



CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA CIVILE

**STUDIO SPERIMENTALE AL SIMULATORE DI GUIDA
SUGLI EFFETTI PRODOTTI DALL'ASSUNZIONE DI
VINO SUL COMPORTAMENTO DI GIOVANI
GUIDATORI**

Relatore:

Prof. Marco Bassani

Correlatore:

Ing. Lorenzo Catani

Studente:

Pietro Passalacqua

MAT.224263

LUGLIO 2018

Indice

ABSTRACT.....	1
INTRODUZIONE.....	3
1 ANALISI DELLA LETTERATURA	7
1.1 METABOLIZZAZIONE DELL'ALCOL.....	7
1.1.1 Sistema enzimatico alcol deidrogenasi / acetaldeide deidrogenasi.....	8
1.1.2 Livelli di picco del BAC	9
1.2 MODELLI DI DETERMINAZIONE DEL BAC	11
1.3 EFFETTI DELL'ALCOL SULLA GUIDA.....	12
1.3.1 Effetti sulla posizione nella corsia e sulla velocità	12
1.3.2 Analisi dei punti di fissazione.....	17
1.4 PROBLEMI CORRELATI ALLA SIMULATION SICKNESS (CINETOSI)	20
1.5 EFFETTO PLACEBO	20
1.6 VINI BIOLOGICI / BIODINAMICI	21
2 ESPERIMENTO	23
2.1 OBIETTIVI.....	23
2.2 STRUMENTI.....	25
2.2.1 Simulatore di guida	25
2.2.2 Tecnologia <i>eye-tracking</i>	27
2.2.3 Sensori biometrici	30
2.2.4 Etilometro	31
2.3 VINI DELL'ESPERIMENTO.....	32
2.4 CARATTERISTICHE DEL CAMPIONE E MODALITÀ DI PARTECIPAZIONE AL TEST	33
2.4.1 Modulo di presentazione dell'attività di ricerca e questionario.....	35
2.4.2 Indicazioni preliminari al test	37
2.5 TRACCIATI DELL'ESPERIMENTO.....	37
2.5.1 Tracciato di prova	37
2.5.2 Tracciato del test	39
2.6 PROTOCOLLO SPERIMENTALE	50
2.6.1 Questionario pre-guida.....	53
2.6.2 Questionario post-guida	54
2.7 TRATTAMENTO DEI DATI.....	55
2.7.1 Reazione agli ostacoli puntuali.....	55
2.7.2 Comportamento di guida in funzione della geometria stradale	58
2.8 TRACCIAMENTO OCULARE.....	60
2.9 METODI STATISTICI.....	60

3	RISULTATI E ANALISI.....	65
3.1	LA VALUTAZIONE DEL CONTENUTO DI ALCOL.....	65
3.2	I LIVELLI DI BAC PRE-TEST E POST-TEST	67
3.3	I TEST COGNITIVI.....	70
3.4	I DATI BIOMETRICI.....	75
3.4.1	Variazione di temperatura	75
3.4.2	Attività galvanometrica della pelle	77
3.4.3	Frequenza cardiaca e percentuale di ossigeno nel sangue	79
3.5	ANALISI DEI RISULTATI SULLE REAZIONI AGLI OSTACOLI PUNTUALI.....	81
3.5.1	Lavori in corso sulla banchina	81
3.5.2	Furgone parcheggiato in sosta vietata	83
3.5.3	Coda di veicoli al termine del tracciato	90
3.6	ANALISI DEL COMPORTAMENTO DI GUIDA IN FUNZIONE DELLA GEOMETRIA STRADALE.....	94
3.6.1	Analisi del Comportamento di guida in rettilineo.....	99
3.6.2	Analisi del comportamento di guida in curva sinistrorsa senza banchina	101
3.6.3	Analisi del comportamento di guida in curva destrorsa con coni stradali al centro della carreggiata	103
3.7	ANALISI DEI DATI VISIVI	106
4	CONCLUSIONI	113
	BIBLIOGRAFIA.....	119
	ALLEGATI	121
	Allegato 1. Modulo di presentazione.....	121
	Allegato 2. Questionario pre-guida	124
	Allegato 3. Questionario post-guida.....	125
	Allegato 4. Modulo di raccolta dati.....	127
	Allegato 5. Protocollo riassuntivo	128
	Allegato 6. Profili di velocità.....	129
	Allegato 7. Profili di posizione nella corsia.....	133
	Allegato 8. Percentili dei profili di velocità	138
	Allegato 9. Dati dei tempi di percezione e reazione	141
	Allegato 11. Dati dei test cognitivi.....	147
	Allegato 12. Dati estrapolati dal simulatore.....	154
	Allegato 13. Analisi statistica.....	157
	Allegato 14. Heatmap	160

Indice delle figure

Figura 1.1. Schema semplificato della metabolizzazione dell'alcol.....	7
Figura 1.2. Trasformazione dell'etanolo in acetaldeide	8
Figura 1.3 Trasformazione dell'acetaldeide in acido acetico	8
Figura 1.4. Influenza della reversibilità dell'acetaldeide in etanolo (Umulis et al., 2005)	10
Figura 1.5. Concentrazione di etanolo nel sangue al variare della quantità d'alcol assunta (Umulis et al., 2005).....	11
Figura 1.6. Immagine catturata dall'abitacolo del veicolo durante il test di guida su strada e scenario replicato al simulatore. (Helland et al., 2013)	13
Figura 1.7. Simulatore di guida adottato per l'esperimento "Comparison of driving simulator performance with real driving after alcohol intake A randomised, single blind, placebo-controlled, cross-over trial" (Helland et al., 2013)	13
Figura 1.8. Variabilità del SDLP in funzione del BAC, confronto tra guida reale e guida simulata.	14
Figura 1.9. Variazione delle prestazioni di guida in funzione della geometria stradale, la posizione all'interno della corsia è definita dalla distanza tra il baricentro geometrico del veicolo e il centro della carreggiata. Nota: $BAC = X \% = X \text{ g/dl}$. (Hongji Du et al., 2016).....	16
Figura 1.10. Deviazione standard della lateral position al variare del raggio della curva. Nota: $BAC = X \% = X \text{ g/dl}$. (Hongji Du et al., 2016)	16
Figura 1.11. a) e b) posizione dello sguardo in curva; c) coordinazione tra il movimento orizzontale delle pupille e l'angolo di sterzo delle ruote nel tempo (Marple Horvat et al., 2008)	18
Figura 1.12. a) cattura dell'immagine ripresa dall'eye-tracking e punto di osservazione; b) regioni maggiormente osservate $BAC=0\%$; c) regioni maggiormente osservate $BAC=1.2\%$ (Finley et al., 2017).....	19
Figura 2.1. Il simulatore di guida del DIATI	26
Figura 2.2. Posizione degli specchietti retrovisori (sinistro e centrale)	27
Figura 2.3. Postazione dell'operatore	27
Figura 2.4. Eye-tracking di tipo Head-Mounted nella configurazione binocular (https://docs.pupil-labs.com/#pupil-hardware)	28
Figura 2.5. Calibrazione attraverso l'utilizzo di marker che appaiono in successione sullo schermo centrale del simulatore (https://docs.pupil-labs.com/#user-docs).....	29
Figura 2.6. Marker utilizzati per l'identificazione delle superfici	30
Figura 2.7. Parametri biometrici monitorati: a) Battito cardiaco e % di ossigeno nel sangue; b) Temperatura corporea; c) conduttanza (sudorazione).....	30
Figura 2.8. Etilometro ALCOSCAN 8000 (http://www.alcoscan-italia.it/etilometro-alcoscan-al8000.html)	31
Figura 2.9. Tracciato a otto, prospettiva del guidatore.....	38
Figura 2.10. Tracciato del test, suddivisione per tratti.	39
Figura 2.11. Strada extraurbana C1 (D.M. 05/11/2001)	41
Figura 2.12. Tracciato del test, punto di partenza	41
Figura 2.13. Primo controllo del tracciamento oculare	42

Figura 2.14. Tracciato del test, tratto 1, intersezione semaforizzata	42
Figura 2.15. Tracciato del test, tratto 2, curva 1 (lunghezza 318 m, raggio 225 m).....	43
Figura 2.16. Tracciato del test, tratto 2, rettifilo 2 (lunghezza 371 m).....	43
Figura 2.17. Tracciato del test, tratto2, rettifilo 2 (lunghezza 110 m).....	44
Figura 2.18. Tracciato del test, tratto 2, intersezione semaforizzata	44
Figura 2.19. Tracciato del test, tratto 2, curva 4 (lunghezza 392 m, raggio 300 m), ciclista sulla sinistra. 44	
Figura 2.20. Tracciato del test, tratto 2, uscita curva 4 (lunghezza 392 m, raggio 300 m), furgone sulla sinistra	45
Figura 2.21. Tracciato del test, tratto 3, curva 1 (lunghezza 562 m, raggio 430 m), assenza della banchina	46
Figura 2.22. Tracciato del test, tratto 4, rettifilo 3 (lunghezza 152 m).....	46
Figura 2.23. Tracciato del test, tratto 5, rettifilo 1 (lunghezza 120 m), poco prima ingresso curva 1 (471 m, raggio 300 m).....	47
Figura 2.24. Tracciato del test, tratto 5, curva 1 (lunghezza 471 m, raggio 300 m), fila di coni stradali al centro della carreggiata	47
Figura 2.25. Tracciato del test, tratto 6, rettifilo 3 (lunghezza 52 m).....	48
Figura 2.26. Tracciato del test, tratto 7, rettifilo 2 (lunghezza 101 m).....	48
Figura 2.27. Tracciato del test, tratto 8, rettifilo 2 (lunghezza 290 m).....	49
Figura 2.28. Tracciato del test, tratto 8, curva 2 (lunghezza 562 m, 430 m), coda di veicoli appena visibile	49
Figura 2.29. Secondo controllo per il tracciamento oculare.....	50
Figura 2.30. Fasi del protocollo sperimentale	51
Figura 2.31. Primo ostacolo puntuale, lavori in corso che occupano la banchina, Tratto 2, visuale passeggero.....	55
Figura 2.32. Secondo ostacolo puntuale, furgone parcheggiato in sosta vietata, Tratto 2	56
Figura 3.1. Livelli di BAC pre-test	68
Figura 3.2. Livelli di BAC post-test.....	68
Figura 3.3. Tempi di reazione dei test visivi pre-guida.....	70
Figura 3.4. Tempi di reazione dei test visivi post-guida	71
Figura 3.5. Tempi di reazione dei test uditivi pre-guida	72
Figura 3.6. Tempi di reazione dei test uditivi post-guida.....	72
Figura 3.7. Variazione di temperatura dei partecipanti del gruppo A	76
Figura 3.8. Variazione di temperatura dei partecipanti del gruppo B	76
Figura 3.9. Variazione di temperatura dei partecipanti del gruppo C	76
Figura 3.10. Variazione di temperatura dei partecipanti del gruppo di controllo.....	76
Figura 3.11. Confronto tra le mediane della variazione di temperatura normalizzate nel tempo.....	77
Figura 3.12. Valori di conduttanza dei partecipanti del gruppo A	78
Figura 3.13. Valori di conduttanza dei partecipanti del gruppo B	78
Figura 3.14. Valori di conduttanza dei partecipanti del gruppo C	78
Figura 3.15. Valori di conduttanza dei partecipanti del gruppo di controllo.....	78

