'impatto è la flessione del collo, per cui un parametro da osservare è il momento intorno a x del collo.

- Per il Pole test: il momento è positivo nei primi secondi, per poi invertire il segno in $t=122$ ms. Per $t=140$ ms si ha il contatto del collo con il braccio che determina il primo picco negativo del momento, l'effetto dell'impatto braccio-collo si manifesta nel picco successivo positivo. Nel tempo $t=156$ ms il momento raggiunge il suo massimo pari a -37 Nm.

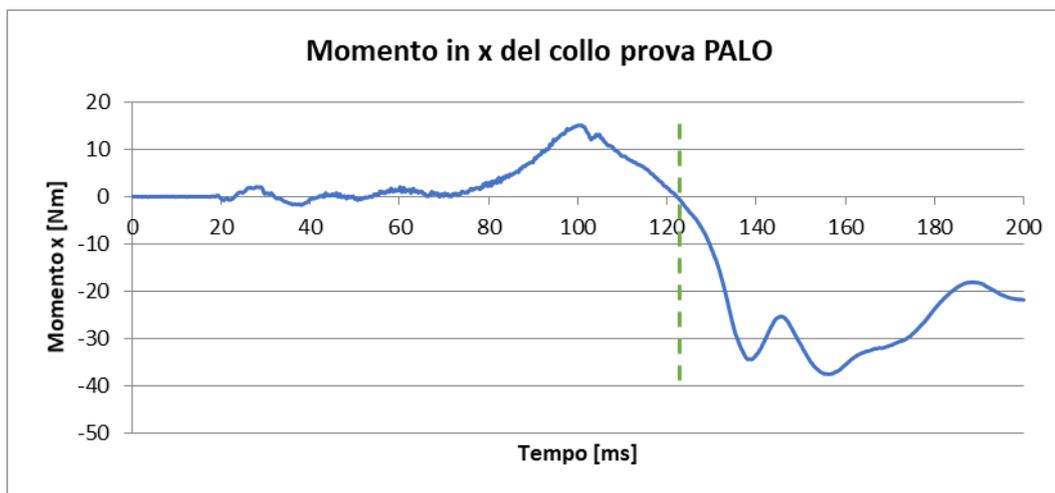


Figura 5-57: curva del momento in x del collo per la 2° prova Palo.

- Per l'AE-MDB test: Il momento inverte il segno in $t=109$ ms. Il primo picco negativo, che corrisponde al momento massimo si ha in $t=122$ ed è pari a -45 Nm.

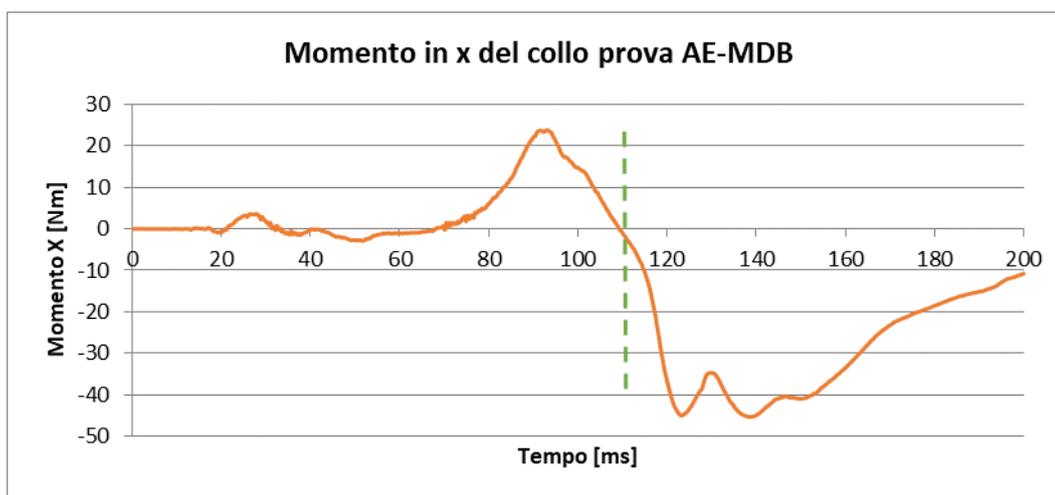


Figura 5-58: curva del momento in y del collo per la 2° prova Palo.

d) Biomeccanica

Si osserva, dalle curve sottostanti, che tutti i limiti imposti dal protocollo sono rispettati. Bisogna tenere in conto dell'escursione della testa: nel caso del Pole test supera la linea rossa causando un azzeramento del punteggio complessivo, nel caso della barriera la testa supera la linea verde per cui si ha un dimezzamento del punteggio.

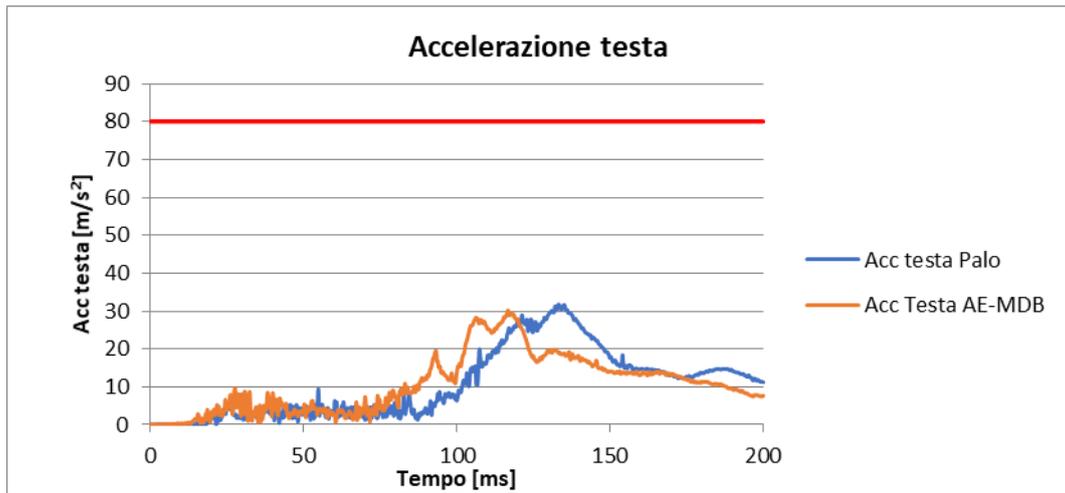


Figura 5-59: curva di accelerazione della testa per la 2° prova.

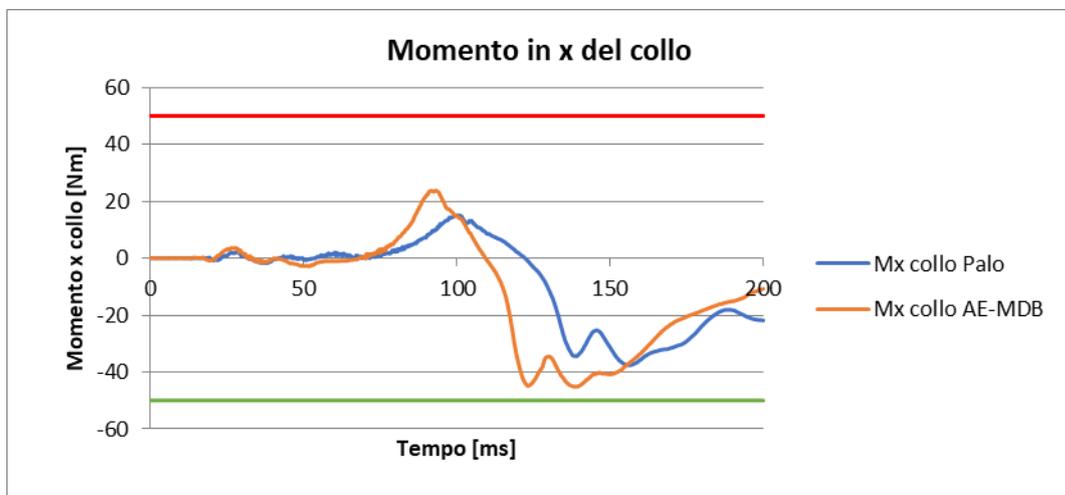


Figura 5-60: curva del momento in x del collo per la 2° prova.

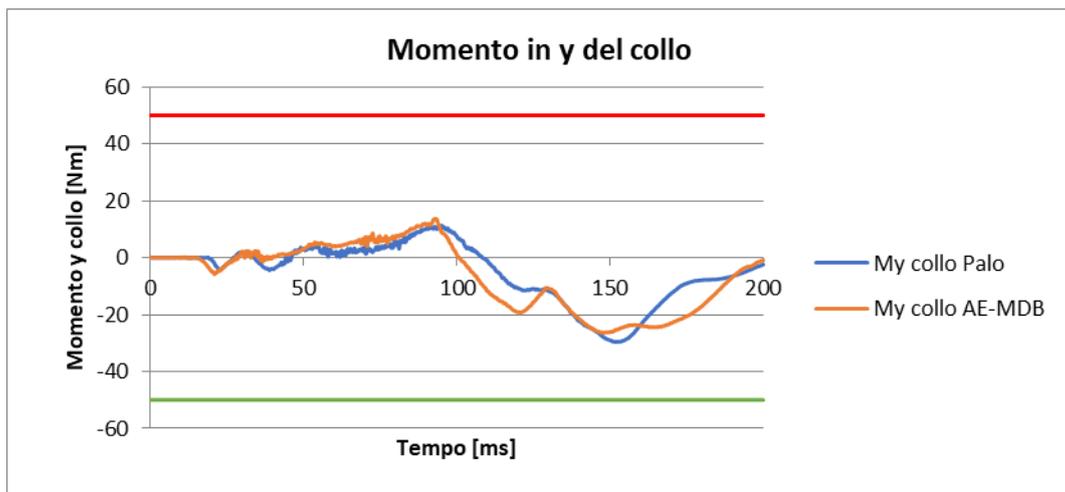


Figura 5-61: curva del momento in y del collo per la 2° prova.

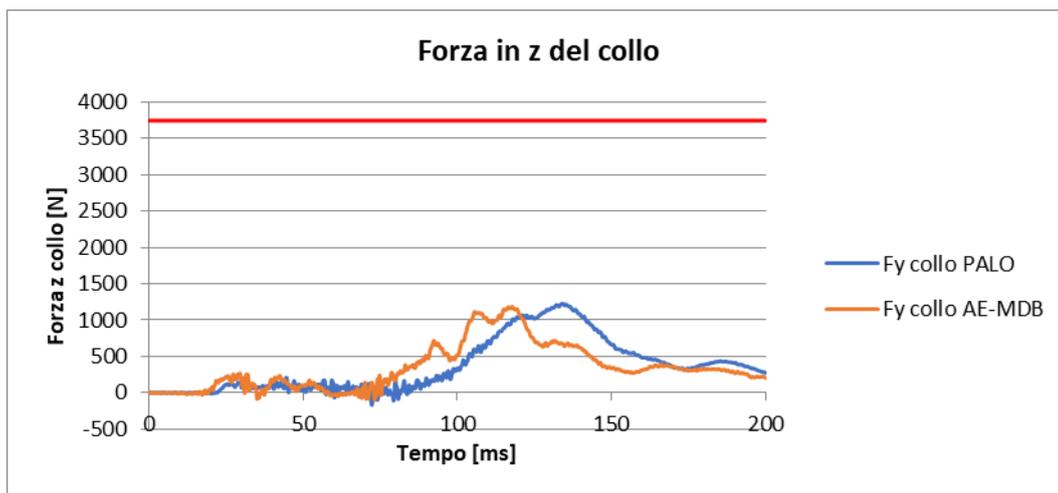


Figura 5-62: curva della forza in z del collo per la 2° prova.

Eseguendo la stessa analisi condotta per la prova precedente si riportano nelle curve di seguito gli andamenti degli spostamenti delle costole addominali (Figura 5-63) e toraciche (Figura 5-64) per entrambe le prove:

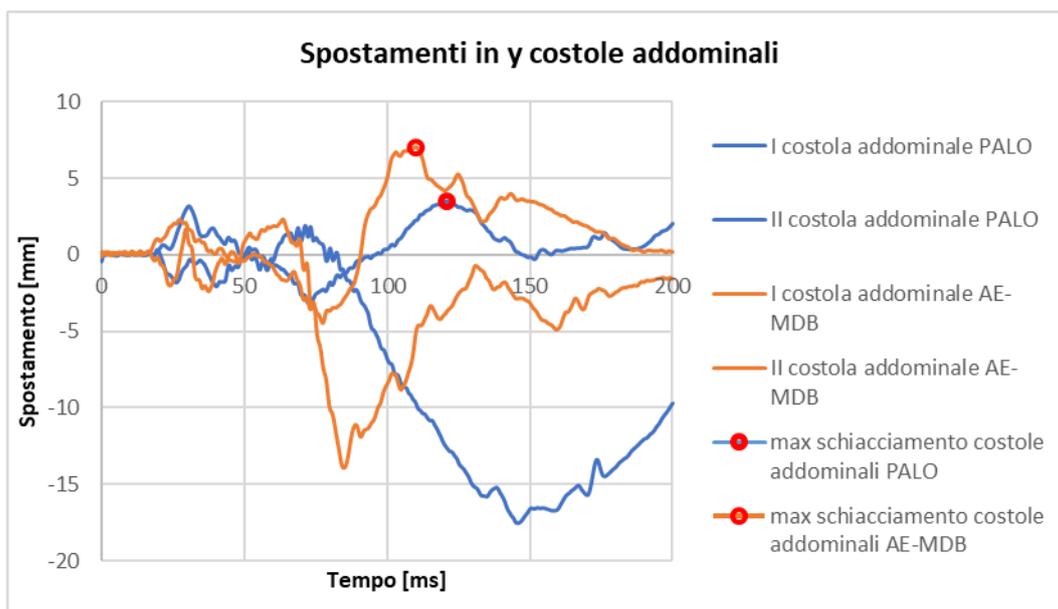


Figura 5-63: curva degli spostamenti in y delle costole addominali per la 2° prova.