Figura 3.16. Confronto tra le mediane delle conduttanze normalizzate.....	79
Figura 3.17. Confronto della differenza di frequenza cardiaca post-test meno pre-test.....	79
Figura 3.18. Distanza dai lavori in corso sulla banchina	81
Figura 3.19. Tempi di reazione per il superamento del furgone parcheggiato in sosta vietata (valori assoluti, cioè misurati a partire dall'avvistamento dell'ostacolo). Nota: "n" numero di partecipanti che hanno compiuto una delle azioni oggetto di analisi.....	83
Figura 3.20. Tempi di reazione nei confronti del furgone parcheggiato in sosta vietata (valori relativi), organizzati in ordine crescente di velocità registrata al momento dell'avvistamento dell'ostacolo. Dati mancanti indicano che il partecipante non ha compiuto nessuna delle tre azioni oggetto di analisi.....	84
Figura 3.21. Tempi di reazione per il superamento del furgone parcheggiato in sosta vietata, dati aggregati (valori assoluti, cioè misurati a partire dall'avvistamento dell'ostacolo).....	87
Figura 3.22. Distanza trasversale tra il baricentro geometrico del veicolo e la fiancata del furgone in sosta	89
Figura 3.23 Tempi di reazione manifestati a causa della coda di veicoli alla fine del tracciato (valori assoluti, cioè misurati a partire dall'avvistamento dell'ostacolo).....	90
Figura 3.24 Tempi di reazione manifestati a causa della coda di veicoli alla fine del tracciato, dati aggregati (valori assoluti, cioè misurati a partire dall'avvistamento dell'ostacolo).....	93
Figura 3.25. Deviazione standard della Lateral Position valutata su tutto il tracciato	95
Figura 3.26. Confronto tra le mediane dei profili di velocità.....	97
Figura 3.27. Valori di SDLP in rettilineo	100
Figura 3.28. Media delle posizioni del veicolo all'interno della corsia in rettilineo, con riferimento al centro della corsia.....	100
Figura 3.29. Deviazione standard della velocità in rettilineo	101
Figura 3.30. Velocità media in rettilineo.....	101
Figura 3.31 Valori di SDLP in curva sinistrorsa senza banchina.....	102
Figura 3.32. Media delle posizioni del veicolo all'interno della corsia in curva sinistrorsa senza banchina, con riferimento al centro della corsia.....	102
Figura 3.33. Deviazione standard della velocità in curva sinistrorsa senza banchina.....	103
Figura 3.34. Velocità media in curva sinistrorsa senza banchina	103
Figura 3.35. Valori di SDLP in curva destrorsa con coni stradali al centro della carreggiata	104
Figura 3.36. Media delle posizioni del veicolo all'interno della corsia in curva destrorsa con coni stradali al centro della carreggiata	105
Figura 3.37. Deviazione standard della velocità in curva destrorsa con coni stradali al centro della carreggiata.....	105
Figura 3.38. Velocità media in curva destrorsa con coni stradali al centro della carreggiata	105
Figura 3.39. Numero di chiusure delle palpebre in rettilineo (lunghezza 371 m)	106
Figura 3.40. Heatmap schermo centrale del simulatore (in rettilineo)	108
Figura 3.41. Numero di chiusure delle palpebre in curva (lunghezza 471 m, raggio 300 m)	109
Figura 3.42 Heatmap schermo centrale del simulatore (in curva), partecipante 65 gruppo A, BAC = 0.071 g/dl.	111

Indice

Figura 4.1. Media delle posizioni del veicolo all'interno della corsia in curva destrorsa con coni stradali al centro della carreggiata	117
Figura 4.2. Media delle posizioni del veicolo all'interno della corsia in curva sinistrorsa senza banchina	117

Indice delle tabelle

Tabella 1.1 Volume d'acqua nei tessuti e velocità di diffusione standard per un uomo di 69,4 Kg (Umulis et al., 2005)	10
Tabella 2.1. BAC ed effetti correlati alla guida (Moskowitz et al., 2000)	24
Tabella 2.2. Campione stratificato. Nota: Si/No sono i partecipanti che hanno effettuato la prova utilizzando lenti a contatto	34
Tabella 2.3. Elementi del tracciato e dati raccolti. V: velocità; DT: distanza trasversale tra il baricentro del veicolo e il centro della carreggiata; C: conduttanza cutanea; T: temperatura; trp: tempo di percezione e reazione; AO: attività oculare.	40
Tabella 2.4. Tavola della distribuzione T di Student.	63
Tabella 3.1. Valutazione del contenuto di alcol con un punteggio che va da 1 a 5 (1 = quasi assente; 2 = poco; 3 = nella media; 4 = sopra la media; 5 = eccessivo)	66
Tabella 3.2. I valori di BAC registrati dall'etilometro. Δ BAC: differenza tra il valore di BAC registrato alla fine del test drive meno quello registrato a 20 minuti dall'assunzione	67
Tabella 3.3. Analisi statistica dei livelli di BAC pre-test e post test	69
Tabella 3.4. Analisi statistica dei test cognitivi pre-guida e post-guida (1/2)	73
Tabella 3.5. Analisi statistica dei test cognitivi pre-guida e post guida (2/2)	74
Tabella 3.6. Confronto tra frequenza cardiaca, percentuale di ossigeno nel sangue pre-test e post-test....	80
Tabella 3.7. Analisi statistica della distanza trasversale tra il baricentro del veicolo e l'ostacolo (1/2)	82
Tabella 3.8. Analisi statistica della distanza trasversale tra il baricentro del veicolo e l'ostacolo (2/2)	82
Tabella 3.9. Analisi statistica dei tempi di reazione e degli spazi percorsi; ostacolo: furgone parcheggiato in sosta vietata (1/2).....	85
Tabella 3.10. Analisi statistica dei tempi di reazione e degli spazi percorsi; ostacolo: furgone parcheggiato in sosta vietata (2/2).....	86
Tabella 3.11. Analisi statistica dei dati aggregati; ostacolo: furgone parcheggiato in sosta vietata.....	88
Tabella 3.12. Analisi statistica dei tempi di reazione e degli spazi percorsi; ostacolo: coda di veicoli (1/2)	91
Tabella 3.13. Analisi statistica dei tempi di reazione e degli spazi percorsi; ostacolo: coda di veicoli (2/2)	92
Tabella 3.14. Analisi statistica dei dati aggregati; ostacolo: coda di veicoli.....	94
Tabella 3.15. Intervalli percentili limite per la valutazione dello stile di guida.	96
Tabella 3.16. Stile di guida e percentuale di superamento dei limiti di velocità.....	98
Tabella 3.17. Numero di chiusure delle palpebre in rettilineo (il secondo del tratto 2, lunghezza 371 m, limite di velocità di 50 km/h). Nota: no = partecipante escluso / eye-tracking non calibrato correttamente; valore mancante = prova eseguita con occhiali da vista	107
Tabella 3.18. Numero di chiusure delle palpebre in curva (la prima del tratto 5, lunghezza 471 m, raggio 300 m, limite di velocità di 70 km/h). Nota: no = partecipante escluso / eye-tracking non calibrato correttamente; valore mancante: prova eseguita con occhiali da vista.....	110
Tabella 4.1. Analisi statistica dei test cognitivi pre-guida tra il gruppo B e il gruppo di controllo	114

Indice

Tabella 4.2. Analisi statistica dei test cognitivi pre-guida tra il gruppo A e il gruppo di controllo	115
---	-----

Abstract

Nell'ambito della sicurezza stradale e dello studio comportamentale del guidatore, sono sempre più attuali e rilevanti le problematiche associate all'assunzione di sostanze alcoliche. Numerosi studi hanno valutato gli effetti prodotti dall'assunzione di tali sostanze, sia nei riguardi della condotta di guida, sia in termini fisiologici e psichici sull'essere umano. Tuttavia, in letteratura non sono disponibili studi sugli effetti di una stessa sostanza alcolica (nella fattispecie il vino) che abbia subito processi di lavorazione differenti.

L'attività di ricerca di questa tesi si inquadra in una iniziativa sul bere **responsabile** e **consapevole** che ha visto coinvolti il Politecnico di Torino e Agri.bio, associazione di produttori agricoli biologici piemontesi. Nello specifico, lo studio ha previsto il coinvolgimento di giovani guidatori che hanno ingerito due diverse tipologie di vino, uno di tipo tradizionale e l'altro di tipo biodinamico. Lo studio è stato sviluppato attraverso l'uso del simulatore di guida ed ha visto la partecipazione di 44 studenti universitari, che sono stati suddivisi in quattro gruppi. Al primo e al secondo gruppo di guidatori sono stati fatti assumere le due differenti tipologie di vino, rispettivamente biodinamico e commerciale entrambi con la stessa gradazione alcolica (13.5%); a ogni guidatore è stato somministrato un quantitativo di vino tale da raggiungere un tasso di alcolemia pari a 0.05 g/dl. Al terzo gruppo è stato somministrato un vino dealcolato al fine di simulare l'effetto placebo. Al quarto gruppo non è stata somministrata alcuna bevanda (gruppo di controllo).

Durante la prova i guidatori sono stati equipaggiati con uno strumento per il tracciamento oculare (*eye-tracking*) e da sensori per la misura dei parametri biometrici. Attraverso il simulatore di guida è stato possibile estrapolare ed elaborare i dati di velocità, di posizione all'interno della corsia del veicolo e i tempi di percezione e reazione in corrispondenza di ostacoli puntuali. Lo strumento per il tracciamento oculare ha permesso di valutare e comparare il carico di lavoro mentale necessario a elaborare le informazioni provenienti dall'ambiente di guida simulato. I sensori biometrici hanno consentito il monitoraggio dei parametri fisiologici dei guidatori, quali la temperatura, la frequenza cardiaca, e la conduttanza cutanea (sudorazione).

I risultati hanno evidenziato uno stile di guida complessivamente più aggressivo per coloro che hanno assunto il vino commerciale rispetto a coloro che hanno assunto il vino

biodinamico, non soltanto dal punto di vista dei profili di velocità ma anche per numero di infrazioni commesse. La maggior parte partecipanti condizionati dal vino commerciale ha superato i limiti di velocità per oltre il 50% della lunghezza del tracciato, mentre i guidatori che hanno assunto vino biodinamico hanno adottato velocità più moderate.

Al contrario, non sembrano emergere differenze significative sulle capacità cognitive e di controllo del veicolo tra i due gruppi: l'analisi statistica ha infatti confermato l'appartenenza dei due gruppi alla medesima popolazione (livello di significatività del 95%). Per tale ragione è stato possibile aggregare i risultati prodotti dai gruppi condizionati dall'assunzione di vino e compararli con quelli di coloro che hanno effettuato la prova in condizioni sobrie. I tempi di percezione e reazione in corrispondenza di specifici eventi sono stati sensibilmente superiori per tutti coloro che hanno assunto una delle due qualità di vino. I risultati mostrano tempi di rilascio dell'acceleratore e conseguente pressione del freno in media superiori a 2.93 s per i partecipanti alterati dall'alcol (deviazione standard, DS = 1.20 s) contro i 2.65 s dei partecipanti in condizioni sobrie (DS = 0.71 s). I tempi di reazione sullo sterzo evidenziano un disagio ancora più grande, con una media di 1.29 s di differenza tra i partecipanti alterati dall'alcol e non. Le capacità di controllo del volante e della pedaliera in funzione della geometria stradale sono state superiori per tutti quei partecipanti che hanno effettuato la prova in condizioni sobrie, mantenendo una traiettoria del veicolo più uniforme e una pressione sul pedale dell'acceleratore costante.

Introduzione

“il vino si fa ANCHE con l'uva!”

(antico detto italiano)

L'intossicazione causata dall'assunzione di bevande alcoliche è ancora oggi un tema molto delicato. Per coloro che si mettono alla guida, l'assunzione di bevande alcoliche comporta un allungamento del tempo di percezione, di elaborazione delle informazioni e delle conseguenti azioni motorie. Tali abilità sono tuttavia anche influenzate dall'esperienza accumulata dal singolo alla guida di veicoli, dal carico di informazioni che deve elaborare nel corso della specifica guida, oltre ovviamente alla quantità, e secondo alcuni, alla qualità della bevanda ingerita.

L'obiettivo degli esperimenti eseguiti nell'ambito di questa tesi è stato di valutare il comportamento di guida di un campione eterogeneo di giovani di età compresa tra i 20 e i 28 anni. Questi ragazzi sono stati oggetto di una campagna di sensibilizzazione sul bere **consapevole** e **responsabile** che è stata promossa nel 2017 da Agri.bio. Piemonte, l'associazione ONLUS dei produttori e consumatori di vino biologico e biodinamico, insieme al Dipartimento di Ingegneria dell'ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture (DIATI) del Politecnico di Torino. L'obiettivo della campagna è stato quello di avvicinare i giovani a un'assunzione moderata e di qualità del vino, prodotto con metodi sostenibili e naturali.

Il vino biodinamico è realizzato attraverso i processi dell'agricoltura biodinamica, senza l'aggiunta di solfiti, con tempi di maturazione molto più lunghi della controparte commerciale. I processi di produzione attuali si evolvono nel tentativo di soddisfare una domanda sempre maggiore e, talvolta, comportano una diminuzione della qualità del prodotto finale. Un vino biodinamico, ottenuto con processi più lenti e sostenibili, può risultare meno dannoso della controparte commerciale?

L'esperimento ha visto il coinvolgimento di 44 ragazzi, studenti del Politecnico di Torino, di età compresa tra 20 e 28 anni. Questo campione è stato suddiviso in due gruppi di 22 unità ciascuno. Al primo campione sono state somministrate due differenti qualità di vino, uno biodinamico e l'altro di identiche caratteristiche alcoliche ma prodotto con

le tecniche classiche del vino commerciale. Il secondo campione è stato suddiviso in due gruppi: al primo è stato somministrato un vino dealcolato (gradazione alcolica pari a 0.0%), un secondo non ha assunto vino ed è quindi rimasto in condizioni sobrie. In questo modo è stato possibile condizionare parte dei partecipanti con l'idea di aver assunto un vino alcolico ma che in realtà non lo era.

Al primo gruppo di guidatori trattati con i vini biodinamico e commerciale è stata somministrata una quantità tale da indurre una concentrazione di alcol nel sangue, detta in linguaggio tecnico BAC (*blood alcohol concentration*), pari a 0.05 g/dl. Tale concentrazione è quella che la legge italiana indica come limite da non superare per mettersi alla guida di un veicolo, e che è quindi implicitamente è considerata come la soglia limite per un'assunzione alcolica responsabile.

La sperimentazione ha riguardato la guida in condizioni simulate lungo un percorso precostituito lungo il quale sono stati generati degli eventi che richiedevano azioni specifiche da parte dei test driver. Nel corso dell'esperimento, sono stati raccolti e successivamente elaborati alcuni dati sul comportamento alla guida ritenuti più significativi per il confronto tra i gruppi. Questi dati sono stati raccolti attraverso il simulatore di guida, da uno strumento per il tracciamento oculare, e da una serie di sensori in grado di misurare la risposta biometrica dei guidatori coinvolti. Questi ultimi, in particolare, hanno permesso il monitoraggio della temperatura, della conduttanza della pelle (misura indiretta del grado di sudorazione) e della frequenza cardiaca. Particolarmente importante è stata l'analisi della sudorazione, poiché rappresenta uno dei canali di smaltimento dell'alcol dall'organismo.

Il campo di utilizzo dei simulatori di guida copre applicazioni che vanno dagli studi comportamentali, alle verifiche nel progetto delle infrastrutture stradali, alle indagini sulla sicurezza. L'impiego di questa tecnologia costituisce la scelta più sicura ed economica per il raggiungimento degli obiettivi posti nella presente attività di ricerca.

I risultati relativi alle prestazioni al volante hanno evidenziato un generale allungamento dei tempi di percezione e reazione nei soggetti trattati con vino alcolico in corrispondenza di determinati ostacoli posizionati lungo il tracciato del test. La deviazione standard della posizione trasversale sulla corsia (SDLP, *Standard Deviation Lateral Position*), la media e la deviazione standard della velocità, l'attività oculare e il numero di infrazioni commesse su tutto il tracciato hanno permesso di differenziare

ulteriormente i due principali gruppi, ossia quelli trattati e quelli non. Nell'ambito delle variabili menzionate è stato riscontrato un aumento della SDLP e della deviazione standard della velocità, dovute ad una ridotta capacità di controllo dello sterzo e del pedale dell'acceleratore. I dati relativi al tracciamento oculare hanno evidenziato un decremento del numero di fissazioni al crescere dei valori di BAC e una generale disattenzione per gli elementi esterni alla carreggiata, inclusa la segnaletica verticale.

I sottogruppi che hanno assunto le due differenti qualità di vino hanno prodotto risultati comparabili tra loro, seppur con qualche eccezione. Lo stile di guida degli studenti condizionati dal vino commerciale è risultato più aggressivo sia in termini di velocità sia di rispetto dei limiti stradali imposti. Entrambi i vini hanno indotto lo stesso decremento di capacità cognitive e di controllo del veicolo, dimostrando che per i livelli di alterazione alcolica considerati in questo esperimento, la gradazione alcolica del vino anziché la sua qualità (e in particolare il contenuto di solfiti) è maggiormente condizionante. È da precisare che i dati ottenuti fanno riferimento all'alterazione causata dall'assunzione di un solo bicchiere di vino, con un quantitativo di alcol tale da non generare eccessivo malessere nei confronti dei partecipanti. Non si esclude pertanto che per altri livelli di BAC si possano rilevare differenze comportamentali statisticamente significative.

Il documento è suddiviso in quattro sezioni principali. Il Capitolo 1 tratta l'analisi della letteratura, ed è servito per raccogliere quelle informazioni utili ad impostare la fase di modellazione dell'esperimento, dalla modalità di esecuzione alla acquisizione ed elaborazione dei dati. Il Capitolo 2 introduce l'esperimento e descrive la strumentazione adoperata, le caratteristiche del campione, la struttura del protocollo sperimentale, la metodologia di acquisizione e il trattamento dei dati: in quali parti del tracciato sono state monitorate e perché. Il Capitolo 3 tratta i risultati e le relative analisi; in esso si analizzano i dati ottenuti, si confrontano i dati per la comparazione dei gruppi e si introducono alcune considerazioni sui risultati. Il Capitolo 4 contiene le conclusioni del lavoro; in esso sono riassunti i risultati e le differenze significative con altri dati tratti dalla letteratura.

1 Analisi della letteratura

1.1 Metabolizzazione dell'alcol

L'alcol interferisce con le vie di comunicazione cerebrali e può compromettere il funzionamento del cervello, rendendo più difficile ragionare lucidamente e coordinare i movimenti. La sostanza chimica responsabile delle suddette interferenze è l'etanolo, la cui metabolizzazione si concretizza in quell'insieme di processi biochimici che si svolgono nell'organismo atti a trasformarlo nei suoi metaboliti: in questo modo ne è permessa l'eliminazione. In Figura 1.1 si apprezza il meccanismo di metabolizzazione dell'alcol, dall'ingestione alla sua completa eliminazione. Il *first pass metabolism* è un meccanismo che si attiva a livello gastrointestinale grazie alla presenza di specifici enzimi. Soltanto nel genere maschile e fino al 20%, l'alcol ingerito può essere metabolizzato già a partire da questa fase. Per tale ragione il grado di sopportazione e di metabolizzazione dell'alcol è preponderante negli uomini rispetto alle donne. Da un punto di vista medico è considerato moderato il consumo di 2-3 unità alcoliche al giorno per l'uomo, contro le 1-2 unità alcoliche per le donne. Un'unità alcolica corrisponde a 12 grammi di etanolo, la stessa contenuta all'interno di un bicchiere di vino (125 ml, gradazione alcolica 12%) o di una lattina di birra (330 ml, gradazione alcolica 4.5%)

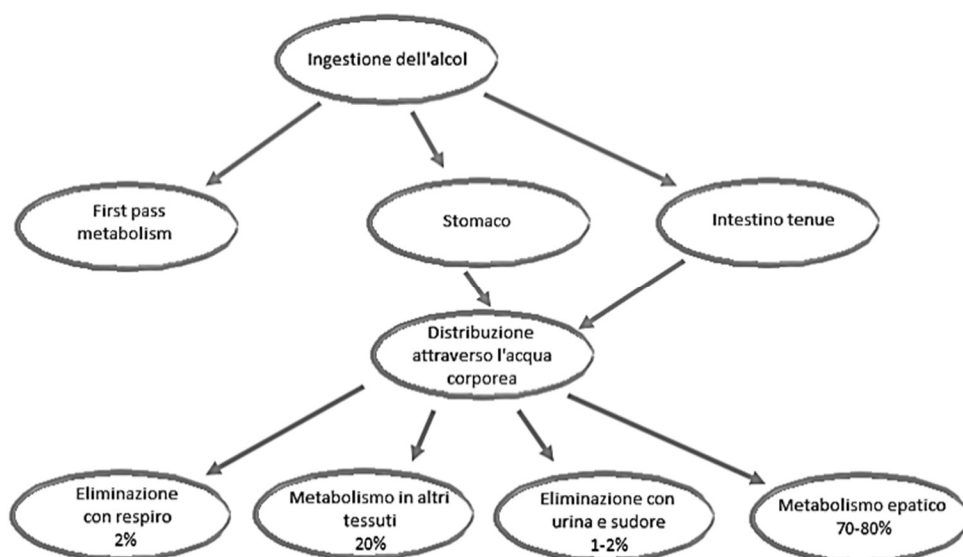


Figura 1.1. Schema semplificato della metabolizzazione dell'alcol

1.1.1 Sistema enzimatico alcol deidrogenasi / acetaldeide deidrogenasi

La metabolizzazione dell'alcol è regolata dall'azione di specifici enzimi e coenzimi presenti nell'organismo. L'etanolo interagisce con l'enzima *alcol deidrogenasi* (ADH) dando luogo alla produzione di *acetaldeide* (Figura 1.2), sostanza tossica che determina la degradazione delle membrane cellulari. L'acetaldeide è successivamente inattivata dall'enzima *acetaldeide deidrogenasi* (ALDH2), trasformandosi in *acido acetico* (Figura 1.3). In entrambi i processi avviene lo sbilanciamento del rapporto tra le concentrazioni di NAD (*Nicotinammide Adenina Dinucleotide*) ossidato su NAD ridotto, coenzima che permette le reazioni di ossido-riduzione.

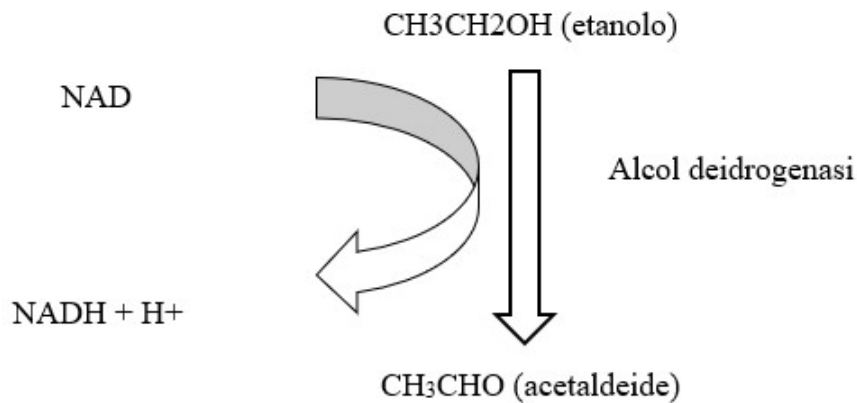


Figura 1.2. Trasformazione dell'etanolo in acetaldeide

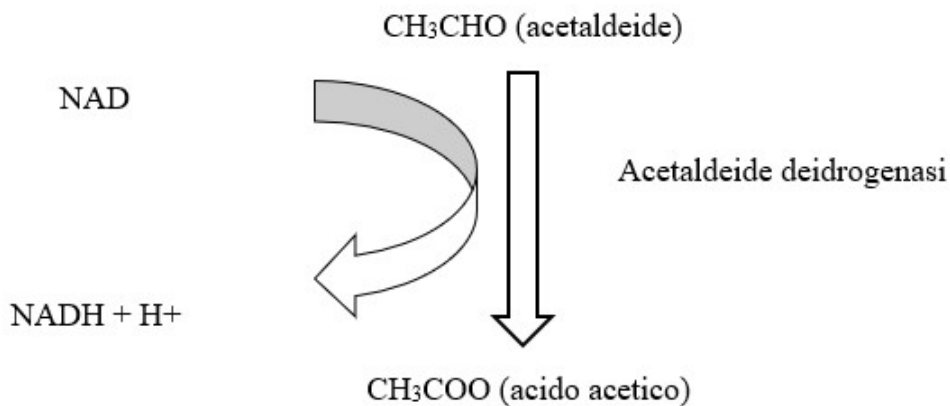


Figura 1.3 Trasformazione dell'acetaldeide in acido acetico

Se il consumo di alcol eccede la soglia di 40 g/giorno per gli uomini e 20 g/giorno per le donne entrano in funzione due ulteriori meccanismi di smaltimento dell'acetaldeide, il sistema microsomiale MEOS e il sistema delle catalasi. Tali sistemi sfruttano reazioni enzimatiche che smaltiscono l'acetaldeide producendo radicali liberi di vario tipo, ovvero sostanze che danneggiano irrimediabilmente le componenti cellulari di svariati tessuti. Questi ultimi non saranno oggetto di analisi per la presente attività di ricerca, essendo le quantità di alcol somministrate sempre inferiori alle quantità sopra indicate, al fine di garantire il benessere dei partecipanti.