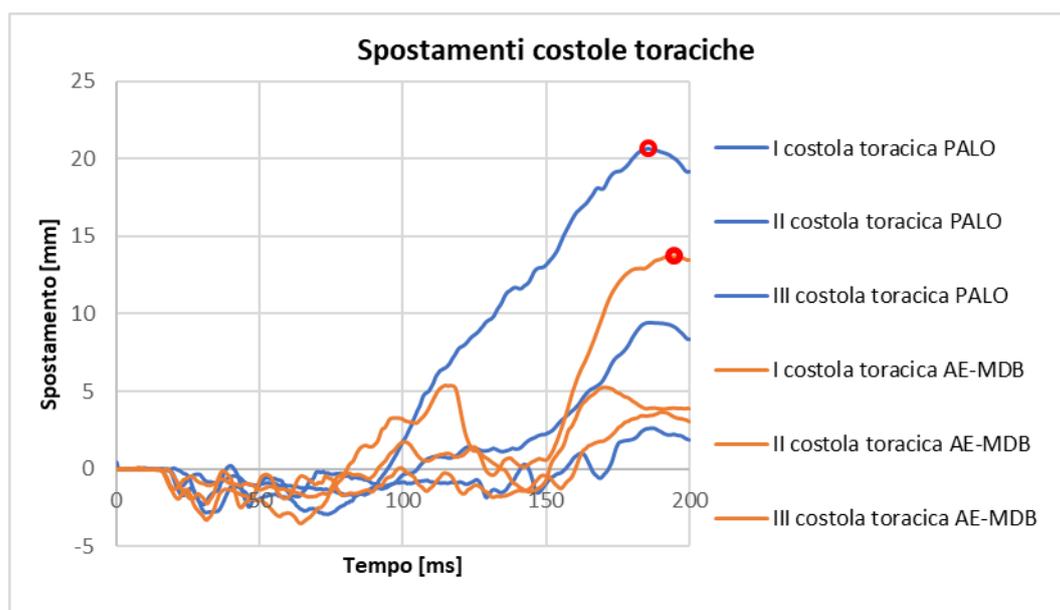


Figura 5-64: curva degli spostamenti in y delle costole toraciche per la 2° prova.

Anche in tal caso gli schiacciamenti delle costole non sono critici.

Si riassumono nella tabella seguente tutti i parametri biomeccanici:

Regioni manichino	Parametri	Unità	Limite inferiore	Limite superiore	Capping	Pole Test	Barrier Test
TESTA	HIC ₁₅	-	500	700	> 700	66.60	57.52
	Accelerazione risultante 3ms	g	< 72	80	> 80	31.78	30.22
	Escursione testa	-	< Green line	> Yellow line	> Red line	> Red line	< Green line > Yellow line
COLLO	Forza Fz	KN	< 3.74	> 3.74	-	1.23	1.18
	Flessione laterale Mx	Nm	< 50	> 50	-	-37.61	-45.17
	Estensione negativa My	Nm	< 50	> 50	-	-26.63	-26.43
TORACE & ADDOME	Costole toraciche (Max)	mm	< 28	50	> 50	20.7	13.7
	Costole addominali (Max)	mm	< 47	65	> 65	3.5	7.05

Tabella 5-7: valutazione dei parametri biomeccanici per la 1° prova.

Per quanto riguarda la valutazione della prova tutti i parametri sono inferiori ai valori critici ottenendo un punteggio di 4 punti per tutte le regioni del corpo (testa, collo e torace & addome).

e) Penalizzatori

I modifiers sui parametri del bacino e della regione lombare sono riportati nella seguente tabella.

Regioni manichino	Parametri	Unità	Limite superiore	Pole Test	Barrier Test	
BACINO E ZONA LOMBARE	Sinfisi pubica Fy	KN	2.8	-0.51	-0.65	-4 punti
	Lombare Fy	KN	2.0	-0.68	-0.91	
	Lombare Fz	KN	2.84	2.37	1.83	
	Lombare Mx	Nm	100	-60.09	-75.77	

Tabella 5-8: valutazione dei modificatori per la 2° prova.

Tutti i valori rispettano il limite imposto, per cui nessun modifiers comporta una penalità di -4. Bisogna mostrare particolare attenzione alla forza F_z lombare (POLE TEST) perché ha un valore di poco più basso rispetto al limite.

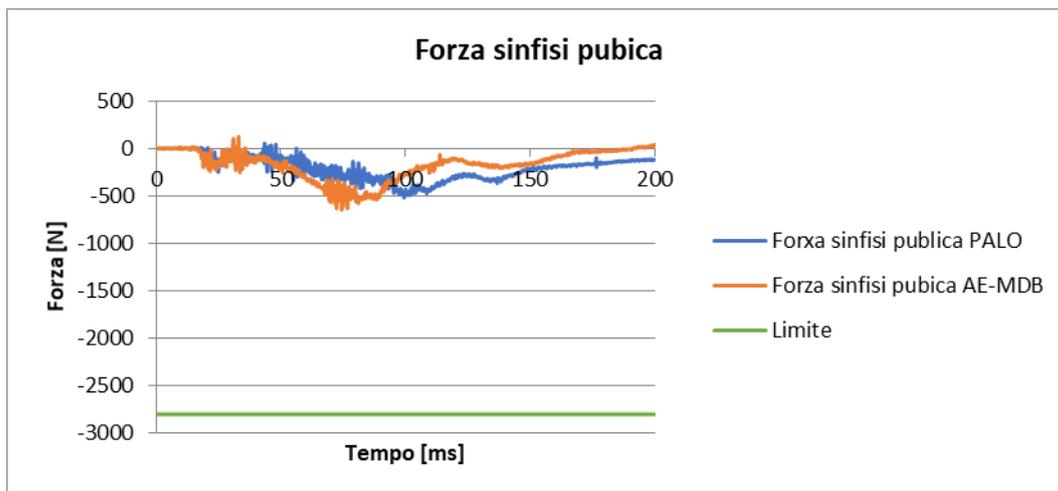


Figura 5-65: curva della forza di sinfisi pubica per la 2° prova.

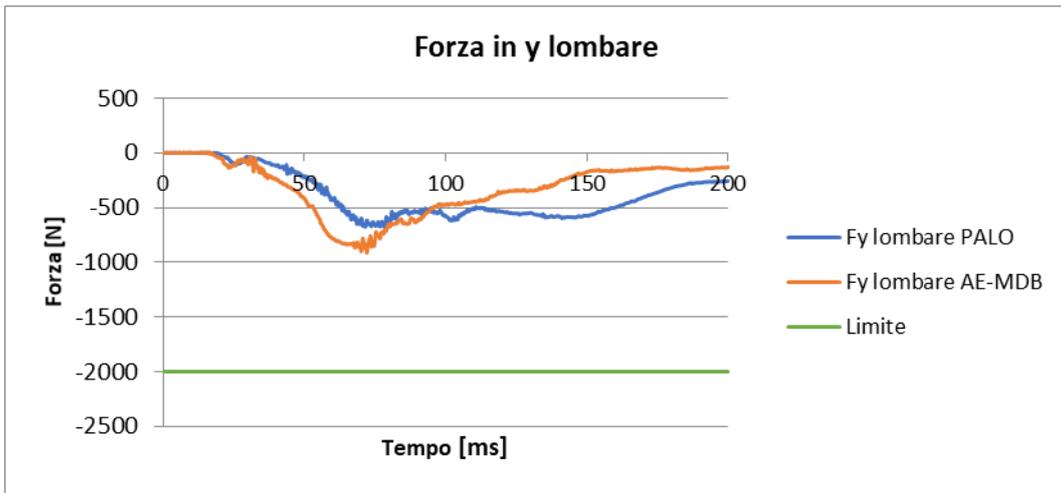


Figura 5-66: curva della forza in y lombare per la 2° prova.

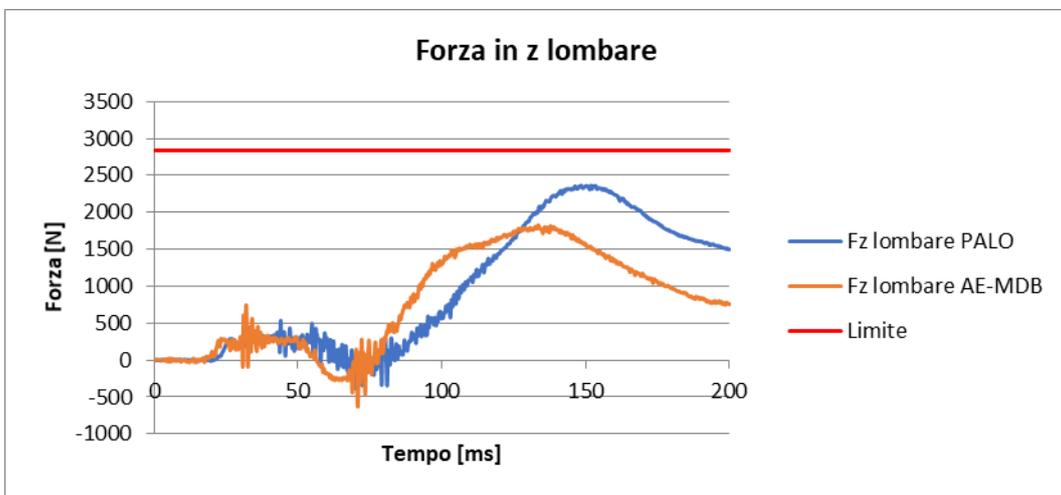


Figura 5-67: curva della forza in z lombare per la 2° prova.

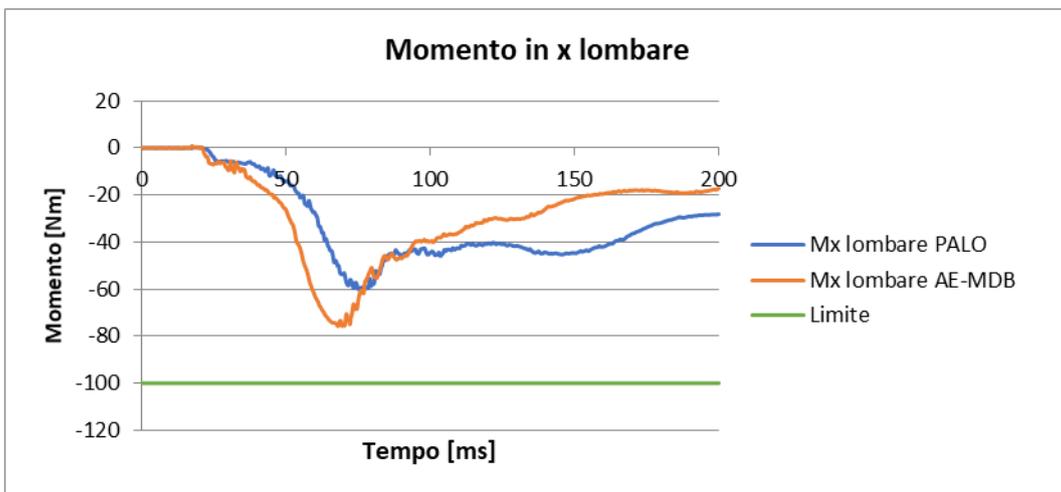


Figura 5-68: curva del momento in x lombare per la 2° prova.

f) Punteggio finale

In conclusione, l'analisi dei risultati ha mostrato che il punteggio ottenuto per questo crash test è di 1 punto. Nel Pole test a causa del superamento della linea rossa si ha capping per cui il

punteggio totale è di 0 punti. Nel caso della barriera si ha un dimezzamento del punteggio poiché la testa supera la linea verde ottenendo un punteggio di 6 punti. Normalizzando i risultati come richiesto dal protocollo si ottiene un punteggio totale pari a $\frac{(0+6)}{6} = 1$.

Test	Regioni del manichino	Valutazione	Test	Regioni del manichino	Valutazione
Palo	TESTA	0 PUNTI	Barriera	TESTA	4 PUNTI
	COLLO	4 PUNTI		COLLO	4 PUNTI
	TORACE & ADDOME	4 PUNTI		TORACE & ADDOME	4 PUNTI
	CAPPING			DIMEZZAMENTO PUNTEGGIO	
	TOTALE	0 PUNTI		TOTALE	6 PUNTI

Figura 5-69: calcolo del punteggio per la 2° prova.

g) altre considerazioni

Come per la prima prova Far Side, anche in tal caso è possibile fare delle considerazioni dal confronto tra momento collo e accelerazione del bacino.

- Per t=40 ms si ha l’impatto del bacino con la console centrale; in seguito all’urto il bacino “affonda” nella console e di conseguenza l’accelerazione del bacino inizia a diminuire. Per inerzia la testa si sposta verso la spalla sinistra (momento positivo).
- In t=100 ms il busto del manichino inizia a ruotare verso interno vettura e, di conseguenza, anche il collo (momento negativo); dopo 10 ms anche il bacino tende a muoversi verso interno vettura infatti si osserva un aumento dell’accelerazione del bacino.

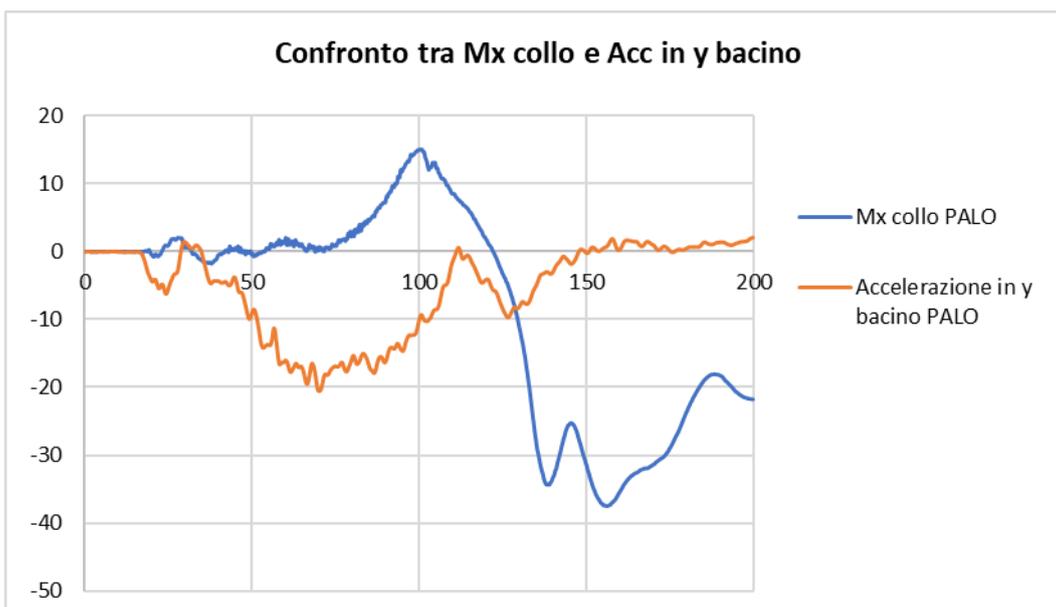


Figura 5-70: confronto tra Mx collo e Accelerazione in y del bacino per la II prova.