1.1.2 Livelli di picco del BAC

Gli studi compiuti negli'ultimi 70 anni sui processi di metabolizzazione dell'alcol hanno portato alla progettazione di accurati modelli farmacocinetici in grado di stimare la concentrazione di etanolo nel sangue nel tempo. L'etanolo e l'acetaldeide sono piccole molecole a rapida diffusione, la loro distribuzione è limitata dalla velocità di trasporto nei tessuti e non dalla velocità con cui queste vengono assorbite. Tale velocità è comparabile a quella di diffusione dell'acqua nei tessuti, per questo motivo è possibile adottare specifici modelli fisiologici del corpo umano.

Il Dipartimento di Ingegneria Chimica dell'università del Michigan ha prodotto il modello farmacocinetico PBPK (*physiologically based pharmacokinetic model*), che integra nei suoi algoritmi la reversibilità dell'acetaldeide in etanolo, ottenendo un quadro d'insieme di ciò che succede a livello fisiologico (Figura 1.4). Tali risultati sono stati comparati con quelli ottenuti da altre prove sperimentali riportate nella letteratura scientifica. Il modello è risultato valido non soltanto per la previsione della concentrazione etanolo nel tempo, ma anche della concentrazione di acetaldeide, grazie alla sua capacità di elaborare il sistema enzimatico alcol deidrogenasi e tener conto della sua reversibilità.

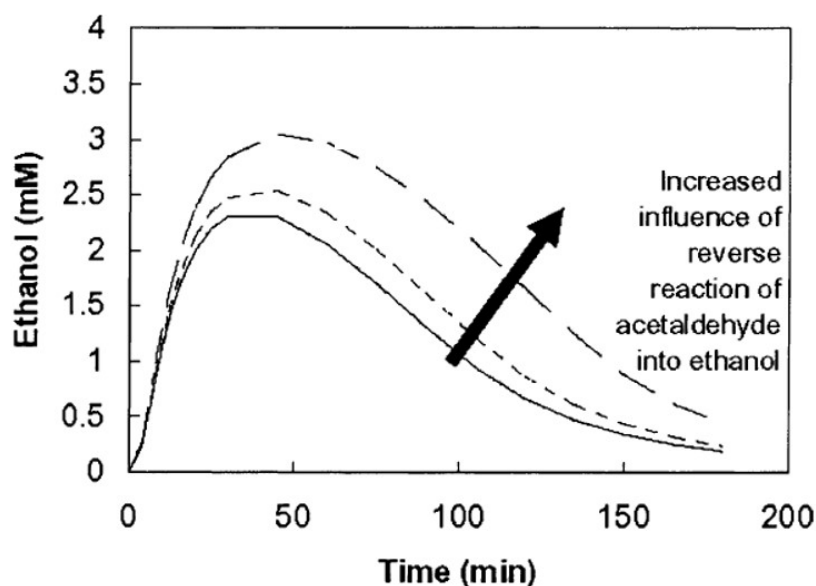


Figura 1.4. Influenza della reversibilità dell'acetaldeide in etanolo (Umulis et al., 2005)

La velocità di diffusione è definita come il flusso di molecole da/verso gli organi per unità di tessuto. La voce “residence time”, nella Tabella 1.1, è l'inverso della velocità di diffusione. Tra le osservazioni più rilevanti vi è che la dipendenza tra la velocità di assorbimento e la concentrazione di etanolo non è così forte come ci si aspetterebbe, infatti, si dimostra come per 0.6 g/kg di etanolo ingerito (che in BAC corrispondono a 0.088 g/dl nell'uomo) circa il 92% venga assorbito entro 100 minuti dall'assunzione (Figura 1.5). Quindi vi sono ottime probabilità che la massima concentrazione di etanolo nel sangue ricada all'interno di questo intervallo temporale.

Tabella 1.1 Volume d'acqua nei tessuti e velocità di diffusione standard per un uomo di 69,4 Kg (Umulis et al., 2005)

Compartment	Tissue	H ₂ O volume (l)	Blood flow (ml/min)	Perfusion rate (ml/min/ml H ₂ O)	Residence time (min)
Central $V_C = 11.56$ l	Lungs	0.37	5,000	13.33	0.07
	Kidneys	0.21	1,100	5.14	0.19
	Blood	2.84	5,000	1.76	0.57
	Brain	1.03	700	0.68	1.47
	Heart, spleen	1.18	350	0.29	3.37
	Bone	2.44	250	0.10	10.00
	Skin	3.49	300	0.085	11.63
Muscle $V_M = 25.76$ l	Fat	3.76	200	0.053	18.80
	Muscle	22.0	750	0.034	29.33
Gastrointestinal tract $V_G = 2.4$ l	Stomach/intestine	2.40	900	0.375	2.67
Liver $V_L = 1.08$ l	Liver	1.08	1,350	1.25	0.80

Total body water content is 40.8 l.

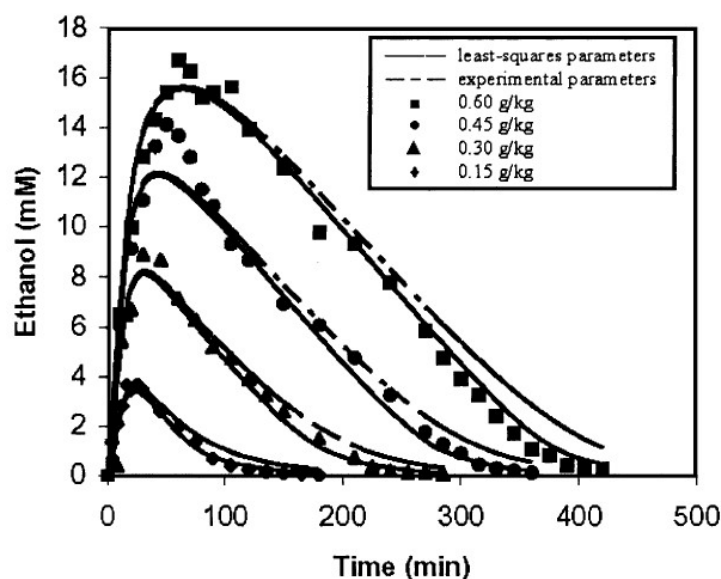


Figura 1.5. Concentrazione di etanolo nel sangue al variare della quantità d'alcol assunta (Umulis et al., 2005)

1.2 Modelli di determinazione del BAC

Il modello per la determinazione del BAC (e dell'acetaldeide) precedentemente osservato nel par.1.1.2 è preciso ed efficace, ma necessita di una approfondita conoscenza delle caratteristiche fisiologiche del soggetto. Quando ciò non è possibile, la letteratura suggerisce formulazioni più semplici ma allo stesso tempo meno efficaci. La formula di Widmark (1932), ampiamente impiegata in letteratura per gli studi sugli effetti prodotti dall'assunzione di alcol, è in grado stimare il livello di BAC in funzione di un ridotto numero di variabili.

$$BAC [g/dl] = \frac{\text{alcol consumato } [g]}{\text{peso corporeo del soggetto } [g] \times r} \times 100$$

in cui:

$$\text{alcol consumato } [g] = V \text{ vino } [ml] \times \text{gradazione alcolica} \times \rho$$

$$\rho (\text{peso specifico dell'alcol}) = 0.789 \text{ g/ml}$$

$$r (\text{parametro che dipende dal sesso del soggetto}) = 0.68 (\text{uomo}) / 0.55 (\text{donna})$$

Il BAC così stimato indica il valore raggiunto dopo 20-30 minuti dall'assunzione della bevanda alcolica. Nella determinazione del BAC entrano in gioco alcuni fattori soggettivi come la massa corporea e il sesso, che portano ad avere in due diversi soggetti

valori diversi di BAC per una stessa quantità di bevanda alcolica somministrata. Nonostante ciò, le misure di BAC eseguite su tutti i soggetti coinvolti dimostrano che il valore limite è raggiunto solo in alcuni casi, mentre in altri i soggetti i valori registrati possono essere anche significativamente inferiori e superiori a detto limite.

1.3 Effetti dell'alcol sulla guida

In letteratura alcune ricerche affrontano il tema degli effetti indotti dal consumo di sostanze alcoliche di coloro che si mettono alla guida. Seppur simili tra loro negli obiettivi, tali esperimenti differiscono nella strumentazione adottata e nella modalità di acquisizione dei dati.

1.3.1 Effetti sulla posizione nella corsia e sulla velocità

Helland et al. (2013) hanno verificato la possibilità di utilizzo del simulatore di guida come strumento di indagine nell'ambito degli effetti indotti dall'assunzione di sostanze alcoliche. Nello specifico è stata eseguita una comparazione dei risultati ottenuti da test di guida su strada e da test di guida simulata (Figura 1.6). I test di guida su strada si sono svolti dalle ore 20:00 alle ore 1:00 del mattino, quindi in condizioni di guida notturne, tale condizione è stata emulata anche nelle sessioni di guida con il simulatore di guida.

Anche in questo caso sono stati coinvolti 20 guidatori, ai quali è stato richiesto di eseguire sei test della durata complessiva di un'ora. Tre di questi si sono svolti su strada, in tracciati che ricordavano la campagna norvegese, le restanti tre prove si sono svolte su un simulatore di guida (Figura 1.7). I partecipanti al test hanno guidato in condizioni sobrie ($BAC = 0.0$ g/dl), con un livello di BAC pari a 0.05 g/dl e con un BAC pari a 0.09 g/dl. Per ottenere questi valori di concentrazione di alcol nel sangue è stato somministrato un drink ottenuto dalla miscelazione di vodka ed estratti di frutta.



Figura 1.6. Immagine catturata dall'abitacolo del veicolo durante il test di guida su strada e scenario replicato al simulatore. (Helland et al., 2013)



Figura 1.7. Simulatore di guida adottato per l'esperimento "Comparison of driving simulator performance with real driving after alcohol intake A randomised, single blind, placebo-controlled, cross-over trial" (Helland et al., 2013)

I soggetti del test hanno bevuto un quantitativo di alcol direttamente proporzionale al proprio peso, tale quantità è stata calcolata dall'utilizzo della formula di Widmark (1932). Tutti i partecipanti hanno dovuto attendere 30 minuti prima di iniziare la prova per consentire la corretta metabolizzazione della bevanda. Per le prove eseguite in condizioni sobrie, è stata servita vodka analcolica introducendo così nello studio l'effetto placebo e definendo le condizioni di controllo dell'esperimento.

"Before testing commenced, the study subjects undertook a training session, both on the test track and in the simulator, in order to familiarize themselves with the testing scenario and minimize the impact of possible learning effects."

(Helland et al., 2013)

Helland et al. (2013) hanno sottolineato l'importanza di far provare il simulatore prima ancora del test di guida, per far familiarizzare i guidatori con la strumentazione. In questo modo i risultati prodotti non sono stati influenzati dall'apprendimento delle meccaniche del simulatore.

L'esperimento si è focalizzato nell'analisi della *SDLP* (*Standard Deviation of Lateral Position*). La Figura 1.8 illustra come non siano mai stati registrati esattamente i valori di BAC ipotizzati a monte dell'esperimento per le differenti modalità della prova: si apprezza invece una dispersione dei valori di BAC dovuta alla eterogeneità fisiologica, e quindi alle differenti capacità di metabolizzazione, dei soggetti del test. I risultati evidenziano un netto aumento della deviazione standard della *lateral position* all'aumentare del BAC, sia nella guida simulata che nella guida reale.

La discrepanza dei risultati ottenuti potrebbe ricondursi alla *simulation sickness*. Precedenti esperienze confermano che essa è in parte contrastata dall'alcol: questo vuol dire che per alti valori di BAC aumenta anche il grado di sopportazione. È estremamente importante prestare attenzione agli effetti indotti dalla *simulation sickness*. Quando si manifesta il guidatore non è più fisicamente in grado di proseguire il test. Per contrastarla è necessario lavorare molto sullo scenario, semplificandolo laddove possibile.

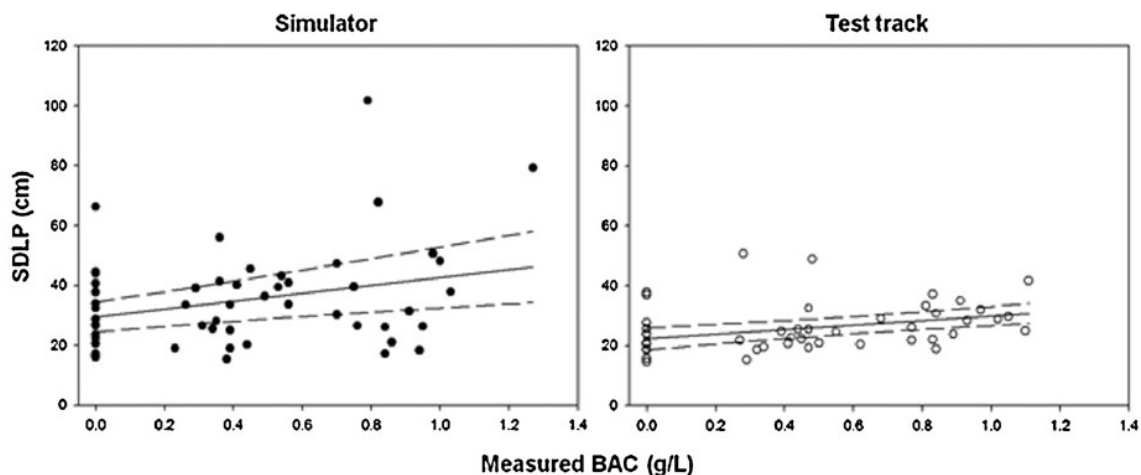


Figura 1.8. Variabilità del SDLP in funzione del BAC, confronto tra guida reale e guida simulata.

Nota: $BAC = X \text{ g/l} = X \cdot 0.1 \text{ g/dl}$. (Helland et al., 2013)

Tra gli articoli trovati in letteratura, ha destato particolare interesse “*Effects of Alcohol and Fatigue on Driving Performance in Different Roadway Geometries*” (Hongji Du et al., 2016). L’obiettivo dell’esperimento è stato quello di valutare le abilità di guida e di controllo del veicolo, in soggetti affetti da stati di intossicazione alcolica o di affaticamento (causato dalla carenza di sonno, rimanendo svegli nelle 28 ore antecedenti il test), in funzione delle caratteristiche geometriche del tracciato. Sono stati coinvolti 22 guidatori, ai quali è stato richiesto di completare cinque prove al simulatore di guida in cinque stati fisiologici differenti. In tre delle cinque prove, i guidatori sono stati condizionati da tre differenti livelli di BAC: 0.02 g/dl, 0.05 g/dl e 0.08 g/dl. Per ottenere questi valori di BAC è stato somministrato un liquore con una gradazione alcolica del 46%. Dopo 15 minuti, si è proceduto al monitoraggio del BAC con una serie di misurazioni eseguite ad intervalli di 5 minuti l’una dall’altra. In una delle prove i partecipanti hanno effettuato i test condizionati dall’affaticamento. L’ultima prova era rappresentativa della condizione di controllo, nella quale i partecipanti erano in condizioni sobrie (BAC = 0.0 g/dl, ben riposati). Il consumo di caffeina e alcol era proibito nelle 12 ore antecedenti al test. I test si sono svolti in date separate, con un intervallo di 3, 5 e 7 giorni l’uno dall’altro.

Le variabili analizzate nel test furono:

- LP_AVG: posizione media del veicolo all’interno della corsia rispetto al centro della carreggiata;
- LP_SD: deviazione standard della posizione del veicolo all’interno della corsia rispetto al centro della carreggiata;
- SP_AVG: velocità media di percorrenza;
- SP_SD: deviazione standard della velocità.

L’analisi evidenziò come la geometria stradale, in particolare i tratti in curva (raggi di 200, 500 o 800 m), influenzino fortemente le capacità di controllo del veicolo in soggetti alterati dall’abuso di alcol. I risultati evidenziarono inoltre come in rettilineo ad elevati valori di BAC corrispondano elevate velocità, situazione ben diversa dal comportamento in curva, dove i guidatori hanno limitato la propria velocità proporzionalmente al loro livello di BAC. Complessivamente, a valori di BAC più elevati corrispondono valori di deviazione standard di LP e velocità anch’essi più elevati (Figura 1.9). Per quanto riguarda la posizione nella corsia, venne dedotto che essa dipende molto

dall'esperienza di guida, in ogni caso si osserva una posizione preferenziale differente rispetto alle condizioni sobrie. Per quanto riguarda il comportamento in curva, l'analisi evidenziò un maggiore grado di attenzione richiesto al diminuire del raggio della curva stessa, probabilmente dovuto al carico di informazioni visive ed alla maggiore difficoltà di ingaggio dell'elemento stradale (Figura 1.10).

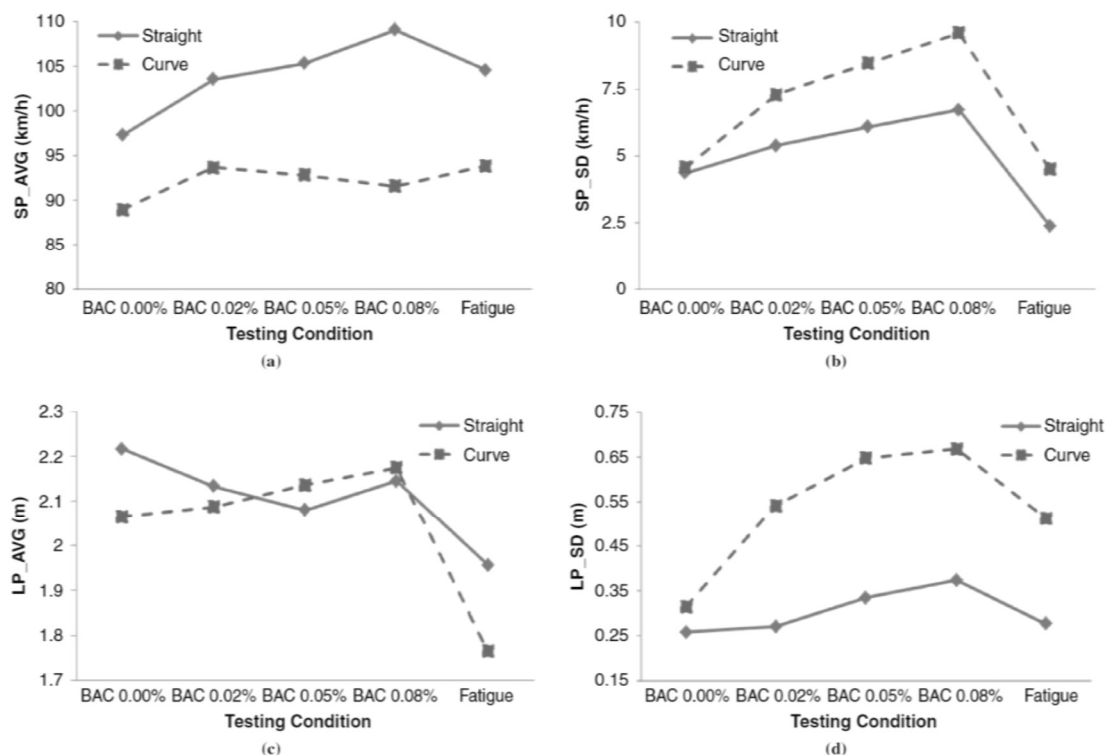


Figura 1.9. Variazione delle prestazioni di guida in funzione della geometria stradale, la posizione all'interno della corsia è definita dalla distanza tra il baricentro geometrico del veicolo e il centro della carreggiata. Nota: $BAC = X \% = X \text{ g/dl}$. (Hongji Du et al., 2016)

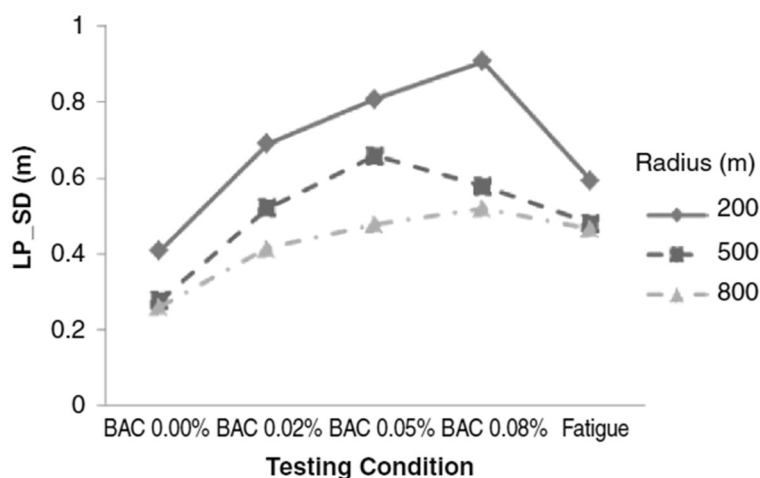


Figura 1.10. Deviazione standard della lateral position al variare del raggio della curva. Nota: $BAC = X \% = X \text{ g/dl}$. (Hongji Du et al., 2016)

1.3.2 Analisi dei punti di fissazione

Tutte le azioni volontarie e involontarie del nostro corpo scaturiscono da una serie di input esterni percepiti dagli organi sensoriali, tra questi i più importanti sono certamente l'apparato visivo e uditivo. Nei primi approcci al volante il carico di informazioni e lo stress che deriva dalla circolazione su strada sono molto elevati. Sono necessari anni di esperienza per maturare un comportamento di guida appropriato. L'intossicazione da alcol altera temporaneamente la percezione del rischio e le capacità di controllo del veicolo, rendendo complessa la gestione delle le informazioni visive disponibili.

Marple Horvat et al. (2008) analizzarono il comportamento di guida di soggetti condizionati dall'alcol, con specifico riferimento alla coordinazione tra la posizione dello sguardo e i movimenti del volante (Figura 1.11). Furono coinvolti dieci guidatori, cinque uomini e cinque donne di età compresa tra i 20 e i 36 anni, tutti con un'esperienza di guida di almeno due anni. Fu richiesto loro di astenersi dal consumo di cibo e alcol nelle dodici ore antecedenti al test che fu svolto con l'utilizzo di un simulatore di guida su un tracciato sterrato. Tale scelta fu giustificata dalla assenza di pedoni e di altri veicoli nel tracciato. Lo scenario di guida era rappresentato su uno schermo da 42 pollici; il volante era in grado di opporre resistenza alla forza impressa dal guidatore per il controllo del veicolo (*force feedback*), e un *eye-tracker* fu impiegato per il monitoraggio dell'attività oculare.

Ai guidatori venne servita una bevanda ottenuta dalla miscelazione di 40 ml di vodka (gradazione alcolica 45%) con 40 ml di succo d'arancia. Il test iniziò 10 minuti dall'assunzione della bevanda, tempo necessario alla metabolizzazione dell'alcol. Al termine del primo test (dopo circa 16 minuti dalla somministrazione della prima bevanda) furono serviti altri 30 ml di vodka miscelati con altrettanti ml di succo d'arancia, quindi dopo altri 6 minuti per la metabolizzazione di quest'ultima bevanda si è proceduto al secondo test. A 28 minuti dalla somministrazione della prima bevanda venne servito un ultimo drink ottenuto dalla miscelazione di 30 ml di vodka e 30 di succo d'arancia. Attesi altri 6 minuti per la metabolizzazione e per l'esecuzione del terzo ed ultimo test.

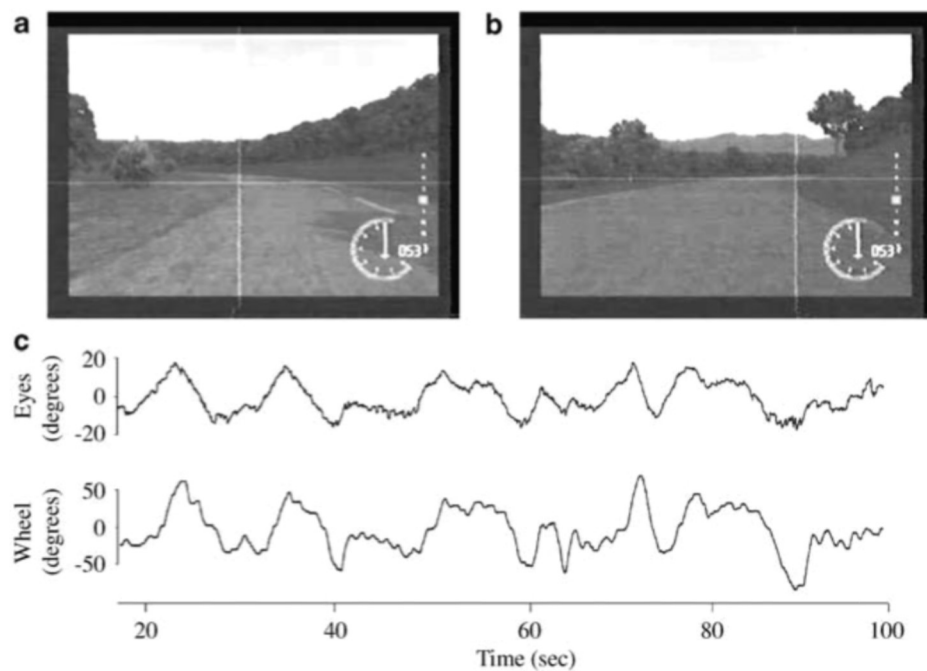


Figura 1.11. a) e b) posizione dello sguardo in curva; c) coordinazione tra il movimento orizzontale delle pupille e l'angolo di sterzo delle ruote nel tempo (Marple Horvat et al., 2008)

I risultati evidenziarono un decremento della coordinazione tra il movimento dello sterzo e la posizione dello sguardo direttamente proporzionale al quantitativo di alcol ingerito, confermando l'ipotesi originale. Le capacità di controllo e di discriminazione delle informazioni visive diminuirono al punto da causare ben 19 incidenti, più o meno gravi.