Lo stesso confronto può essere fatto per la prova AE-MDB.

6 Sviluppi futuri

EuroNCAP ha deciso di introdurre l'urto Far Side già da qualche anno, sebbene la versione definitiva del protocollo risalga solo al tardo 2017. Tuttavia, versioni provvisorie del protocollo hanno cominciato a circolare già in precedenza, permettendo una prima fase di sviluppo delle contromisure per l'urto Far Side portata avanti da fornitori e costruttori.

In questo capitolo si illustreranno brevemente, pertanto, gli sviluppi futuri sia in termini tecnologici (ovvero le possibili contromisure per migliorare la performance in termini di protezione dell'occupante), sia in termini di possibili modifiche al protocollo. Inoltre, una sezione sarà dedicata all'analisi di quanto proposto dai fornitori nella prima fase di sviluppo delle contromisure verso questa nuova tipologia di urto.

6.1 Contromisure e considerazioni sulle prove Far Side eseguite

Dalla realizzazione delle prove Far Side eseguite al Centro Sicurezza Fiat e dallo studio dei risultati ottenuti sono state fatte alcune considerazioni sul modo di agire nelle prove successive.

- Una delle prime contromisure che si è pensato di adottare riguarda la deformabilità della console centrale. Infatti, come mostrato nell'analisi delle due prove uno degli effetti principali del Far Side crash test è il contatto con la console centrale. L'aumento di cedevolezza del mobiletto centrale comporterebbe un miglioramento del momento del collo in quanto si andrebbe a scaricare meno energia sulla parte alta dell'ATD. Una delle conseguenze negative di questo criterio d'azione è il rischio di far avanzare troppo il manichino. La console centrale accompagnerebbe l'ATD durante il suo movimento però vi sarebbe la possibilità di andare oltre la linea gialla.
- Un'altra soluzione potrebbe essere quella di realizzare un fianchetto sedile più contenitivo. In questo modo si riuscirebbe leggermente a contenere l'escursione della testa del manichino con il pericolo di peggiorare il momento del collo.
- Le cinture di sicurezza a tre punti garantiscono un contatto del bacino con il sedile mediante la forza di richiamo della cintura a livello del torace, evitando il "fenomeno del submarining" ovvero uno scivolamento del corpo in avanti rispetto alla seduta. Agendo sulla cintura di sicurezza è possibile limitare il movimento del manichino in modo da farlo aderire al sedile. Ad esempio, realizzando una cintura a quattro punti la parte superiore del corpo viene maggiormente protetta grazie alla ritenuta da entrambe le parti. Lo svantaggio è il comfort del veicolo che tenderebbe a peggiorare con questo tipo di cintura.
- Una delle soluzioni più immediate ma maggiormente costose è l'inserimento di un inner side bag. Questo bloccherebbe l'escursione del manichino verso l'interno della vettura e migliorerebbe il momento del collo. Inoltre, il protocollo sul Far Side afferma che il dimezzamento del punteggio se la testa dell'ATD supera la linea verde può essere evitato nel caso in cui l'OEM fornisca dati convincenti che dimostrino che le contromisure implementate evitano l'interazione tra occupante-occupante senza compromettere la protezione di altre regioni corporee. Questa soluzione è stata studiata da diversi fornitori i

quali hanno formulato diverse proposte di airbag centrale che saranno presentate nel paragrafo successivo.

6.2 Proposte fornitori

- **Studio Far Side ZF-TRW**

Nel 2016-2017 sono state studiate in anticipo da FCA e ZF, prima della pubblicazione del protocollo Euro NCAP, le caratteristiche del Far Side Case e le potenzialità di un Advanced Center Airbag, utile per trattenere l'occupante coinvolto in un urto Far Side senza alcun supporto addizionale, come ad esempio potrebbe essere la console centrale. Gli esiti delle prove Palo sono risultati piuttosto buoni, ma lo scenario è cambiato in seguito alla definizione del protocollo che introduce una nuova prova AE-MDB con una velocità di 60 km/h piuttosto che di 50 km/h. In particolare, si è visto che l'airbag centrale non è sufficiente a garantire la protezione dell'occupante in tale condizione di crash. A tal proposito, sono state sperimentate nuove tipologie di airbag e il più promettente si è visto essere il Pillow Bag mostrato in Figura 6-1.

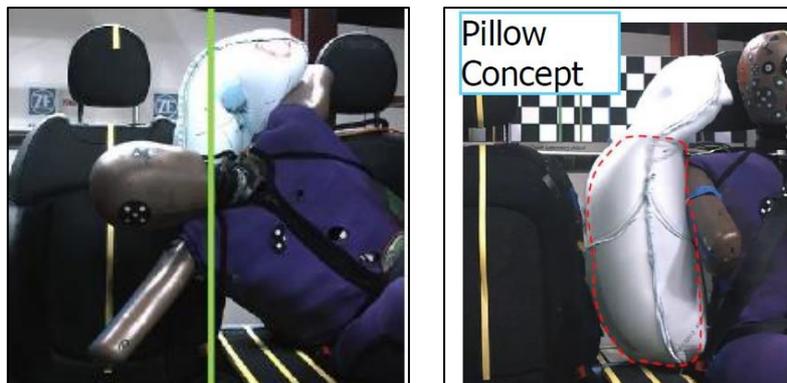


Figura 6-1: esempio di un Pillow Bag come airbag centrale [32].

Si riporta nelle immagini seguenti un confronto tra le performance ottenute da tre tipi di prove Far Side in Slitta in assenza di airbag, in presenza di un Advanced Center Airbag e con un Pillow Bag [32]:



Figura 6-2: simulazione urto Far Side in assenza di Airbag centrale.



Figura 6-3: simulazione urto Far Side con un Advanced Center bag.



Figura 6-4: simulazione urto Far Side con un Pillow Bag.

Il Pillow Bag mostra delle prestazioni ottime seppure l'occupante supera la linea verde (interazione occupante-occupante) che da protocollo comporta un dimezzamento del punteggio totale atto a definire il test.

- **Protezione Far Side TAKATA**

Per la valutazione del Far Side, sono state svolte diverse prove in Slitta atte a valutare l'importanza della console centrale e dell'airbag centrale dal fornitore Takata. L'obiettivo principale è stato quello di limitare l'escursione della testa e del busto dell'ATD in modo da non oltrepassare la *linea verde*, che definisce il limite di interazione con l'occupante, e che quindi comporterebbe un rischio di danno elevato.

- Test in Slitta in assenza della console centrale con e senza airbag

Questo tipo di test risulta essere del tutto analogo a quello condotto da ZF-TRW. La situazione più critica si verifica in assenza dell'airbag, in cui il punteggio stimato è di 0 su 12 punti, infatti sia la testa che la spalla oltrepassano la linea di interazione occupante-occupante (Figura 6-5). In presenza dell'airbag si verifica un miglioramento in quanto si riduce lo spostamento dell'ATD rispetto all'asse y del veicolo (Figura 6-6). Il punteggio stimato è di 6-9 su 12 punti, questa variazione nel risultato dipende dalle caratteristiche dell'airbag (rigidezza, spessore).



Figura 6-5: simulazione urto Far Side in presenza della console centrale e in assenza di airbag centrale [33].



Figura 6-6: simulazione urto Far Side in presenza della console centrale e dell'airbag centrale [33].

- Test in Slitta in presenza della console centrale con e senza airbag



Figura 6-7: simulazione urto Far Side in presenza della console centrale e in assenza di airbag centrale [33].



Figura 6-8: simulazione urto Far Side in presenza della console centrale e dell'airbag centrale [33].

Dalla Figura 6-7 si osserva che in assenza dell'airbag centrale, l'ATD oltrepassa la linea verde con la testa, mentre il busto è maggiormente frenato grazie alla console centrale. La situazione migliora radicalmente se si include l'airbag centrale come in Figura 6-8: l'escursione della testa è limitata rispetto al caso precedente, riducendo il rischio di infortunio e di conseguenza aumentando il punteggio finale del test.

6.3 Modifiche proposte del protocollo Euro NCAP

In seguito alla pubblicazione del protocollo Far Side dell'Euro NCAP sono state proposte correzioni o aggiornamenti dall'ACEA [34].

- Una delle prime modifiche riguarda l'Appendice I del protocollo dell'Euro NCAP. In entrambi i requisiti che il PULSE deve soddisfare, nelle formule riguardanti DV (velocità) e DX (spostamento in X):

$$DV = DV(\text{Vehicle Pulse}) - DV(\text{Sled})$$

$$DX = \int DX(\text{Vehicle Pulse}) - DX(\text{Sled}) dt$$

È stata proposta una correzione che consiste nel sostituire il DV(Sled) e DX(Sled) rispettivamente con DV(Buck) e DX(Buck). Sarebbe infatti più corretto calcolare il valore di velocità come differenza tra la velocità del veicolo (full scale) e la velocità misurata mediante integrazione dell'accelerazione ricavata con un accelerometro posto sulla scocca, anziché sulla Slitta [35]. In APPENDICE IV è stato mostrato il confronto tra i PULSE della scocca, della Slitta e di riferimento.

- Sono state riscontrate alcune variazioni tra le normative ISO richiamate nel protocollo Far Side e quelle richiamate nei protocolli "Side impact" di AE-MDB e POLE [35].
- Per la definizione della linea di massima intrusione (linea rossa descritta nel paragrafo 3.3) è stato introdotto un aggiornamento del protocollo. Nella maggior parte dei casi il bracciolo rappresenta la parte più intrusiva della vettura in seguito all'impatto. Oltre ad esso bisogna valutare anche il pannello porta in linea cintura: esso è considerato non significativo in caso di potenziali distaccamenti dalla struttura metallica esterna del veicolo (Figura 6-10) in questa condizione non bisogna considerare la massima intrusione presa su pannello, bensì quella su struttura a cui sommiamo 50 mm [35].



Figura 6-9: intrusione su pannello porta nel caso in cui non si verifica il distacco dalla struttura esterna.



Figura 6-10: intrusione su pannello porta nel caso in cui si verifica il distacco dalla struttura esterna.

- Il protocollo definisce che il bracciolo deve essere in posizione di non utilizzo, la cui interpretazione è stata chiarita: il bracciolo (oppure la console centrale) è in posizione di non utilizzo nel momento in cui esso è tutto represso, totalmente chiuso e non inclinato [36].



Figura 6-11: Posizione del bracciolo nella prova Far Side.

- Una delle proposte più interessanti che sono state fatte riguarda l'uso di un PULSE generico che sia in grado di coprire sia le prove con barriera sia quelle con palo e che derivi da un PULSE medio di una varietà di classi di veicoli differenti. Ovviamente se si prendesse in considerazione l'uso di un unico PULSE per le prove Palo e AE-MDB anche lo schema di valutazione dovrebbe essere aggiornato. Questo tipo di proposta potrebbe avere però anche un riscontro negativo per alcuni veicoli per cui è necessario raccogliere i feedback dei membri dei vari produttori.

Uno dei produttori che ha testato l'uso di un PULSE generico è la BMW [37]. I risultati dei test sono riportati nell'immagine seguente che mostra l'andamento della traiettoria del CoG della testa del manichino nel caso in cui si utilizza un PULSE generico (traiettoria verde), un PULSE barriera (traiettoria blu) e un PULSE palo (traiettoria rossa).

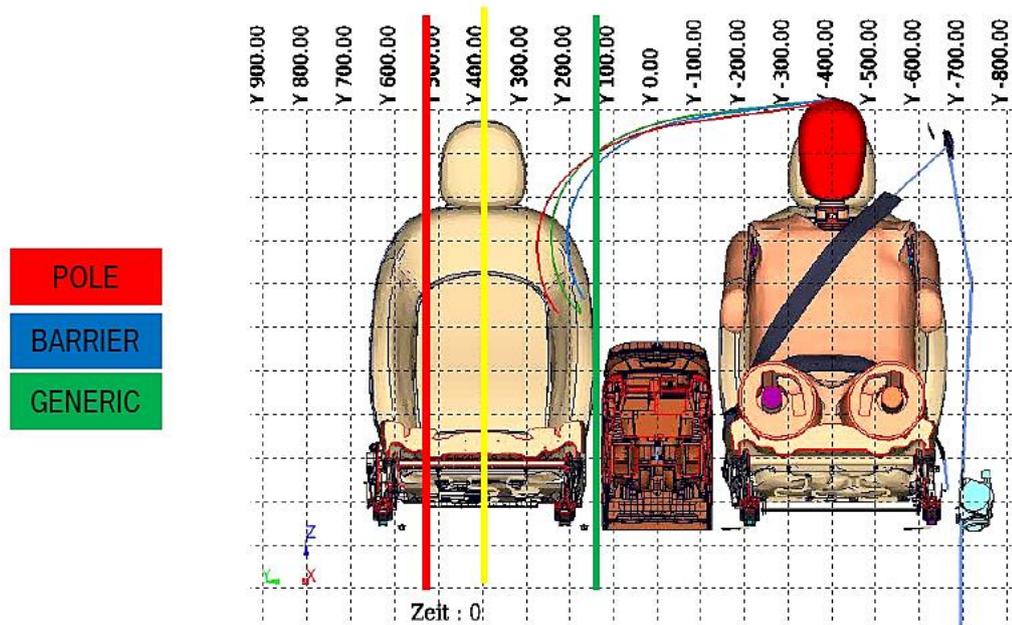


Figura 6-12: traiettoria della testa durante una prova Far Side [37].

Dal confronto si nota che la traiettoria della testa è confrontabile in tutti i tre casi ed inoltre porta allo stesso risultato: spostamento della testa oltre la linea verde, ma non oltre la linea gialla (centerline sedile passeggero).

7 Conclusione

Questo lavoro di tesi si è posto come obiettivo quello di sviluppare una metodologia di prova che rispetti i requisiti di qualità del Centro Sicurezza Fiat e, contestualmente di valutare, mediante l'applicazione della metodologia proposta, il livello di protezione offerto da alcuni veicoli in condizioni di urto Far Side.

La prima fase del lavoro è stata un'approfondita analisi del protocollo EuroNCAP, ovvero del documento di partenza necessario a definire la metodologia interna di prova. Tale analisi ha portato a caratterizzare gli step necessari all'esecuzione del test, in termini di azioni pre e post prova da realizzare e monitorare.