Finley et al. (2017) hanno investigato gli effetti della posizione dello sguardo indotti dall'alcol. I test di guida si svolsero su strada in ore notturne, con l'obiettivo di replicare il contesto in cui avvengono la maggior parte degli incidenti dovuti all'abuso di sostanze alcoliche, dalle ore 00:00 alle ore 06:00 del mattino. Tutti i soggetti del test effettuarono una sola guida e con diversi gradi di intossicazione alcolica: il 90% dei guidatori aveva un BAC superiore ai 0.08 g/dl; il 50% ha evidenziato un BAC maggiore e uguale ai 0.16 g/dl; il 10% pari o superiore ai 0.24 g/dl. In questo esperimento si constatò come i guidatori con elevati valori di BAC tendano a guardare molto di più in avanti: in particolare si osservò un decremento dell'attenzione nei confronti dei segnali stradali e un ritardo nel loro riconoscimento. Ciò spiega come la riduzione delle capacità cognitive porti alla discriminazione delle informazioni visive dando priorità a quelle più importanti, quali l'andamento del tracciato e la segnaletica orizzontale (Figura 1.12). L'evidenza

sperimentale ha dimostrato che durante la guida lo sguardo si focalizza nel punto del tracciato con la maggiore distanza di visibilità disponibile, con una dispersione dei punti di osservazione che diminuisce al crescere degli oggetti che compaiono nella visione periferica del guidatore o del grado di attenzione richiesto (curva, intersezioni, svolte, etc.).

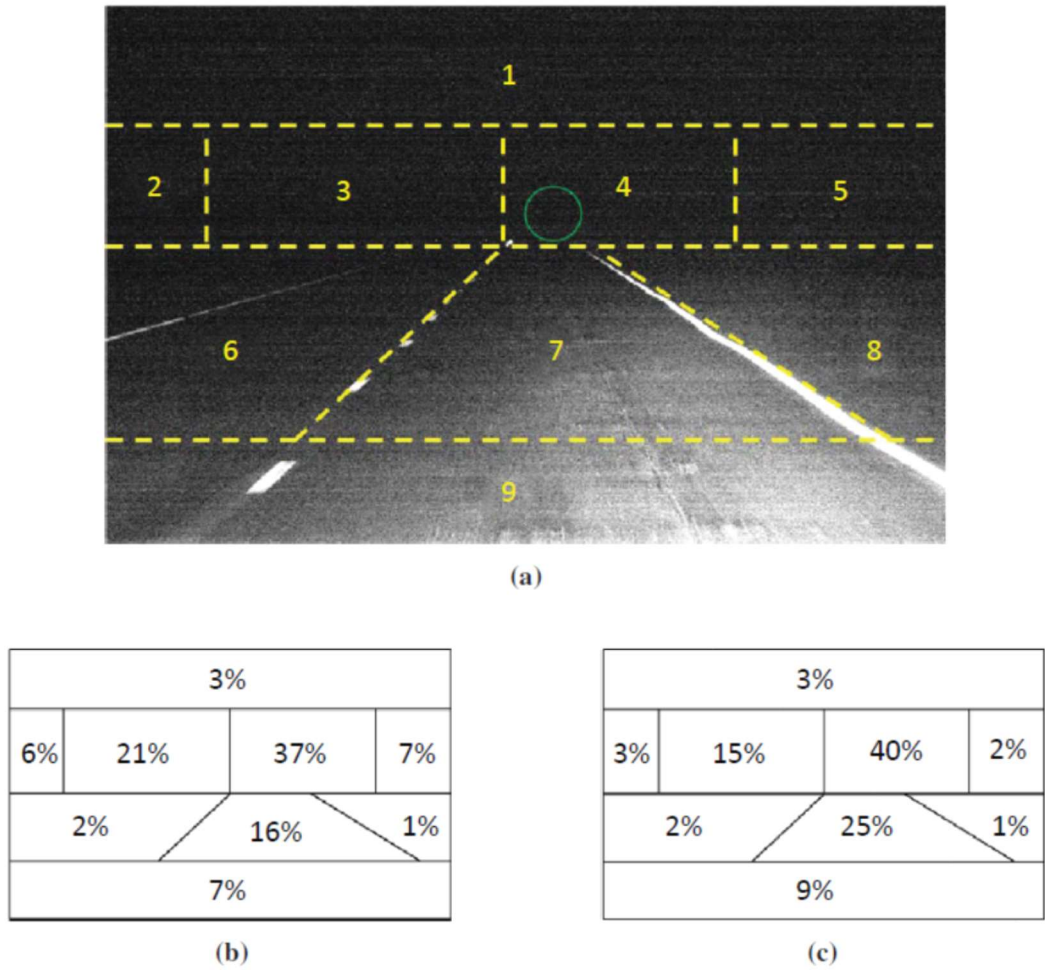


Figura 1.12. a) cattura dell'immagine ripresa dall'eye-tracking e punto di osservazione; b) regioni maggiormente osservate BAC=0%; c) regioni maggiormente osservate BAC=1.2% (Finley et al., 2017)

1.4 Problemi correlati alla simulation sickness (cinetosi)

I simulatori di guida sono strumenti di ricerca volti all'emulazione di scenari reali, che eliminano tutte le fonti di rischio che deriverebbero da test di guida su strada. Ciononostante, vi sono alcune problematiche da fronteggiare, la più importante è sicuramente dovuta alla cosiddetta *simulation sickness*, che in ambito medico prende il nome di cinetosi. La cinetosi si scatena dalla contrapposizione degli stimoli percepiti dagli occhi e dall'orecchio interno: l'occhio vede un movimento che l'orecchio non percepisce, o viceversa.

Tale patologia è di carattere fisiologico: gli individui che ne soffrono manifestano un diverso grado di sopportazione alla simulazione di guida. Esistono individui in grado affrontare sessioni prolungate senza risentirne, altri invece dopo una manciata di minuti accusano sintomi come mal di testa, nausea, ed altri ancora. Questa si manifesta più frequente nei simulatori a base fissa, che non sono in grado di emulare la percezione delle accelerazioni e decelerazioni tipiche di un contesto di guida reale su strada.

Ulteriore preoccupazione nasce dalla potenziale combinazione degli effetti indotti dalla cinetosi e dall'intossicazione alcolica. Talvolta l'intossicazione alcolica può alleviare gli effetti causati dalla cinetosi, talvolta può aggravarli. Proprio per questa ragione, è necessario realizzare uno scenario povero di elementi visivi, così da ridurre la probabilità di comparsa di malessere, senza venir meno all'obiettivo di emulare un contesto di guida riconoscibile e realistico.

1.5 Effetto placebo

Si definisce *placebo* una sostanza inerte o un trattamento senza alcuna proprietà. L'*effetto placebo* è la conseguenza alla somministrazione del placebo, è legato alla forma di somministrazione ed al contesto del trattamento. Maggiore è il coinvolgimento emotivo più forte è l'effetto placebo. È dimostrato che l'effetto placebo si manifesta per qualsiasi somministrazione farmacologica: da un lato c'è l'azione vera del farmaco legata al suo principio attivo, dall'altro vi è il rilascio di endorfine o di adrenalina dovute all'effetto placebo, cioè all'idea di assumere una sostanza con potere curativo.

Il placebo è utilizzato nei cosiddetti *trials* clinici, per valutare l'efficacia di un trattamento tra un gruppo di pazienti che riceve una terapia vera e un altro che ne riceve

una finta, senza studiarne i meccanismi psicologici alla base. È necessario che la procedura sperimentale sia di tipo *cieco semplice* (*single-blind control procedure*), cioè deve essere eliminata ogni possibile fonte di suggestione sul partecipante. La procedura cieco semplice implica che nessuno dei soggetti conosca le caratteristiche della sostanza che sta assumendo, così da non essere in alcun modo condizionato dall'assunzione di un placebo.

Per lo studio degli effetti prodotti dall'assunzione di alcol il meccanismo non è diverso. Il gruppo placebo è composto da partecipanti attivamente coinvolti nell'esperimento, cioè condizionati dall'idea di aver assunto alcol anche se in realtà non è così. Per ottenere un placebo ci sono diversi modi, l'importante è che sia totalmente assente qualsiasi traccia di alcol, il placebo deve essere inerte. La procedura sperimentale cieco singolo deve essere comunque accompagnata da un'indagine statistica, indipendentemente dalla tipologia di esperimento eseguita.

1.6 Vini biologici / biodinamici

Regolamento Europeo 203/2012 definisce vino *biologico* quel prodotto di qualità ottenuto da uve coltivate con metodi di agricoltura biologici, senza sostanze chimiche di sintesi e senza Ogm. La vinificazione avviene utilizzando esclusivamente i prodotti enologici e i processi autorizzati dal regolamento 203/2012, senza l'aggiunta di sostanze chimiche usate abitualmente per correggere il vino. La quantità massima di solfiti naturali è di 100 mg/l per i vini rossi e 150 mg/l per i bianchi e rosati.

Il vino *biodinamico* è ottenuto dall'agricoltura biodinamica, regolamentata dall'associazione Demeter (Associazione Italiana di produttori, trasformatori e distributori di prodotti agricoli e alimentari biodinamici). La quantità massima di solfiti naturali che possono essere presenti è di 70 mg/l nei vini rossi, 90 mg/l nei vini bianchi e 60 mg/l in quelli frizzanti.

“Se il vino biologico segue le norme dell'agricoltura biologica, il vino biodinamico è ottenuto da agricoltura biodinamica. Pur non essendo ancora riconosciuta a livello legislativo, questa nicchia dell'agricoltura è regolamentata dall'associazione Demeter: oltre ad allontanare completamente la chimica e a ridurre al minimo l'uso di macchinari, l'agricoltura biodinamica si basa sul rispetto del corso naturale della natura - in particolare delle fasi lunari - e delle sue risorse, oltre che sull'utilizzo di preparati

biodinamici (compost naturali) in determinate fasi dell'anno. Il risultato saranno piante naturalmente sane, di alta qualità e in grado di difendersi autonomamente dai parassiti. Così come il vino biologico, anche il vino biodinamico non azzeri i solfiti ma li limita ulteriormente”

(https://www.eataly.net/it_it/magazine/eataly-racconta/differenze-vino-biologico-biodinamico-naturale/)

2 Esperimento

2.1 Obiettivi

La letteratura ha proposto diversi metodi di analisi sulla condotta di guida di soggetti alterati dall'alcol. Il *gap in knowledge* che questa sperimentazione ha voluto colmare si focalizza sull'analisi degli effetti prodotti dall'assunzione di due differenti qualità di vino, con la medesima gradazione alcolica ma con proprietà organolettiche molto diverse.

L'esperimento è stato progettato tenendo conto delle esperienze pregresse. L'obiettivo degli esperimenti eseguiti è stato di valutare il comportamento di guida di un campione eterogeneo di 44 studenti universitari, di età compresa tra i 20 e i 28 anni. Tale attività di ricerca si inquadra in una iniziativa sul bere **responsabile** (con moderazione) e **consapevole** (di qualità) che ha visto coinvolti il Dipartimento di Ingegneria dell'ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture (DIATI) del Politecnico di Torino e Agri.bio, associazione di produttori agricoli biologici piemontesi. L'ipotesi dell'esperimento è stata quella di avvalorare l'idea che l'assunzione di un vino biodinamico sia più salutare dell'assunzione di un vino commerciale.