Questa fase ha condotto alla stesura del quaderno di bordo (QDB), uno strumento atto a definire e controllare tutte le azioni da compiere prima, durante e dopo il test che deve essere redatto prima della realizzazione di ogni test.

Successivamente, è stato possibile verificare la funzionalità del quaderno di bordo tramite l'esecuzione delle prove Far Side nell'impianto di Slitta. In una prima fase è stato effettuato l'allestimento meccanico ed elettronico del test e poi in un secondo tempo dopo la realizzazione della prova si è passati all'elaborazione della stessa. Appurata la validità del QDB relativo alla prova dell'Euro NCAP sul Far Side Occupant Test si è proceduti alla prima pubblicazione di esso.

Un obiettivo aggiuntivo di questo lavoro è stata la valutazione del rischio di lesioni per l'occupante durante il test Far Side. In tale ottica, sono state analizzate le curve biomeccaniche dell'ATD in seguito alla prova. In particolare, sono stati verificati i tempi di attivazione dei sistemi di ritenuta tramite l'analisi video e controllati i limiti imposti dal protocollo procedendo, quindi, al calcolo del punteggio della prova.

A tal proposito, si è visto che le regioni del corpo più interessate risultano la testa, il collo e il torace/addome. Il punteggio raggiunto nelle due prove dimostra che il rischio di lesione è molto basso per questo tipo di urto: ad eccezione del momento del collo, tutti i parametri biomeccanici sono al di sotto dei limiti imposti dal protocollo. In entrambi i test, premesso che l'escursione della testa sia da limitare, il punteggio raggiunto è tale da non comportare lesioni serie nelle regioni di torace e addome come si evince dal grafico delle rispettive curve di rischio:

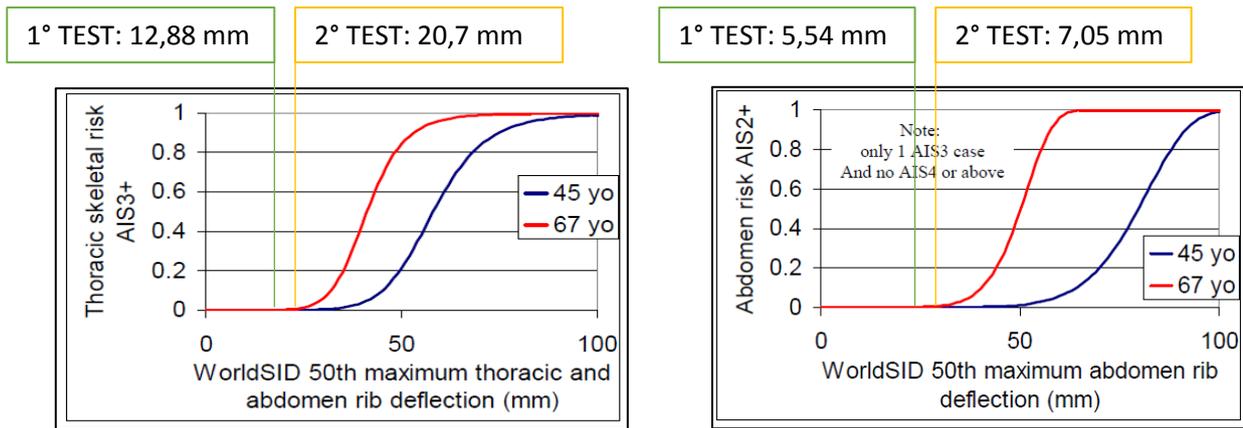


Figura 7-1: curva di rischio costole toraciche relativa ai test.

Figura 7-2: curva di rischio costole addominali relativa ai test.

In particolare, i valori di massimo schiacciamento trovati per le costole toraciche sono di circa 13-21 mm per cui osservando la curva di rischio di lesioni toraciche AIS3 + costruita per un WorldSID 50th per un valore di schiacciamento di 20 mm il rischio di lesione è dello 0%.

Analogamente per valori ottenuti di massimo schiacciamento delle costole addominali di 6-7 mm, dalla curva di rischio di lesioni dell'addome AIS2 + si deduce che anche in tal caso il rischio di lesione è dello 0%.

Queste prime prove Far Side hanno permesso di ottenere una valutazione della protezione dell'occupante in presenza della sola cintura di sicurezza, senza ulteriore aggiunta di airbag e di altri sistemi di ritenuta, ad eccezione del mobiletto centrale (ove presente). Dall'osservazione dei risultati è possibile affermare che per raggiungere il massimo punteggio è necessario aggiungere un airbag centrale in modo da limitare l'escursione della testa ed evitare l'interazione tra due occupanti. Lo studio per la progettazione di questo nuovo tipo di airbag sarà uno degli sviluppi futuri.

Lo studio proposto ha però evidenziato come il miglioramento della performance biomeccanica possa essere ottenuto agendo non solo sull'introduzione di un airbag centrale, ma anche agendo sulle strategie di sparso (ovvero modificando i tempi di attivazione dell'arrotolatore e del terzo punto della cintura di sicurezza) con il fine di limitare l'escursione della testa dell'ATD oppure intervenendo sulle proprietà meccaniche del mobiletto centrale del veicolo.

I. APPENDICE – Quaderno Di Bordo (QDB)

	QDB-BOP-021 Richiesta prova -	
	Simulazione di urto laterale per la protezione degli occupanti dal lato opposto (Far Side)	
<small>Centro Sicurezza - Via Fausto Coppi 2 - 10043 Orbassano (TO) Italy - Tel. +39 011 9080053 - Fax +39 011 9012904</small>		

Mod. MD-QUA-001

Quaderno di Bordo

QDB-BOP-021

Simulazione di urto laterale per la protezione degli occupanti dal lato opposto (Far Side)



Responsabile di prova:-

Progetto: -

Richiesta: -

Scocca: -

Tipo di prova: -

Data e ora di prova: __/__/____ ; __:__

Numero di prova: -

Note post prova:-

Ogni versione cartacea del presente documento è da considerarsi copia di lavoro non controllata. La versione ufficialmente valida è quella presente su sistema informatico aziendale SharePoint
Each paper version of this document is considered uncontrolled working copy. The official version is the one available on the company Share Point Web Site.

Redazione	Data 1^ Emissione	Rev. attuale	Funzione/BL	Rif. Norma
Cremato C.	22/06/2018	2	BOP	UNI EN ISO 9001:2008 ACCREDIA RT08 UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2005
Verifica P. ADDUCI			Approvazione A. Melloncelli	

	QDB-BOP-021 Richiesta prova -	
	Simulazione di urto laterale per la protezione degli occupanti dal lato opposto (Far Side)	
Centro Sicurezza - Via Fausto Coppi 2 - 10043 Orbassano (TO) Italy - Tel. +39 011 9080053 - Fax +39 011 9012904		

Mod. MD-QUA-001

INDICE

1. CRITERI DI UTILIZZO DELLA NORMA	3
2. NORMATIVA RICHIAMATA NEL TESTO.....	3
3. DESCRIZIONE DELL'OGGETTO DI PROVA.....	4
* IL PULSE DI PROVA DERIVA DAL PULSE DELL'URTO UFFICIALE AEMDB O DELL'URTO PALO, MOLTIPLICATO PER	
1.035	4
3.1. COMPONENTI IN PROVA.....	4
4. SIGNIFICATIVITA' OGGETTO DI PROVA	5
5. STRUMENTAZIONE NECESSARIA PER LA PROVA	6
5.1. MANICHINI IN VETTURA.....	6
5.2. TRASDUTTORI SCOCCA / TERMOMETRO DUMMY.....	8
5.3. SISTEMA ELETTRONICO PRESENTE	9
5.4. ACQUISITORI DI BORDO.....	10
5.5. CONFIGURAZIONE TELECAMERE E RICHIESTA FOTO	10
5.6. CONFIGURAZIONE TELECAMERE/ DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA: RICHIESTE AGGIUNTIVE	11
6. PREPARAZIONE DELLA PROVA.....	11
6.1. ALLESTIMENTO MECCANICO SCOCCA	11
6.2. POSIZIONAMENTO H-POINT MACHINE.....	13
6.3. ALLESTIMENTO MECCANICO / ELETTRONICO DELLA SCOCCA (ONBOARD).....	17
6.4. POSIZIONAMENTO TELECAMERE	17
6.5. POSIZIONAMENTO INTERNO SCOCCA A CURA DELL'RdP	18
7. ESECUZIONE DELLA PROVA.....	19
7.1. FOTOGRAFIE POST-PROVA	19
7.2. VERIFICHE IMMEDIATAMENTE POST PROVA	20
8. ELABORAZIONE DATI.....	21
8.1. ELABORAZIONE DATI: STRUTTURA.....	21
8.2. ELABORAZIONE DATI: CINEMATICA MANICHINI	21
9. ATTIVITA' PER IL RIPRISTINO DELL'OGGETTO DI PROVA / BANCO / VEICOLO.....	22
10. ALLEGATO 1: PULSE DI RIFERIMENTO	22

Stesura Qdb: - Progetto:- Scocca:- Tipo di prova: - Richiesta prova: -

Rev. 2 Resp. Aggiornamento: Adduci P.

QDB-BOP-021

2/22

La copia aggiornata del presente documento risiede sul server aziendale: è nella responsabilità di chi vuole utilizzarne una copia cartacea verificarne l'aggiornamento.

	QDB-BOP-021 Richiesta prova -	
	Simulazione di urto laterale per la protezione degli occupanti dal lato opposto (Far Side)	
<small>Centro Sicurezza - Via Fausto Coppi 2 - 10043 Orbassano (TO) Italy - Tel. +39 011 9080053 - Fax +39 011 9012904</small>		

Mod. MD-QUA-001

1. CRITERI DI UTILIZZO DELLA NORMA

La presente norma di sperimentazione descrive le procedure e fornisce gli strumenti per l'effettuazione delle prove di urto con impianto di Slitta simulanti una prova di crash laterale contro barriera deformabile e palo per la protezione degli occupanti che si trovano sul lato opposto all'urto; fornisce inoltre gli strumenti per le analisi di prova dopo urto.

La presente norma di sperimentazione è conforme ai seguenti metodi di prova internazionali:

- Eu NCAP: European New Car Assessment Programme, Far Side Occupant Test & Assessment Procedure V 1.0
Ver 1.0, November 2017
- Eu NCAP: European New Car Assessment Programme, Side Impact Mobile Deformable Barrier Testing Protocol V 7.1.3
Ver 7.1.3, November 2017
- Eu NCAP: European New Car Assessment Programme, Oblique Pole Side Impact Testing Protocol V 7.0.3
Ver 7.0.3, November 2017
- Eu NCAP: European New Car Assessment Programme, Adult Occupant Protection V 8.0.2 Capitoli 2 5 8.2 8.3
Ver 8.0.2, November 2017

2. NORMATIVA RICHIAMATA NEL TESTO

- Eu NCAP: European New Car Assessment Programme, Adult Occupant Protection
- Eu NCAP: European New Car Assessment Programme, Far Side Occupant Test & Assessment Procedure
- Eu NCAP: European New Car Assessment Programme, Side Impact Mobile Deformable Barrier Testing Protocol
- Eu NCAP: European New Car Assessment Programme, Oblique Pole Side Impact Testing Protocol
- IO-BOP-002 – Istruzione impiego truschino per H point
- IO-BOP-003 – Istruzione termometro GMH 3350
- IO-BOP-004 – Istruzione operative warm up e lancio slitta

Stesura Qdb: - Progetto:- Scocca:- Tipo di prova: - Richiesta prova: -

Rev. 2 Resp. Aggiornamento: Adduci P.

QDB-BOP-021

3/22

La copia aggiornata del presente documento risiede sul server aziendale: è nella responsabilità di chi vuole utilizzarne una copia cartacea verificarne l'aggiornamento.

	QDB-BOP-021 Richiesta prova -	
	Simulazione di urto laterale per la protezione degli occupanti dal lato opposto (Far Side)	
Centro Sicurezza - Via Fausto Coppi 2 - 10043 Orbassano (TO) Italy - Tel. +39 011 9080053 - Fax +39 011 9012904		

Mod. MD-QUA-001

3. DESCRIZIONE DELL'OGGETTO DI PROVA

PROGETTO	-
SCocca	-
RICHIEDENTE PROVA	-
N° RICHIESTA PROVA	-
TIPO DI PROVA	-
SCOPO PROVA	
PULSE RIFERIMENTO SLITTA*	
REDAZIONE QdB	Cremato C.
DATA STESURA QdB	__/__/__
RESPONSABILE PROVA	-
DATA E ORA ESECUZIONE PROVA	__/__/__ ; __:__:__
NUMERO PROVA	-

* Il pulse di prova deriva dal pulse dell'urto ufficiale AEMDB o dell'urto palo, moltiplicato per 1.035

3.1. Componenti in prova

Incolla qui la lista con gli ID Work Flow degli oggetti in prova

SCocca	CARATTERISTICHE (Tronccone/intera, rinforzo..)
Intera/tronccone	

BAG	CARATTERISTICHE (Marca, Modello, Inflatore, Tessuto, VH..)
Guidatore	
Passeggero	
Altri bag eventuali	

CINTURE	CARATTERISTICHE (Marca, Modello, LL, Nastro, Pretensionatori..)
Anteriori SX	
Anteriori DX	

SEDILI	CARATTERISTICHE (Marca, Modello, Ossidatura, Schiume..)
Anteriori SX	
Anteriori DX	

ALTRO	CARATTERISTICHE (Marca, Modello, Tipologia..)

Stesura Qdb: - Progetto:- Scocca:- Tipo di prova: - Richiesta prova: -

Rev. 2 Resp. Aggiornamento: Adduci P.

QDB-BOP-021

4/22

La copia aggiornata del presente documento risiede sul server aziendale: è nella responsabilità di chi vuole utilizzarne una copia cartacea verificarne l'aggiornamento.