Il campione è stato suddiviso e stratificato in 4 gruppi, definiti A, B, C e gruppo di controllo. Ai partecipanti gruppo A è stato somministrato un vino biodinamico con gradazione alcolica di 13.5%, a quelli del gruppo B un vino commerciale con stessa gradazione alcolica (13.5%), ai partecipanti del gruppo C è stato servito un vino dealcolato, infine, ai partecipanti del gruppo di controllo non è stata somministrata alcuna bevanda. I partecipanti dei gruppi A, B e C hanno seguito un **protocollo sperimentale cieco semplice**, pertanto non consapevoli della qualità di vino che sarebbe stata loro somministrata (biodinamico/commerciale) e della presenza di un'ulteriore qualità di vino (dealcolato). In questo esperimento, è stata selezionata una quantità di alcol per ogni partecipante determinata con la formula di Widmark (1932) tale da indurre un BAC pari a 0.05 g/dl, valore superato il quale in Italia subentrano provvedimenti sanzionatori per chi si mete alla guida. Tale limite è anche quello suggerito dagli organismi sanitari come quello corrispondente all'unità alcolica giornaliera consigliata. La scelta del valore di progetto di BAC è dipesa anche dal grado di alterazione cognitiva che si è voluto indurre (Tabella 2.1).

Esperimento

Tabella 2.1. BAC ed effetti correlati alla guida (Moskowitz et al., 2000)

BAC (g/dl)	TEST DAI QUALI È SCATURITO UN DISAGIO SIGNIFICATIVO PER IL VALORE DI BAC PIÙ BASSO DELL'INTERVALLO	TEST CHE NEL 50% DEGLI STUDI AFFRONTATI HANNO PROVOCATO DISAGIO PER I LIVELLI DI BAC ALL'INTERNO DELL'INTERVALLO
>0.1	velocità di elaborazione visiva	tempo di reazione semplice, velocità di elaborazione visiva
0.09 - 0.079		
0.06 - 0.069		abilità cognitive, abilità psicomotorie, tempo di reazione di scelta
0.05 - 0.059		capacità di controllo del veicolo
0.04 - 0.049	tempo di reazione semplice	Percezione (ricerca visiva), funzioni visive (acuità visiva), vigilanza
0.03 - 0.039	vigilanza, percezione	vigilanza
0.02 - 0.029	tempo di reazione di scelta, funzioni visive	
0.01 - 0.019	Sonnolenza, abilità psicomotorie, abilità cognitive, abilità motorie	Sonnolenza
0.001 - 0.009	Attenzione a più stimoli contemporaneamente	Attenzione a più stimoli contemporaneamente

Prendendo spunto dalla letteratura, si è stabilito un intervallo di tempo pari a 20 minuti dall'assunzione della bevanda alcolica fino al test di guida sul simulatore, necessario al raggiungimento del picco del BAC. Ogni partecipante è stato coinvolto in un unico test della durata complessiva di un'ora, durante il quale sono stati acquisiti tutti i dati necessari per lo scopo della ricerca.

Per la buona riuscita dell'esperimento è stato necessario convocare i partecipanti la mattina dalle ore 08:00 alle ore 11:00, ed è stato chiesto loro di saltare la colazione. Non è stato possibile sovrapporre le singole prove, poiché tutte le fasi del protocollo sono estremamente delicate ed hanno richiesto la massima attenzione nei riguardi della salute dei partecipanti.

Nel venire incontro agli impegni dei partecipanti, si è resa necessaria la pianificazione di un calendario di incontri. Questa fase ha richiesto più tempo e perizia del previsto. Ogni partecipante era già stato assegnato ad un gruppo specifico in funzione della stratificazione eseguita; inoltre, non era possibile aprire una bottiglia di vino per un solo partecipante e conservarla per più di 4-5 giorni, soprattutto nel caso del vino biodinamico. Quindi è stato necessario non soltanto organizzare il calendario in funzione degli impegni degli studenti ma anche del vino da utilizzare.

Le variabili raccolte nel corso degli esperimenti sono le seguenti:

- livello di concentrazione di alcol nel sangue (BAC), espresso in g/dl;
- parametri biometrici quali la conduttanza cutanea (sudorazione), la temperatura, la frequenza cardiaca e la percentuale di ossigeno nel sangue;
- velocità del veicolo;
- distanze trasversali tra il baricentro geometrico del veicolo e il centro della carreggiata;
- Tempi di percezione e reazione in corrispondenza di specifici ostacoli posizionati sul tracciato;
- Dispersione dei punti di fissazione in funzione della geometria stradale e degli elementi che compongono lo scenario, utilizzando la tecnologia *eye-tracking*.

2.2 Strumenti

2.2.1 Simulatore di guida

Il simulatore del Dipartimento per l'Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture (DIATI) del Politecnico di Torino (Figura 2.1) è prodotto dall'azienda francese Oktal. Questa si occupa della progettazione e realizzazione di simulatori per il campo stradale, ferroviario, e aeronautico, ed è anche responsabile della programmazione e distribuzione del software dedicato. Il simulatore utilizza due computer, entrambi dotati di un processore basato su tecnologia Intel Xeon:

- il primo: E5-1620 v2 da 3,70 GHz, scheda grafica NVIDIA GTX 780 Ti, RAM da 8 GB e un Hard Disk da 512 GB, posto sotto la postazione di guida, utilizzato principalmente per la gestione del sistema operativo e del software per la simulazione;
- il secondo: E5-1620 v3 da 3,50 GHz, scheda grafica NVIDIA GTX 780 Ti, RAM da 8 GB e un Hard Disk da 512 GB, posizionato nella parte posteriore del simulatore, ha il compito di riprodurre lo scenario nei tre schermi da 32 pollici.



Figura 2.1. Il simulatore di guida del DIATI

Attraverso il software SCANeR studio, sviluppato dalla stessa Oktal, è possibile progettare il tracciato, allestire lo scenario con tutti i suoi elementi ed estrapolare i dati raccolti dalle guide effettuate. L'immagine video è riprodotta con una risoluzione di 1920×1080 pixel. Nei tre schermi Samsung da 32" Full HD sono riprodotti lo specchietto retrovisore centrale (schermo centrale), due specchietti retrovisori laterali (schermi di destra e sinistra) e i tergicristalli (Figura 2.2). L'operatore può comodamente gestire la simulazione dalla postazione dietro il simulatore (Figura 2.3). Per rendere la guida simulata più immersiva, la parete dietro ai tre schermi è interamente nera e la stanza è completamente oscurabile grazie a una tenda a scorrimento verticale.



Figura 2.2. Posizione degli specchietti retrovisori (sinistro e centrale)

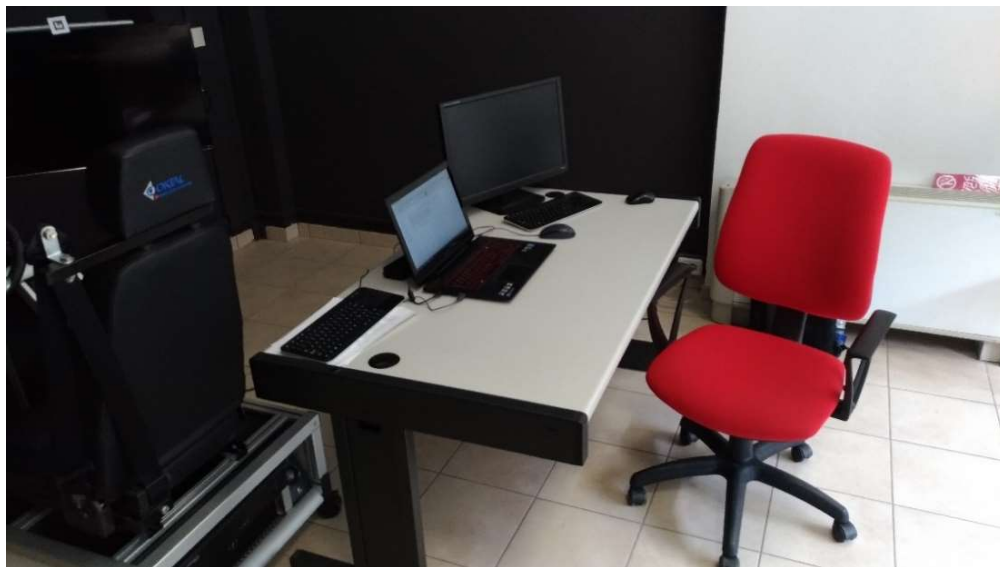


Figura 2.3. Postazione dell'operatore

2.2.2 Tecnologia *eye-tracking*

Il monitoraggio dell'attività oculare permette un'approfondita valutazione del comportamento di guida in determinate parti del tracciato. Dall'analisi delle fissazioni, punti in cui si concentra lo sguardo del guidatore (per una durata di tempo non inferiore a 0.2 s e non superiore a 2 s), e delle saccadi, rapidi movimenti dell'occhio tra una fissazione e la successiva, è possibile comprendere come varia il carico di lavoro mentale (*mental workload*) in funzione delle informazioni provenienti dall'ambiente di guida simulato. Tale monitoraggio può essere effettuato nei confronti di quei partecipanti che non usano occhiali da vista. Per questo motivo si è deciso di stratificare il campione in funzione di questa ulteriore variabile. Lo strumento utilizzato per il monitoraggio

dell'attività oculare è stato prodotto dall'azienda tedesca PupilLabs, che progetta e realizza strumenti di tracciamento oculare in diverse configurazioni (monoculare, binoculare).

In dettaglio, le caratteristiche dell'*eye-tracker* indossabile utilizzato (Figura 2.4):

- una montatura, simile a quella di un normale paio di occhiali da vista, realizzata con stampante 3D;
- una telecamera posta frontalmente che cattura il campo visivo del soggetto (world camera), risoluzione 1920×1080 pixel 30 fps (oppure 1280×720 pixel e 60 fps, 640×480 pixel e 120 fps) con un angolo di visione pari a 100 gradi e una latenza di 5.7 ms;
- due camere monoculari in grado di rilevare i movimenti della pupilla attraverso raggi infrarossi (*eye-camera*), risoluzione 640×480, 120 Hz e una latenza di 5.7 ms.

PupilLabs fornisce gratuitamente due software: Pupil Capture, dedicato alla calibrazione dello strumento e alla registrazione; e Pupil Player, attraverso il quale è possibile gestire i dati raccolti, effettuare delle correzioni post-registrazione e scaricare dati dei movimenti oculari.



Figura 2.4. *Eye-tracking di tipo Head-Mounted nella configurazione binocular*
(<https://docs.pupil-labs.com/#pupil-hardware>)

L'interfaccia grafica di Pupil Capture è strutturata da due ambienti di lavoro:

- *world*: viene visualizzata l'immagine catturata dalla telecamera frontale, quindi riproduce in tempo reale il campo visivo del soggetto; mediante, un pannello di controllo posto a destra della schermata, si gestiscono le caratteristiche della fotocamera, la registrazione, i metodi di calibrazione dello strumento, etc.
- *eye*: le immagini mostrate a video sono quelle degli occhi del soggetto; attraverso il pannello di controllo si possono modificare alcune impostazioni come il tipo di visualizzazione, la risoluzione, la selezione della regione di interesse, l'algoritmo per il riconoscimento della pupilla; tale visualizzazione è fondamentale anche per il corretto posizionamento delle camere, operazione che è stata effettuata per ogni partecipante.

In Pupil Player l'interfaccia si presenta come un unico ambiente dove viene caricata la registrazione effettuata dall'applicativo Pupil Capture. Tale applicativo è utilizzato per le fasi di visualizzazione, correzione ed estrazione dei dati.

La calibrazione è molto semplice: il partecipante focalizza lo sguardo su una serie di marker che appaiono in successione sullo schermo centrale del simulatore (Figura 2.5), mantenendo la testa ferma e rivolta verso il centro dello schermo. Inoltre, dei *marker* posti esternamente ai monitor definiscono le superfici di interesse, utili in fase di elaborazione dei dati visivi utilizzando i (Figura 2.6).