	QDB-BOP-021 Richiesta prova -	
	Simulazione di urto laterale per la protezione degli occupanti dal lato opposto (Far Side)	
Centro Sicurezza - Via Fausto Coppi 2 - 10043 Orbassano (TO) Italy - Tel. +39 011 9080053 - Fax +39 011 9012904		

Mod. MD-QUA-001

4. SIGNIFICATIVITA' OGGETTO DI PROVA

Valore % signifi. A	Peso % B	Componente che influisce sulla significatività della prova	Caratteristiche significative	Livello minimo tecnologico
	0.16	* completezza e signif. scocca	Rigidezza dinamica - geometria	C
	0.02	* cristalli parabr., lunotto post. e vetri laterali	Presenza e funzionalità	C
	0.1	* cinture di sicurezza	Presenza e funzionalità	C
	0.1	* pretensionatori e loro ancoraggi	Presenza, funzionalità, rigidezza e geometria	C
	0.1	* linea sterzo (piantone e volante)	Presenza e funzionalità	C
	0.2	* moduli airbag laterali guidatore (e passeggero)	Presenza e funzionalità	C
	0.1	* sedili ant. e meccanismi di regolazione	Presenza e funzionalità	C
	0.01	* presenza ponticello cintura mont. B	Presenza e funzionalità	C
	0.01	* ricoprimento longherine tetto/tetto	Presenza	B
	0.2	* plancia	Presenza, completezza e funzionalità	C
	1	TOTALE PESI		
		TOTALE SIGNIFICATIVITA' (= \sum SIGNIFICAT. X PESO = MAX 100)		

Valore % Significatività Descrizione

100 Componente a disegno

50 Componente non rispondente al disegno per caratteristiche significative ma tale da consentire rilievi per simulazione (*)

0 Componente non verificabile (la prova non può essere effettuata)

Stesura Qdb: - Progetto:- Scocca:- Tipo di prova: - Richiesta prova: -

Rev. 2 Resp. Aggiornamento: Adduci P.

QDB-BOP-021

5/22

La copia aggiornata del presente documento risiede sul server aziendale: è nella responsabilità di chi vuole utilizzarne una copia cartacea verificarne l'aggiornamento.

	QDB-BOP-021 Richiesta prova -	
	Simulazione di urto laterale per la protezione degli occupanti dal lato opposto (Far Side)	
Centro Sicurezza - Via Fausto Coppi 2 - 10043 Orbassano (TO) Italy - Tel. +39 011 9080053 - Fax +39 011 9012904		

Mod. MD-QUA-001

5. STRUMENTAZIONE NECESSARIA PER LA PROVA

5.1. Manichini in vettura

Manichino	Ant. Sx	Ant. Dx	Post. Sx	Post. Dx	Peso kg
WorldSID 50%	X				

Il manichino WorldSID 50% è dotato della seguente strumentazione:

Canale	Pos	Posizione	Unità	Trasduttore	Richiesto
1	TGX	Testa asse X	G	Accel	X
2	TGZ	Testa asse Y	G	Accel	X
3	TGY	Testa asse Z	G	Accel	X
4	FNKSGX	Forza collo superiore asse X	N	Collo 6 assi	X
5	FNKSGY	Forza collo superiore asse Y	N	Collo 6 assi	X
6	FNKSGZ	Forza collo superiore asse X	N	Collo 6 assi	X
7	MNKSGX	Momento collo superiore asse X	N*m	Collo 6 assi	X
8	MNKSGY	Momento collo superiore asse Y	N*m	Collo 6 assi	X
9	MNKSGZ	Momento collo superiore asse Z	N*m	Collo 6 assi	X
10	FSH2GX	Forza spalla superiore DX asse X	N	Forza	X
11	FSH2GY	Forza spalla superiore DX asse Y	N	Forza	X
12	FSH2GZ	Forza spalla superiore DX asse Z	N	Forza	X
13	VBT1GZ	Accelerazione vertebre toraciche T1 asse Z	G	Accel	
14	VBT1GY	Accelerazione vertebre toraciche T1 asse Y	G	Accel	
15	VBT1GX	Accelerazione vertebre toraciche T1 asse X	G	Accel	
16	SSHGY	Potenziometro IR-Trac Spalla	V	Tens	X
17	RSHUGZ	Potenziometro Spalla	GR	Rotaz	X
18	VBT4GZ	Accelerazione vertebre toraciche T4 asse Z	G	Accel	
19	VBT4GY	Accelerazione vertebre toraciche T4 asse Y	G	Accel	
20	VBT4GX	Accelerazione vertebre toraciche T4 asse X	G	Accel	
21	SRIB1GY	Potenziometro IR-Track Costola	V	tens	X

Stesura Qdb: - Progetto:- Scocca:- Tipo di prova: - Richiesta prova: -

Rev. 2 Resp. Aggiornamento: Adduci P.

QDB-BOP-021

6/22

La copia aggiornata del presente documento risiede sul server aziendale: è nella responsabilità di chi vuole utilizzarne una copia cartacea verificarne l'aggiornamento.

	QDB-BOP-021 Richiesta prova -	
	Simulazione di urto laterale per la protezione degli occupanti dal lato opposto (Far Side)	
<small>Centro Sicurezza - Via Fausto Coppi 2 - 10043 Orbassano (TO) Italy - Tel. +39 011 9080053 - Fax +39 011 9012904</small>		

Mod. MD-QUA-001

Canale	Pos	Posizione	Unità	Trasduttore	Richiesto
22	RRIB1GZ	Potenzimetro Costola	GR	rotaz	X
23	RIB1GY	Accelerazione costola 1 asse Y	G	Accel	
24	SRIB2GY	Potenzimetro IR-Track Costola	V	tens	X
25	RRIB2GZ	Potenzimetro Costola	GR	Rotaz	X
26	RIB2GY	Accelerazione costola 1 asse Y	G	Accel	
27	SRIB3GY	Potenzimetro IR-Track Costola	V	Tens	X
28	RRIB3GZ	Potenzimetro Costola	GR	Rotaz	X
29	RIB3GY	Accelerazione costola 3 asse Y	G	Accel	
30	SABD1GY	Post IR-Track Addome	V	Tens	X
31	RABD1GZ	Potenzimetro Addome	GR	Rotaz	X
32	ABD1GY	Accelerazione addome SX asse Y	G	Accel.	
33	SABD2GY	Post IR-Track Addome	V	Tens	X
34	RABD2GZ	Potenzimetro Addome	GR	Rotaz	X
35	ABD2GY	Accelerazione Addome DX asse Y	G	Accel	
36	FLSGX	Forza lombare superiore asse X	N	Lombare 6 assi	X
37	FLSGY	Forza lombare superiore asse Y	N	Lombare 6 assi	X
38	FLSGZ	Forza lombare superiore asse Z	N	Lombare 6 assi	X
39	MLSGX	Momento lombare sup asse X	N*m	Lombare 6 assi	X
40	MLSGY	Momento lombare superiore asse Y	N*m	Lombare 6 assi	X
41	MLSGZ	Momento lombare superiore asse Z	N*m	Lombare 6 assi	X
42	BGZ	Bacino asse X	G	Accel	X
43	BGY	Bacino asse Y	G	Accel	X
44	BGX	Bacino asse Z	G	Accel	X
45	FSPGY	Cella sinfisi pubica	N	Forza	X
46	VBT12GZ	Accelerazione vertebre toraciche T12 asse Z	G	Accel	X
47	VBT12GY	Accelerazione vertebre toraciche T12 asse Y	G	Accel	X
48	VBT12GX	Accelerazione vertebre toraciche T12 asse X	G	Accel	X
49	FFS2GX	Forza femorale superiore DX asse X	N	Fem. 3 assi	

Stesura Qdb: - Progetto:- Scocca:- Tipo di prova: - Richiesta prova: -

Rev. 2 Resp. Aggiornamento: Adduci P.

QDB-BOP-021

7/22

La copia aggiornata del presente documento risiede sul server aziendale: è nella responsabilità di chi vuole utilizzarne una copia cartacea verificarne l'aggiornamento.

	QDB-BOP-021 Richiesta prova -	
	Simulazione di urto laterale per la protezione degli occupanti dal lato opposto (Far Side)	
Centro Sicurezza - Via Fausto Coppi 2 - 10043 Orbassano (TO) Italy - Tel. +39 011 9080053 - Fax +39 011 9012904		

Mod. MD-QUA-001

50	FFS2GY	Forza femorale superiore DX asse Y	N	Femorale 3 assi	
51	FFS2GZ	Forza femorale superiore DX asse Z	N	Femorale 3 assi	
52	TVANGGX	Sensore velocità angolare	GR/s	VelAng	X
53	TOVANGGX	Sensore velocità angolare	GR/s	VelAng	
54	TOVANGGZ	Sensore velocità angolare	GR	Rotaz	
		TOTALE		Indicare numero totale canali	

5.2. Trasduttori scocca / termometro Dummy

POSIZIONE	DESCRIZIONE	MONTAGGIO	F. SCALA	FILTR.	N. CANALI	RICHIESTO
FTESG	Tensiom. Sup. Guid	Agganciato su cintura	1600 Kg	60	1	
FTESP	Tensiom. Sup. Pas.	Agganciato su cintura	1600 Kg	60	1	
FTEIG	Tensiom. Inf. Guid.	Agganciato su cintura	1600 Kg	60	1	
FTEIP	Tensiom. Inf. Pas.	Agganciato su cintura	1600 Kg	60	1	
FTERG	Tensiom. Rinv. Guid.	Agganciato su cintura	1600 Kg	60	1	
FTERP	Tensiom. Rinv. Pas.	Agganciato su cintura	1600 Kg	60	1	
PM1X	Pavim. Centr. Sinistro	Avvitato su basetta saldata a scocca	150g	180	1	
PM1Y	Pavim. Centr. Sinistro	Avvitato su basetta saldata a scocca	150g	180	1	
POSIZIONE	DESCRIZIONE	MONTAGGIO	F. SCALA	FILTR.	N. CANALI	RICHIESTO

Stesura Qdb: - Progetto:- Scocca:- Tipo di prova: - Richiesta prova: -

Rev. 2 Resp. Aggiornamento: Adduci P.

QDB-BOP-021

8/22

La copia aggiornata del presente documento risiede sul server aziendale: è nella responsabilità di chi vuole utilizzarne una copia cartacea verificarne l'aggiornamento.

	QDB-BOP-021 Richiesta prova -	
	Simulazione di urto laterale per la protezione degli occupanti dal lato opposto (Far Side)	
Centro Sicurezza - Via Fausto Coppi 2 - 10043 Orbassano (TO) Italy - Tel. +39 011 9080053 - Fax +39 011 9012904		

Mod. MD-QUA-001

CP1X	Su carrello	Avvitato su basetta carrello	150g	60	1	
CP2X	Su carrello	Avvitato su basetta carrello	150g	60	1	
PP1X	Pavimento posteriore sx	Avvitato su basetta saldata a scocca	150g	60	1	
PP1Y	Pavimento posteriore sx	Avvitato su basetta saldata a scocca	150g	60	1	
Ev1	Tra mobiletto centrale e dummy	Attaccato a mobiletto e manichino	NA	NA	1	
Termometro	Su dummy					
TOTALE NUMERO CANALI						

n.b.: i trasduttori evidenziati sono tutti e solo quelli richiesti dal protocollo di prova Euro NCAP (gli accelerometri PM e PP sono da scegliere separatamente).

5.3. Sistema elettronico presente

<u>AIRBAG attivi</u>	si	no
GUIDATORE (SAB)		
GUIDATORE (HAB)		
KNEE BAG GUIDATORE (KAB)		
<u>PRETENSIONATORI attivi</u>	si	no
PRETENSIONATORE guidatore		
PRETENSIONATORE ATTIVO guidatore		
<u>TEMPI DI SPARO (ms)</u>	I stadio	II stadio
SAB GUIDATORE		
HAB GUIDATORE		
KNEE BAG GUIDATORE		
PRETENSIONATORE guidatore arrotolatore		

Stesura Qdb: - Progetto:- Scocca:- Tipo di prova: - Richiesta prova: -

Rev. 2 Resp. Aggiornamento: Adduci P.

QDB-BOP-021

9/22

La copia aggiornata del presente documento risiede sul server aziendale: è nella responsabilità di chi vuole utilizzarne una copia cartacea verificarne l'aggiornamento.

	QDB-BOP-021 Richiesta prova -	
	Simulazione di urto laterale per la protezione degli occupanti dal lato opposto (Far Side)	
Centro Sicurezza - Via Fausto Coppi 2 - 10043 Orbassano (TO) Italy - Tel. +39 011 9080053 - Fax +39 011 9012904		

Mod. MD-QUA-001

PRETENSIONATORE guidatore terzo punto		
PRETENSIONATORE guidatore ATTIVO		

NOTA Pulse tagliato di ____ m

5.4. Acquisitori di bordo

QUANTITA'	1	2	3	4	Peso unitario (kg)
BATTERIA 12 VOLT SENZA SUPPORTO					16,5
DAS senza supporto					14
TIMER senza SUPPORTO					5
Peso totale					33

5.5. Configurazione telecamere e richiesta foto

DATA:	ORA:	Addetto foto/cine operatore:	Responsabile Laboratorio Meccanico:

TELECAMERE STANDARD RICHIESTE				
STANDARD	NUMERO E TIPOLOGIA TELECAMERE	Telecamere da Standard FS01	Telecamere richieste (croccettare)	Eseguito (timbrare)
PR-BOP-010 Std. FS01	6 X ONBOARD	A		
		B		
		C		
		D		
		E		
		F		
	2 X OFFBOARD	G		
		H		

Standard	Numero fotografie	Richiesto	Eseguito (timbrare)
PR-BOP-009 Std. FT06	10		

Stesura Qdb: - Progetto:- Scocca:- Tipo di prova: - Richiesta prova: -

Rev. 2 Resp. Aggiornamento: Adduci P.

QDB-BOP-021

10/22

La copia aggiornata del presente documento risiede sul server aziendale: è nella responsabilità di chi vuole utilizzarne una copia cartacea verificarne l'aggiornamento.

	QDB-BOP-021 Richiesta prova -	
	Simulazione di urto laterale per la protezione degli occupanti dal lato opposto (Far Side)	
Centro Sicurezza - Via Fausto Coppi 2 - 10043 Orbassano (TO) Italy - Tel. +39 011 9080053 - Fax +39 011 9012904		

Mod. MD-QUA-001

5.6. Configurazione telecamere / documentazione fotografica: richieste aggiuntive

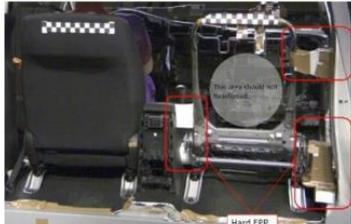
TELECAMERE NON STANDARD / FOTOGRAFIE NON STANDARD	
DESCRIZIONE	CROCETTARE

ULTERIORI FOTOGRAFIE	CROCETTARE	
	SI	NO
FOTO TRASDUTTORI		
MISURAZIONI POSIZIONE TELECAMERE PER ANALISI DA FILM		
Ulteriori foto su richiesta dell'RD		

6. PREPARAZIONE DELLA PROVA

6.1. Allestimento meccanico scocca

DATA:	ORA:	Adetto allestimento meccanico	Responsabile Laboratorio Meccanico:
-------	------	-------------------------------	-------------------------------------

OPERAZIONE RICHIESTA	Richiesto	OPERAZIONE EFFETTUATA (crocettare)
Eeguire il montaggio di tutti i componenti concordati con RdP e inseriti in - sulla scocca.		
Eeguire il montaggio degli spaziatori tra il lato colpito (B-pillar) e il sedile del passeggero e tra il sedile del passeggero e il mobiletto centrale. 		

Stesura Qdb: - Progetto:- Scocca:- Tipo di prova: - Richiesta prova: -

Rev. 2 Resp. Aggiornamento: Adduci P.

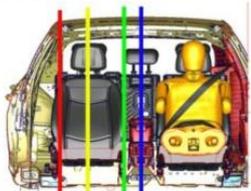
QDB-BOP-021

11/22

La copia aggiornata del presente documento risiede sul server aziendale: è nella responsabilità di chi vuole utilizzarne una copia cartacea verificarne l'aggiornamento.

	QDB-BOP-021 Richiesta prova -	
	Simulazione di urto laterale per la protezione degli occupanti dal lato opposto (Far Side)	
Centro Sicurezza - Via Fausto Coppi 2 - 10043 Orbassano (TO) Italy - Tel. +39 011 9080053 - Fax +39 011 9012904		

Mod. MD-QUA-001

OPERAZIONE RICHIESTA	Richiesto	OPERAZIONE EFFETTUATA (crocettare)
<p>Eeguire il montaggio griglia 50*50 mm a quadretti nella parte posteriore ma non attaccata ai sedili anteriori.</p> 		
<p>Eeguire tracciatura del veicolo:</p> 		
<p>Linea rossa (limite di massima intrusione)</p>	<p>Indicare la quota di massima intrusione rispetto allo scontrino porta destro: _____mm</p>	
<p>Linea gialla (centerline del sedile passeggero/lato urto)</p>		
<p>Linea verde (interazione occupante-occupante): 250 mm dalla linea gialla verso l'interno</p>		
<p>Linea blu (centerline del veicolo)</p>		
<p>Eeguire il montaggio della scocca su carrello (angolo scocca rispetto alla slitta +75°/+3°)</p>		
<p>Verificare l'integrità di tutti i fissaggi della scocca su carrello</p>		
<p>Saldare le piastrine per tutti i sensori nelle posizioni standard previste (acceler. / potenz. / tubi).</p>		

Stesura Qdb: - Progetto:- Scocca:- Tipo di prova: - Richiesta prova: -

Rev. 2 Resp. Aggiornamento: Adduci P.

QDB-BOP-021

12/22

La copia aggiornata del presente documento risiede sul server aziendale: è nella responsabilità di chi vuole utilizzarne una copia cartacea verificarne l'aggiornamento.

	QDB-BOP-021 Richiesta prova -	
	Simulazione di urto laterale per la protezione degli occupanti dal lato opposto (Far Side)	
Centro Sicurezza - Via Fausto Coppi 2 - 10043 Orbassano (TO) Italy - Tel. +39 011 9080053 - Fax +39 011 9012904		

Mod. MD-QUA-001

OPERAZIONE RICHIESTA	Richiesto	OPERAZIONE EFFETTUATA (crocettare)
Montare e controllare su vettura eventuali cablaggi airbag e pretensionatori supplementari e/o di acquisizione segnali in das		
Collegare i componenti attivi del sistema di ritenuta (bag, pretensionatori...) al sistema di trigger dell'impianto slitta.		
Fissare traliccio telecamere		

OPERAZIONE RICHIESTA	SI	OPERAZIONE EFFETTUATA (crocettare)
Verifica da parte del responsabile di officina che tutte le operazioni dell'allestimento meccanico siano state effettuate		
Condivisione allestimento meccanico tra responsabile di prova e responsabile laboratorio meccanico		
Pesare scocca		
Verifica da parte del responsabile di officina corretta installazione scocca su slitta (angolo scocca rispetto a slitta +75° o secondo punto precedente)		

PESO SCOCCA INDICATIVO RILEVATO A FINE ALLESTIMENTO MECCANICO:
Kg:

6.2. Posizionamento H-POINT machine

DATA:	ORA:	Addetto BOP:	Responsabile Laboratorio meccanico:

OPERAZIONE RICHIESTA	Richiesto	OPERAZIONE EFFETTUATA (Timbrare)
Posizionare l'H-point machine		

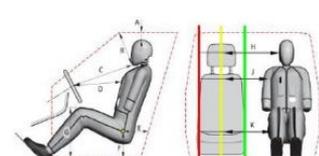
Stesura Qdb: - Progetto:- Scocca:- Tipo di prova: - Richiesta prova: -

Rev. 2 Resp. Aggiornamento: Adduci P.

QDB-BOP-021

13/22

La copia aggiornata del presente documento risiede sul server aziendale: è nella responsabilità di chi vuole utilizzarne una copia cartacea verificarne l'aggiornamento.

		QDB-BOP-021 Richiesta prova - Simulazione di urto laterale per la protezione degli occupanti dal lato opposto (Far Side)			
Centro Sicurezza - Via Fausto Coppi 2 - 10043 Orbassano (TO) Italy - Tel. +39 011 9080053 - Fax +39 011 9012904					
Mod. MD-QUA-001					
Posizione dummy		PALO	Rilevato	Note	
REQUESTED DISTANCE FROM TESTING PROTOCOL					
A	Dalla parte superiore della testa al tetto (misurata lungo Z)				
B	Dal mento alla fine della serigrafia parabrezza				
C	Dal mento al centro volante				
D	Dal torace al centro volante (misurata lungo X)				
E	Dal punto H al telaio porta interno (misurata lungo X)				
F	Dal punto H al telaio porta interno (misurata lungo Z)				
G	Dalla superficie superiore del ginocchio al tappeto (misurata lungo Z)				
H	Dal centro testa alla centerline del sedile (misurata lungo Y)				
J	Dalla spalla alla centerline del sedile (misurata lungo Y)				
K	Dal gomito alla centerline del sedile (misurata lungo Y)				
	Angolo delle braccia del manichino	32°	32°		
NA	Scatti regolazione collo dallo 0				
RA	Rib angle				
HA	Head angle (0°±1°)				
PA	Pelvic angle				
ADDITIONAL DISTANCE					
COQx	Centro Testa - scontrino (misurata lungo X)				
COQz	Centro Testa - scontrino (misurata lungo Z)				
COsx	Dal centro spalla allo scontrino (misurata lungo x)				
COsz	Dal centro spalla allo scontrino (misurata lungo z)				
	Dal ginocchio al mobiletto				
	Dal bacino al mobiletto				
	Dal ginocchio alla plancia min dx/sx				
RSD	Dalla costola toracica superiore al mobiletto				
RMD	Dalla costola toracica intermedia al mobiletto				
RID	Dalla costola toracica inferiore al mobiletto				
AD	Dalla costola toracica addominale superiore al mobiletto				
AB	Dalla costola toracica addominale inferiore al mobiletto				
SA	Angolo schienale misurato sulla zona posteriore del sedile*			* Adagiare sulla parte posteriore dello schienale (mezzera) la bolla lunga e su questa quella piccola da cui si ricava l'angolo	
AA	Angolo astina APT				
	Distanza asta APT - fine serigrafia parabrezza + distanza asta APT - PIN				
					

Stesura Qdb: - Progetto:- Scocca:- Tipo di prova: - Richiesta prova: -

Rev. 2 Resp. Aggiornamento: Adduci P.

QDB-BOP-021

16/22

La copia aggiornata del presente documento risiede sul server aziendale: è nella responsabilità di chi vuole utilizzarne una copia cartacea verificarne l'aggiornamento.

	QDB-BOP-021 Richiesta prova -	
	Simulazione di urto laterale per la protezione degli occupanti dal lato opposto (Far Side)	
Centro Sicurezza - Via Fausto Coppi 2 - 10043 Orbassano (TO) Italy - Tel. +39 011 9080053 - Fax +39 011 9012904		

Mod. MD-QUA-001

6.3. Allestimento meccanico / elettronico della scocca (onboard)

DATA:	ORA:	Addetto Allestimento Meccanico/elettronico:	Responsabile

OPERAZIONE RICHIESTA	Richiesto	OPERAZIONE EFFETTUATA (crocettare)
Collegare il sensore di temperatura al manichino		
Collegare i trasduttori al das		
Collegare i trasduttori dei manichini al das		
Effettuare controllo funzionamento trasduttori manichini		
Montare i manichini in vettura		
Collegare il trigger alle telecamere onboard		
Montare i tensiometri		
Portare il carrello a contatto con il pistone della slitta in posizione di inizio prova per consentire il posizionamento delle telecamere		

6.4. Posizionamento telecamere

DATA:	ORA:	Addetto Allestimento Meccanico/elettronico:	Responsabile

OPERAZIONE RICHIESTA	Richiesto	OPERAZIONE EFFETTUATA (timbrare)
Posizionare le telecamere come descritto nel qdb sezione configurazione telecamere 5.5		

Stesura Qdb: - Progetto:- Scocca:- Tipo di prova: - Richiesta prova: -

Rev. 2 Resp. Aggiornamento: Adduci P.

QDB-BOP-021

17/22

La copia aggiornata del presente documento risiede sul server aziendale: è nella responsabilità di chi vuole utilizzarne una copia cartacea verificarne l'aggiornamento.

	QDB-BOP-021 Richiesta prova -	
	Simulazione di urto laterale per la protezione degli occupanti dal lato opposto (Far Side)	
Centro Sicurezza - Via Fausto Coppi 2 - 10043 Orbassano (TO) Italy - Tel. +39 011 9080053 - Fax +39 011 9012904		

Mod. MD-QUA-001

OPERAZIONE RICHIESTA	Richiesto	OPERAZIONE EFFETTUATA (timbrare)
Posizionare le telecamere onboard		
Collegare il trigger alle telecamere onboard		
Collegare le telecamere al pc di controllo		
Effettuare puntamenti per la prima messa fuoco/campo di ripresa		
Effettuare simulazione di ripresa mediante accensione luci per verifica qualità immagini		
Eseguire test di prova del trigger delle telecamere		
Prendere misure per analisi da film	NN	
Consegna scocca all'addetto manichini per posizionamento manichini		

6.5. Posizionamento interno scocca a cura dell'RdP

OPERAZIONE RICHIESTA	RESPONSABILE	OPERAZIONE EFFETTUATA (timbrare)
Controllare il posizionamento degli interni della vettura e le tracciature previste.	Responsabile di prova	
Controllare che gli appoggiatesta anteriori abbiano la superficie superiore in linea con il baricentro della testa; verificare che l'inclinazione dell'appoggiatesta sia nella posizione prescritta dal costruttore altrimenti metterlo nella posizione intermedia.	Responsabile di prova	
Controllare che l'appoggia braccia anteriore centrale sia chiuso e in posizione abbassata e retratta.	Responsabile di prova	
Verificare che i manichini siano dotati di collare di protezione	Responsabile di prova	
Posizionamento finale manichini	Responsabile di prova	
Verificare che i distanziatori siano applicati negli spazi tra il lato colpito (B-pillar) e il sedile del passeggero e tra il sedile del passeggero e la console centrale.	Responsabile di prova	
Verificare che le strutture verso l'A-pillar, il parabrezza e il posteriore del B-pillar siano rimosse dal BIW.	Responsabile di prova	

Stesura Qdb: - Progetto:- Scocca:- Tipo di prova: - Richiesta prova: -

Rev. 2 Resp. Aggiornamento: Adduci P.

QDB-BOP-021

18/22

La copia aggiornata del presente documento risiede sul server aziendale: è nella responsabilità di chi vuole utilizzarne una copia cartacea verificarne l'aggiornamento.

	QDB-BOP-021 Richiesta prova -	
	Simulazione di urto laterale per la protezione degli occupanti dal lato opposto (Far Side)	
<small>Centro Sicurezza - Via Fausto Coppi 2 - 10043 Orbassano (TO) Italy - Tel. +39 011 9080053 - Fax +39 011 9012904</small>		

Mod. MD-QUA-001

OPERAZIONE RICHIESTA	RESPONSABILE	OPERAZIONE EFFETTUATA (timbrare)
Verificare che i manichini siano cinturati.	Responsabile di prova	
Verificare che i sedili siano bloccati.	Responsabile di prova	
Rilevare distanze tipiche tra manichini e interni vettura come da foglio di posizionamento al paragrafo 6.2 di questo documento	Responsabile di prova	
Posizionare tensiometri.	Responsabile di prova	
Colorare i manichini come da protocollo EuroNCAP	Responsabile di prova	

7. ESECUZIONE DELLA PROVA

OPERAZIONE RICHIESTA	RESPONSABILE	OPERAZIONE EFFETTUATA (croccettare)
Effettuare la prova utilizzando l'istruzione operativa warm up o lancio slitta (IO-BOP-004)	Responsabile impianto	

7.1. Fotografie Post-prova

Standard	Numero fotografie	Richiesto	Eseguito (timbrare)
PR-BOP-009 Std. FT06	12		

Stesura Qdb: - Progetto:- Scocca:- Tipo di prova: - Richiesta prova: -

Rev. 2 Resp. Aggiornamento: Adduci P.

QDB-BOP-021

19/22

La copia aggiornata del presente documento risiede sul server aziendale: è nella responsabilità di chi vuole utilizzarne una copia cartacea verificarne l'aggiornamento.

	QDB-BOP-021 Richiesta prova -	
	Simulazione di urto laterale per la protezione degli occupanti dal lato opposto (Far Side)	
<small>Centro Sicurezza - Via Fausto Coppi 2 - 10043 Orbassano (TO) Italy - Tel. +39 011 9080053 - Fax +39 011 9012904</small>		

Mod. MD-QUA-001

7.2. Verifiche immediatamente post prova

(Pareri ed interpretazioni di seguito riportati non sono oggetto dell'accREDITAMENTO Accredia)

COMPONENTE E SOTTOGRUPPO	COMPORAMENTO STRUTTURALE	NOTE
CINTURE SICUREZZA	È possibile slacciare le cinture senza ausilio di attrezzi?	
MANICHINI	Ci sono anomalie nel posizionamento del manichino dopo l'urto?	

Stesura Qdb: - Progetto:- Scocca:- Tipo di prova: - Richiesta prova: -

Rev. 2 Resp. Aggiornamento: Adduci P.

QDB-BOP-021

20/22

La copia aggiornata del presente documento risiede sul server aziendale: è nella responsabilità di chi vuole utilizzarne una copia cartacea verificarne l'aggiornamento.

	QDB-BOP-021 Richiesta prova -	
	Simulazione di urto laterale per la protezione degli occupanti dal lato opposto (Far Side)	
Centro Sicurezza - Via Fausto Coppi 2 - 10043 Orbassano (TO) Italy - Tel. +39 011 9080053 - Fax +39 011 9012904		

Mod. MD-QUA-001

8. ELABORAZIONE DATI

(Pareri ed interpretazioni di seguito riportati non sono oggetto dell'accREDITAMENTO Accredia)

8.1. Elaborazione dati: struttura

COMPONENTE SOTTOGRUPPO	COMPORTAMENTO STRUTTURALE / NOTE
SEDILE	
MOBILETTO CENTRALE	
PEDANINA LATO GUIDATORE	
PEDALIERA	
ATTACCHI SEDILI ANTERIORI	
ATTACCHI CINTURE	
ALTRO	

8.2. Elaborazione dati: cinematica manichini

MANICHINO GUIDAT.:	COMPORTAMENTO / NOTE
Testa/collo	Urti contro interni vettura in avanzamento? Zona di interazione con il volante? Rotazioni testa/collo? Biomeccanica nei limiti? Valori al limite?
Torace/addome	Zona di interazione con il poggia braccio centrale? Biomeccanica nei limiti? Valori al limite?

Stesura Qdb: - Progetto:- Scocca:- Tipo di prova: - Richiesta prova: -

Rev. 2 Resp. Aggiornamento: Adduci P.

QDB-BOP-021

21/22

La copia aggiornata del presente documento risiede sul server aziendale: è nella responsabilità di chi vuole utilizzarne una copia cartacea verificarne l'aggiornamento.

	QDB-BOP-021 Richiesta prova -	
	Simulazione di urto laterale per la protezione degli occupanti dal lato opposto (Far Side)	
<small>Centro Sicurezza - Via Fausto Coppi 2 - 10043 Orbassano (TO) Italy - Tel.+39 011 9080053 - Fax+39 011 9012904</small>		

Mod. MD-QUA-001

9. ATTIVITA' PER IL RIPRISTINO DELL'OGGETTO DI PROVA / BANCO / VEICOLO

10. ALLEGATO 1: PULSE DI RIFERIMENTO

Stesura Qdb: - Progetto:- Scocca:- Tipo di prova: - Richiesta prova: -

Rev. 2 Resp. Aggiornamento: Adduci P.

QDB-BOP-021

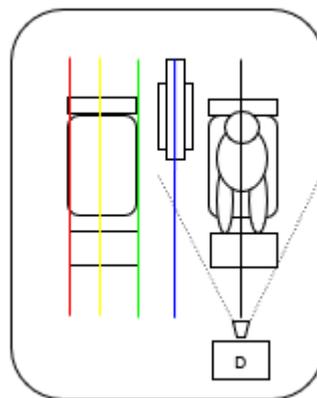
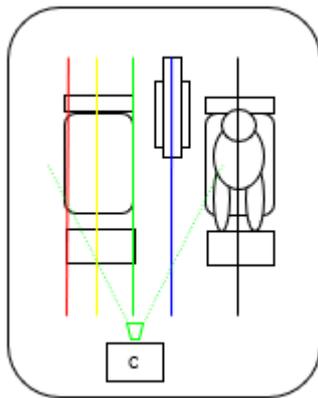
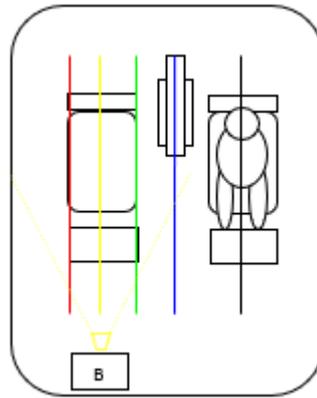
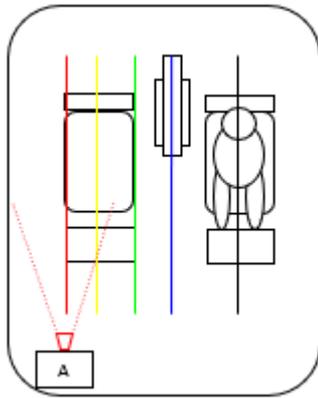
22/22

La copia aggiornata del presente documento risiede sul server aziendale: è nella responsabilità di chi vuole utilizzarne una copia cartacea verificarne l'aggiornamento.

II. APPENDICE – Procedura di puntamento delle telecamere

STANDARD	NUMERO E TIPOLOGIA TELECAMERE	TELECAMERE DA UTILIZZARE	TELECAMERE UTILIZZATE (CROCETTARE)
FSXX	6 X ONBOARD	A	
		B	
		C	
		D	
		E	
		F	
	2 X OFFBOARD	G	
		H	

ONBOARD:



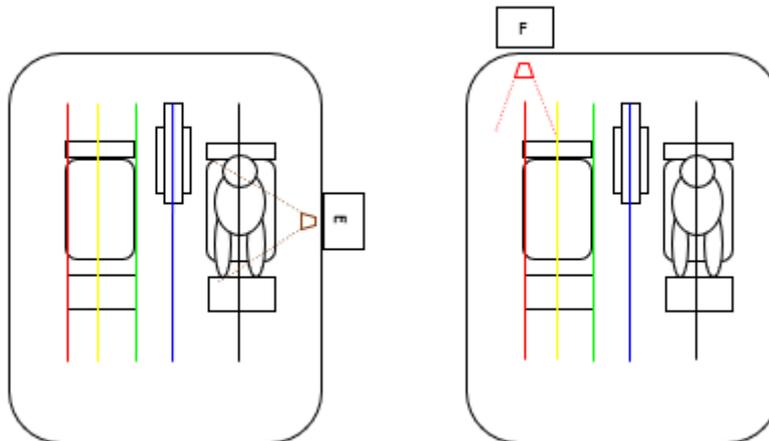
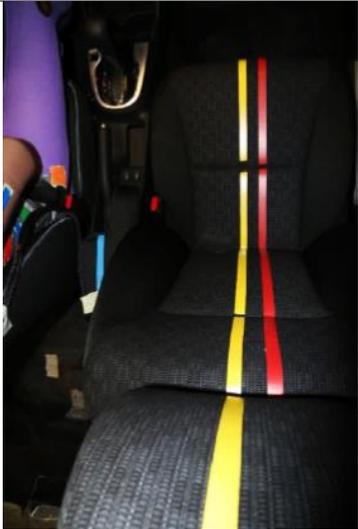
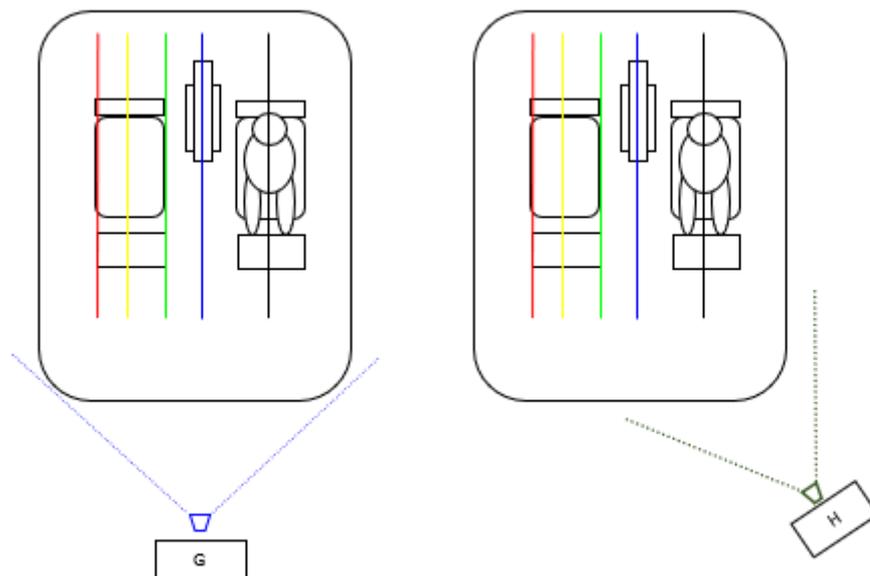


TABELLA	
	<p style="text-align: center;">TELECAMERA A (Frontale, onboard)</p> <p><u>Obiettivo</u>: SCHNEIDER 1.4-8; <u>Fuoco</u>: limite di intrusione (linea rossa) altezza spalla; <u>Inquadratura</u>: <ul style="list-style-type: none"> • Verticale: allineata al limite di intrusione; • Orizzontale: da montante sx a montante dx; <u>Posizione</u>: parallela alla center line del veicolo.</p>
	<p style="text-align: center;">TELECAMERA B (Forntale, onboard)</p> <p><u>Obiettivo</u>: SCHNEIDER 1.4-8; <u>Fuoco</u>: center line del sedile passeggero (linea gialla) altezza testa; <u>Inquadratura</u>: <ul style="list-style-type: none"> • Verticale: allineata alla center line del sedile passeggero; • Orizzontale: da montante sx a montante dx; <u>Posizione</u>: parallela alla center line del veicolo.</p>
	<p style="text-align: center;">TELECAMERA C (Forntale, onboard)</p> <p><u>Obiettivo</u>: SCHNEIDER 1.4-8; <u>Fuoco</u>: limite interazione occupante (linea verde) altezza spalla; <u>Inquadratura</u>: <ul style="list-style-type: none"> • Verticale: allineata al limite interazione occupante; • Orizzontale: da montante sx a montante dx; <u>Posizione</u>: parallela alla center line del veicolo.</p>

	<p>TELECAMERA D (Forntale, onboard)</p> <p><u>Obiettivo</u>: SCHNEIDER 1.4-8; <u>Fuoco</u>: center line del sedile guidatore (linea nera) altezza testa manichino; <u>Inquadratura</u>:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verticale: allineata alla center line del sedile guidatore; • Orizzontale: da montante sx a montante dx; <p><u>Posizione</u>: parallela alla center line del veicolo.</p>
	<p>TELECAMERA E (Laterale, onboard)</p> <p><u>Obiettivo</u>: Nikon 35-70 mm; <u>Fuoco</u>: su mezzeria manichino; <u>Inquadratura</u>:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verticale: dal bacino alla testa del manichino; • Orizzontale: da filo sedile a 800 mm davanti al manichino; <p><u>Posizione</u>: perpendicolare alla center line del veicolo centrata al centro dell'apertura della porta;</p>
	<p>TELECAMERA F (Piana, onboard)</p> <p><u>Obiettivo</u>: Nikon 35-70 mm; <u>Fuoco</u>: limite di intrusione (linea rossa); <u>Posizione</u>: nel piano Z.</p>

OFFBOARD:



TABELLA

	<p>TELECAMERA G (Frontale, Offboard, campo largo)</p>
	<p>TELECAMERA H (Frontale, Offboard campo largo)</p>

Obiettivo: Nikon 17-35 mm;

Fuoco: sedili anteriori;

Inquadratura:

- Verticale: da paraurti anteriore a tetto;
- Orizzontale: da montante sx a montante dx;

Posizione: parallela alla center line del veicolo;

Obiettivo: Nikon 17-35 mm;

Fuoco: sedile guidatore;

Inquadratura:

- Verticale: da brancardo a tetto;
- Orizzontale: da montante anteriore dx a montante posteriore sx;

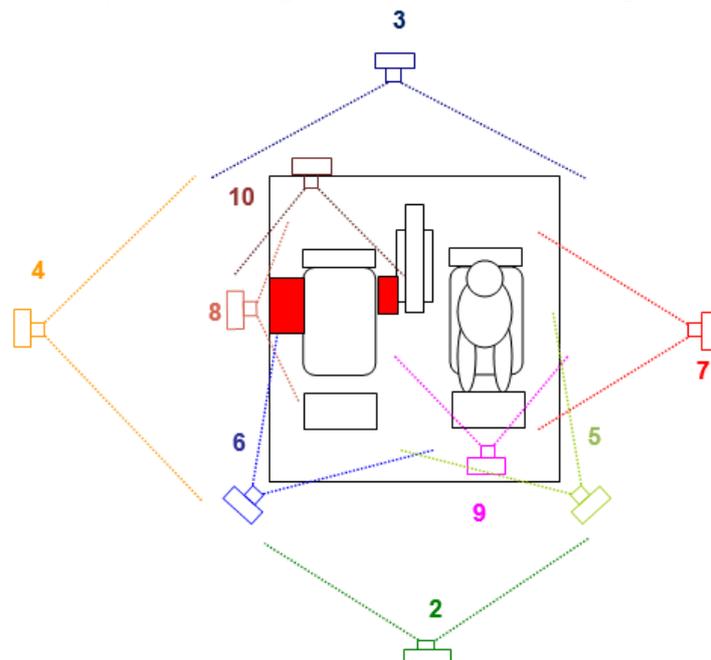
Posizione: perpendicolare alla direzione di viaggio;

III. APPENDICE – Procedura standard fotografico

Configurazione di prova: Far Side Occupant protection. Simulazione di urto laterale con manichino guidatore sul lato opposto

Fotografie pre-prova standard da effettuare ad ogni prova:

- 1 Top – superiore che include tutto il BIW
- 2 Front – frontale che include tutto il BIW
- 3 Rear – posteriore che include tutto il BIW
- 4 Side – laterale che include tutto il BIW
- 5 Side Left 45°(Driver) – laterale lato guidatore a 45° rispetto al lato anteriore
- 6 Side Right 45°(Passenger) – laterale lato passeggero a 45° rispetto al lato anteriore
- 7 Side Right (Driver) Outside – laterale lato guidatore dall'esterno
- 8 Side Left (Passenger) Inside – vista laterale del guidatore dall'interno-includendo la pittura
- 9 Front Right (Driver) – frontale lato guidatore
- 10 Rear (Spacers) – vista posteriore degli spaziatori (in rosso in fig.)



Ulteriori fotografie dovranno essere scattate, su richiesta del Responsabile di Prova, su ogni componente o particolare in esame o in base allo scopo della prova.

Su ogni fotografia dovranno comparire il numero della prova in esecuzione e la scritta "Before" (vedi esempio).



Fotografie post-prova standard:

- 11 Pittura trasferita alla center console (mobiletto centrale)
- 12 Pittura trasferita alla porta/airbags lato passeggero (se applicabili)

Dopo l'esecuzione della prova si dovrà procedere al rifacimento delle stesse fotografie scattate prima della prova, utilizzando le stesse inquadrature.

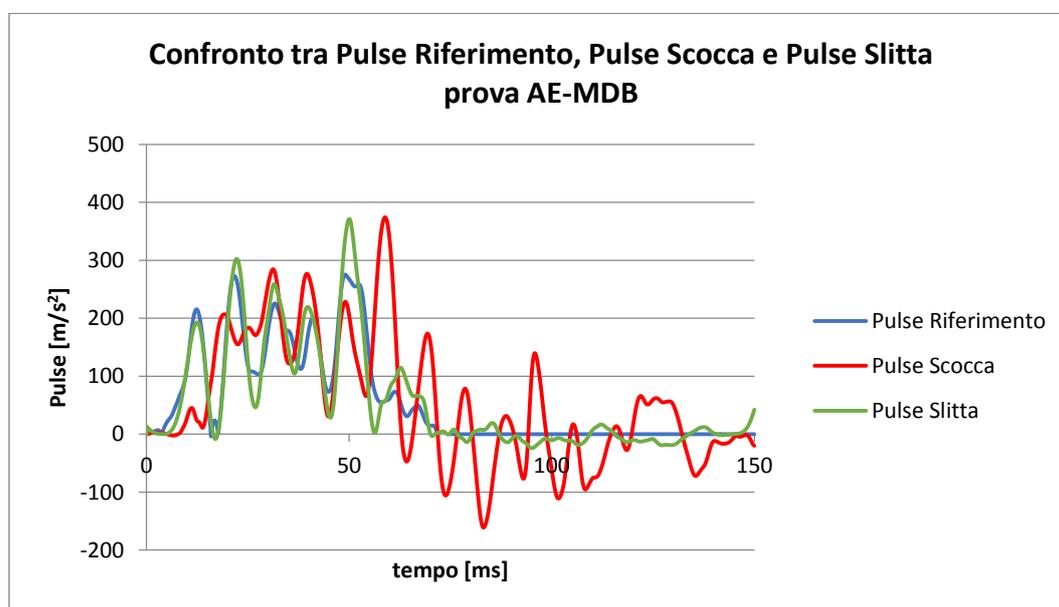
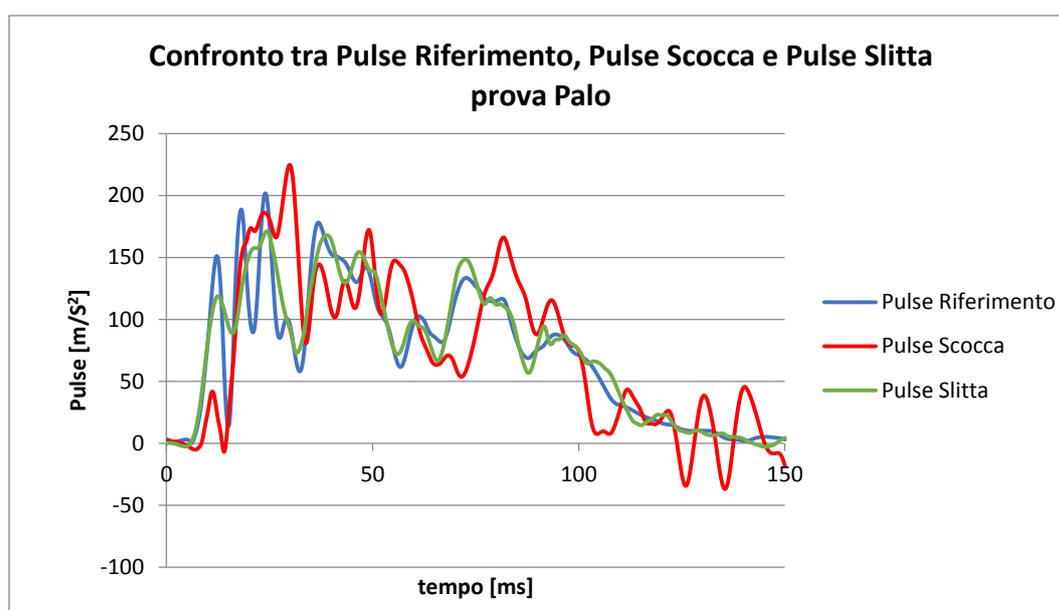
Inoltre, su qualsiasi zona o particolare in cui sono avvenute rotture, deformazioni o cedimenti, se ne dovranno effettuare di nuove a discrezione dell'operatore e del responsabile di prova.

Su ogni fotografia dovranno comparire il numero della prova in esecuzione e la scritta "after" (vedi esempio).



IV. APPENDICE – Confronto PULSE della scocca e PULSE di riferimento

Per verificare le modifiche proposte da attuare al protocollo descritte nel paragrafo 6.3 è stato effettuato anche un ulteriore confronto tra il PULSE di riferimento e il PULSE della scocca, ricavato dall'accelerometro posto sulla scocca in corrispondenza del B-Pillar dal lato non urtato.



Il PULSE della scocca (curva rossa) è una misura più veritiera per effettuare il confronto e come si osserva dall'immagine precedente si discosta maggiormente dal PULSE di riferimento (curva blu) rispetto al PULSE della Slitta (curva verde), essendoci più rumore ed artefatto da movimento.

Ringraziamenti

Al termine di questo traguardo, desidero dedicare la mia attenzione a tutti coloro che hanno contribuito alla stesura di questa tesi.

Ringrazio la Prof.ssa Cristina Bignardi, la mia relatrice, che mi ha suggerito di approfondire ed elaborare questo argomento così interessante.

Ringrazio il mio Tutor il Dott. Alessio Melloncelli, per avermi introdotto in un ambiente giovane e stimolante, supportandomi nel mio percorso di tesi.

Un ringraziamento particolare va al Dott. Pierangelo Adduci che, oltre ad avermi guidato durante l'intero progetto, mi ha trasmesso la passione, l'entusiasmo e le competenze necessarie per affrontare una realtà a me del tutto nuova. Lo ringrazio, inoltre, per la sua continua e costante disponibilità e per tutti i suoi validi consigli in merito alla mia futura carriera.

E poi un grazie immenso ai "Ragazzi della Slitta", che mi hanno accolto in modo speciale e con cui ho trascorso molto del mio tempo in perfetta armonia durante la preparazione della tesi.

Ringrazio i miei genitori, la mia forza, per l'instancabile sostegno datomi durante questi anni, ma soprattutto per aver accorciato le distanze che, solo fisicamente, ci dividevano. Ringrazio mia madre per aver sempre compreso le mie esigenze e per aver colmato con il suo affetto i miei momenti più difficili. Ringrazio mio padre per avermi insegnato ad affrontare con flessibilità qualsiasi situazione e per esserci sempre stato non facendomi pesare la lontananza da casa.

Un grazie va a mia sorella, la mia prima fonte di ispirazione durante tutta la mia vita, che incitandomi ad andare avanti nonostante le sconfitte mi ha spinto ad ambire sempre più in alto e a non mollare mai.

Grazie a Luigi, il mio punto di riferimento, che con il suo amore, la sua positività e la sua pazienza è riuscito a caricarmi di aspettative nei momenti più bui, mostrandomi sempre il suo orgoglio e la sua soddisfazione per i miei traguardi.

Ringrazio i miei nonni, per tutti gli insegnamenti che custodirò per sempre nella mia mente; specialmente mia nonna per essersi continuamente interessata ai miei studi mostrando la sua presenza con gli immancabili messaggi di incoraggiamento e di buona fortuna ad ogni esame.

Un grazie alla mia coinquilina Clara, con cui si è instaurata un'amicizia unica e rara, per aver sopportato le mie lamentele durante questi anni senza mai ricevere una "porta chiusa".

Infine, ringrazio i miei amici, per avermi fatto vivere questi anni in piena serenità donandomi l'affetto di una famiglia.

Bibliografia

- [1] ANFIA, «Regolamentazione del settore Automotive,» 15 Settembre 2015. [Online]. Available: https://www.senato.it/application/xmanager/projects/leg17/attachments/documento_evento_procedura_commissione/files/000/003/058/Contributo_ANFIA.pdf.
- [2] C. Bignardi, *Corso universistario di Bioingegneria meccanica-"Biomeccanica dai traumi da urto*.
- [3] «humaneticsatd,» [Online]. Available: <http://www.humaneticsatd.com/crash-test-dummies/side-impact>.
- [4] «humaneticsatd,» [Online]. Available: <http://www.humaneticsatd.com/crash-test-dummies/frontal-impact/thor-50m>.
- [5] I. 12350:2002(E), «Road vehicles — Injury risk curves to evaluate occupant protection in side impact».
- [6] S. S. a. Testing, «Overview Crash Safety Legislation: Europe, USA and other countries».
- [7] A. E. (WP.29), «The UNECE World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations,» Brussel, 2013.
- [8] [Online]. Available: www.measx.com/en/news/513-optional-sufehm-evaluation-in-x-crash.
- [9] *E/ECE/324/Rev.1/Add.93/Rev.3–E/ECE/TRANS/505/Rev.1/Add.93/Rev.3*, 2017.
- [10] *ECE/324/Rev.1/Add.94/Rev.2–E/ECE/TRANS/505/Rev.1/Add.94/Rev.2,,* 2014.
- [11] Toyota. [Online]. Available: <http://www.toyota.co.jp/jpn/tech/safety/approach/>.
- [12] «Euroncap,» [Online]. Available: <https://www.euroncap.com/it/sicurezza-dei-veicoli/la-valutazione-in-dettaglio/>.
- [13] «Euroncap,» [Online]. Available: <https://www.euroncap.com/it/sicurezza-dei-veicoli/la-valutazione-in-dettaglio/sicurezza-degli-adulti/>.
- [14] «Euroncap,» [Online]. Available: www.EuroNCAP.com/it/stampa-e-media/comunicati-stampa/euroncap-celebra-il-20-anniversario-dei-crash-test-salvavita/.
- [15] «2020 ROADMAP EUROPEAN NEW CAR ASSESSMENT PROGRAMME,» March 2015.
- [16] «Euro NCAP Rating Review 2015 – Report from the Ratings Group,» 2015.
- [17] «SafetyCompanion - Empowering Engineers - carhs,» SafetyCompanion - Empowering Engineers - carhs.
- [18] P. S. H. J. M. J. Mackay M, «Restrained occupants on the nonstruck side in lateral collisions,» vol. 35th Annu Proc Assoc Adv Automot Med, p. 119–131, 1991.

- [19] B. R. T. P. F. P. Frampton R, «The Importance of non-struckside occupants in collisions.,» vol. 42nd Annu Proc Assoc Adv Automot Med, p. 303–320., 1998.
- [20] P. E. B. J. e. a. Augenstein J, «Injuries to restrained occupants in far-side crashes,» vol. Annu Proc Assoc Adv Automot Med , p. 139–158, 1999.
- [21] G. H. M. P. A. B. Digges KH, «Characteristics of the injury environment in far-side crashes,» vol. Annu Proc Assoc Adv Automot Med, p. 185–197, 2005.
- [22] N. A. M. H. D. P. F. M. D. S. A. R. Yoganandan, «A Crash characteristics and injury patterns of restrained front seat occupants in far-side impacts,» vol. Annu Proc Assoc Adv Automot Med, pp. 27-34, 2014.
- [23] «nhtsa,» [Online]. Available: <https://www-esv.nhtsa.dot.gov/proceedings/24/files/Session%2019%20Written.pdf>.
- [24] ACEA, «Accident Analysis of Far Side Occupants,» ACEA 20150852, 14/07/2015.
- [25] ACEA, «Far Side Accident Analysis – V3 GIDAS – Volvo – LAB Synthesis TASK FORCE ACCIDENTOLOGY,» 2015.
- [26] «euro-ncap-far-side-test-and-assessment-protocol-v10.pdf».
- [27] «humaneticsatd,» [Online]. Available: <http://www.humaneticsatd.com/crash-test-dummies/side-impact/worldsid-50m>.
- [28] I. 1. –. R. C, «WS, WorldSID 50th percentile dummy – Standard Instrumentation (upper body),» 2013-04-10.
- [29] I. 1. –. R. C, «WS, WorldSID 50th percentile dummy – Standard Instrumentation (lower body),» 2013-04-10.
- [30] I. 1. –. R. C, «WS, WorldSID 50th percentile dummy – Standard Instrumentation (Static measurements, other channels),» 2013-04-10.
- [31] «sae surface vehicle information report».
- [32] M. Impagliazzo, «Far Side Study Status Active & Passive Safety,» 06/03/2018.
- [33] «Takata Far Side protection,» November 2017.
- [34] «ACEA TF-NCAP EG SI Torst».
- [35] «Farside Draft protocol V1.0,» November 2017.
- [36] E. NCAP, «Far Side protocol Proposal on Arm rest adjustment definition interpretation».
- [37] P. W. -. BMW, «Proposal/Discussion: Far Side generic Pulse».
- [38] «ISO TC22/SC12/WG5: WorldSID TG N398 – BIOFIDELITY,» ISO TC22/SC12/WG5: WorldSID TG N398 –

BIOFIDELITY.

- [39] I. E. WG12, «Status of the WorldSID injury risk curves,» 2012.
- [40] WP.29. [Online]. Available: <https://www.unece.org/trans/main/wp29/introduction.html>.
- [41] [Online]. Available: http://web2.uwindsor.ca/courses/engineering/altenhof/92544/crash_functions_descriptions.pdf.
- [42] E/ECE/324/Rev.1/Add.94/Rev.2, *E/ECE/324/Rev.1/Add.94/Rev.2–E/ECE/TRANS/505/Rev.1/Add.94/Rev.2, 13 February 2014, 2014.*
- [43] n. [26] Frampton R, Brown R, Thomas P, Fay P. The Importance of non-struckside .
- [44] [Online]. Available: www.dynamore.de/en/downloads/papers/09-conference/papers/E-II-01.pdf .
- [45] [Online]. Available: www.dynamore.de/en/downloads/papers/09-conference/papers/E-II-01.pdf .