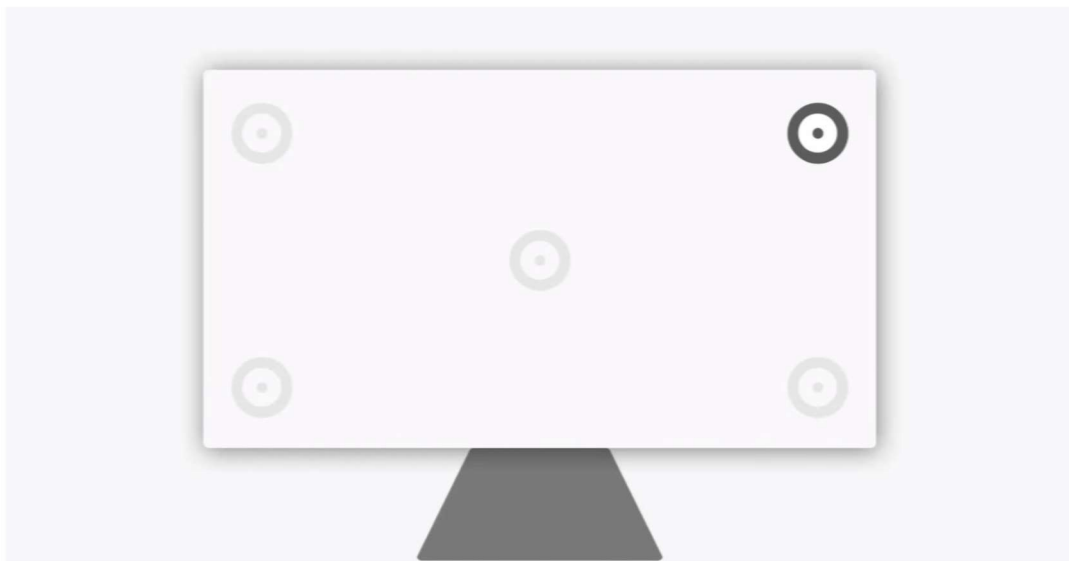


Figura 2.5. Calibrazione attraverso l'utilizzo di marker che appaiono in successione sullo schermo centrale del simulatore (<https://docs.pupil-labs.com/#user-docs>)

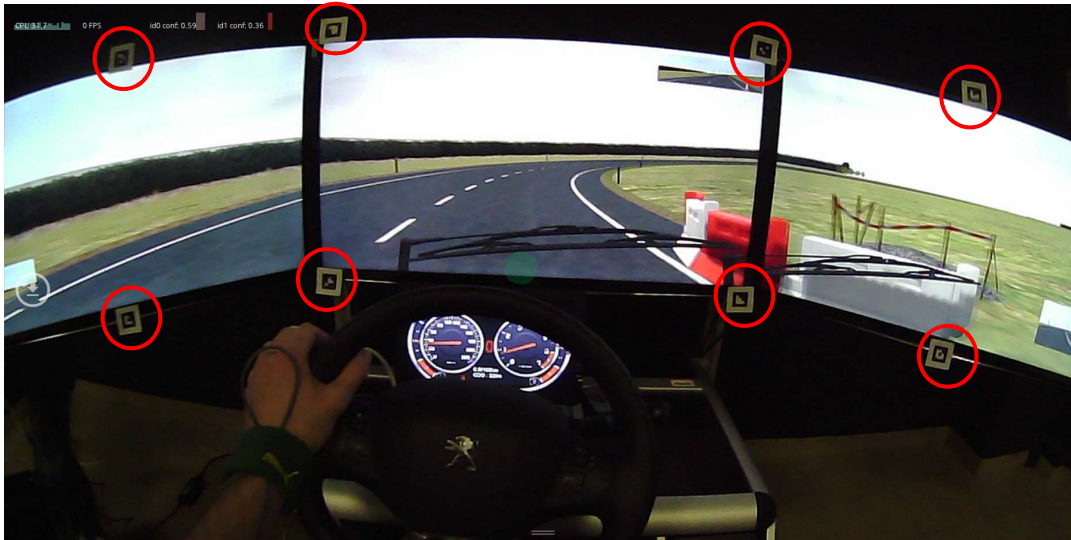


Figura 2.6. Marker utilizzati per l'identificazione delle superfici

2.2.3 Sensori biometrici

Il monitoraggio delle variabili biometriche del guidatore è stato reso possibile da un set di sensori apposti sulla cute, più precisamente nella mano e nell'avambraccio sinistri. Il sensore è collegato a una scheda elettronica Arduino collegata alla piattaforma e-Health V2.0, che trasmette i dati in tempo reale al computer cui è connesso. La misura delle pulsazioni cardiache è stata effettuata prima e dopo la guida, mentre la conduttanza cutanea (sudorazione) e la temperatura sono state monitorate per l'intera durata del test.

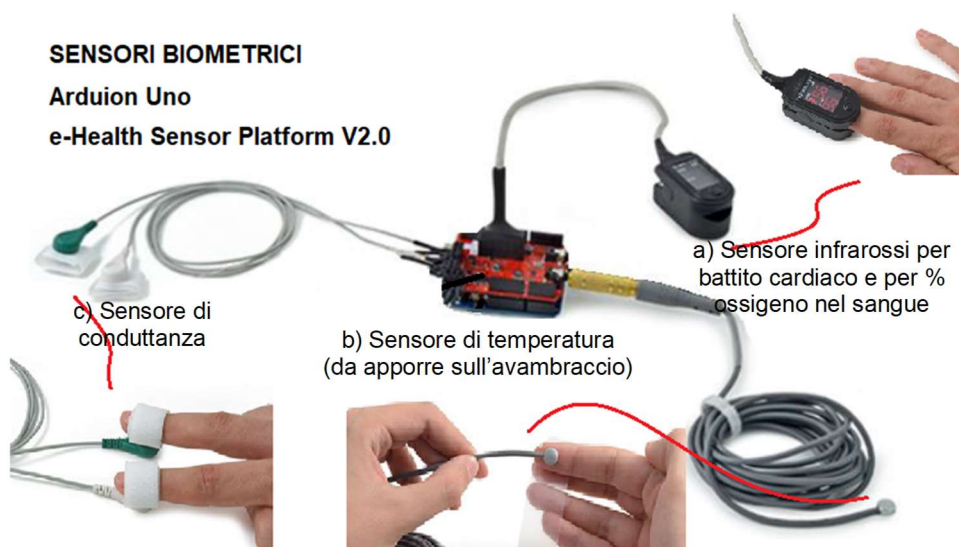


Figura 2.7. Parametri biometrici monitorati: a) Battito cardiaco e % di ossigeno nel sangue; b) Temperatura corporea; c) conduttanza (sudorazione)

2.2.4 Etilometro

L'etilometro utilizzato per la valutazione della BAC, prima e dopo il test di guida, è ALCOSCAN AL8000 (Figura 2.8). Esso è dotato di un sensore a cella elettrochimica al platino, e garantisce un intervallo di misura compreso tra 0.00 g/dl e 0.4 g/dl (lo strumento effettua le misurazioni in g/l). Dispone inoltre di una funzione di collegamento con smartphone *Android* tramite NFC (*Near Field Communication*), così da memorizzare i dati delle prove. Nel caso di questa sperimentazione, i dati di ogni prova sono stati trascritti di volta in volta su un apposito report (**Allegato 4**).

Il test dell'etilometro ha interessato tutti i partecipanti del campione, inclusi quelli del gruppo C e del gruppo di controllo. Le ragioni di tale decisione sono estremamente importanti:

- gruppo C, per dare l'impressione che il vino contenesse realmente una percentuale alcol maggiore di zero e rafforzare l'effetto placebo;
- gruppo di controllo, per assicurarsi che non vi fosse alcuna traccia di alcol nell'organismo del partecipante.

I dati raccolti non sono mai stati dichiarati, né durante né alla fine del test, per non influenzare psicologicamente i partecipanti.



Figura 2.8. Etilometro ALCOSCAN 8000 (<http://www.alcoscan-italia.it/etilometro-alcscan-al8000.html>)

2.3 Vini dell'esperimento

I vini utilizzati per il test hanno proprietà organolettiche estremamente diverse dovute ai differenti processi di produzione. Le peculiarità che accomunano il vino biodinamico e il vino commerciale sono la gradazione alcolica, 13.5% di alcol, e la provenienza, sono tutti e due vini prodotti dalla medesima zona (l'area del Gavi in provincia di Alessandria).

Il vino *biodinamico* è stato ottenuto con il metodo dell'agricoltura biodinamica. Come in parte già accennato in precedenza, tale metodo rivitalizza il suolo e ne aumenta l'humus escludendo tutte le sostanze chimiche di sintesi. La trasformazione delle uve in vino è spontanea, senza l'aggiunta di solfiti. Per evitare l'ossidazione del vino, con il conseguente cambio di sapore, si è resa necessaria la sua consumazione entro due giorni dall'apertura della bottiglia.

Il vino *commerciale*, a differenza del precedente, contiene solfiti nei quantitativi ordinari e rispettosi dei limiti di legge; il processo di produzione seguito è sicuramente più celere del precedente. Come noto, questo tipo di vino può essere consumato anche a distanza di 3-4 giorni dall'apertura della bottiglia, senza alcuna modifica del suo sapore e del suo odore.

Il vino *dealcolato* è ottenuto attraverso il metodo della dealcolazione, estraendo l'alcol da un vino normalmente vinificato senza l'utilizzo di sostanze chimiche e senza alterare le proprietà organolettiche. Questa qualità di vino è stata reperita online presso un famoso sito di distribuzione di beni alimentari.

I tre vini impiegati nell'esperimento sono diversi tra loro, non soltanto nel sapore e nell'odore, ma anche nel colore. Ogni partecipante ha consumato solo uno di questi, ma non ne conosceva il tipo. Ogni bottiglia è stata mascherata con un foglio di carta argentata, ma riconoscibile solo agli sperimentatori dalla lettera scritta sopra il foglio (A: vino biodinamico; B: vino commerciale; C: vino dealcolato). Ogni partecipante ha bevuto un quantitativo di vino preciso, dosato con un misurino da cucina e versato in un bicchiere di plastica mentre il partecipante era impegnato nel giro di prova (*training*) sul simulatore. Per evitare che i partecipanti del gruppo C riconoscessero la reale natura del vino dealcolato, invalidando il test, gli sono stati serviti 250 ml di vino, per rafforzare il sapore della bevanda.

2.4 Caratteristiche del campione e modalità di partecipazione al test

Come già precedentemente esposto, il gruppo di guidatori coinvolti sono tutti studenti del Politecnico di Torino, ed è strutturato in questo modo. La dimensione del campione (N) pari a 44 partecipanti; ogni partecipante ha preso parte ad un unico test, si è quindi optato per un campione di dimensione doppia rispetto a quelli considerati in letteratura. Il campione è stato suddiviso in 4 gruppi da 11 partecipanti ciascuno. Ogni gruppo differisce dagli altri in funzione della qualità di vino somministrata:

1. vino biodinamico, 13.5 % alcol (gruppo A);
2. vino commerciale, 13.5 % alcol (gruppo B);
3. vino dealcolato, 0.0 % alcol (gruppo C);
4. nessuna bevanda somministrata (gruppo di controllo).

Ogni gruppo è stato opportunamente stratificato (Tabella 2.2) in funzione delle seguenti variabili:

1. indice di massa corporea;
2. sesso del partecipante;
3. utilizzo di occhiali da vista (non è possibile utilizzare contemporaneamente gli occhiali da vista e il sistema di *eye-tracking*).

L'intervallo di età, è quello di 20 - 28 anni. Sulla base delle precedenti esperienze riportate nella letteratura scientifica, l'unica restrizione per l'idoneità al test era correlata all'età dei partecipanti, poiché la metabolizzazione dell'alcol ne è fortemente influenzata.

Esperimento

Tabella 2.2. Campione stratificato. Nota: Si/No sono i partecipanti che hanno effettuato la prova utilizzando lenti a contatto

GRUPPO	ID	Peso [kg]	Altezza [cm]	BMI	Sesso	Eye-tracking	Volume di vino [ml]
A	50	61	175	19.9	maschio	No	195
	4	65	178	20.5	maschio	No	207
	63	74	178	23.4	maschio	Si	236
	65	70	180	21.6	maschio	Si	223
	21	80	187	22.9	maschio	Si	255
	43	85	195	22.4	maschio	Si/No	271
	40	80	196	20.8	maschio	Si	255
	48	58	177	18.5	femmina	Si	150
	73	58	168	20.5	femmina	Si	150
	70	53	158	21.2	femmina	No	137
B	66	64	150	28.4	femmina	No	165
	8	65	180	20.1	maschio	No	207
	39	68	180	21.0	maschio	No	217
	17	70	180	21.6	maschio	Si	223
	18	78	190	21.6	maschio	Si/No	249
	20	80	188	22.6	maschio	Si	255
	58	80	186	23.1	maschio	No	255
	64	70	170	24.2	maschio	No	223
	68	63	175	20.6	femmina	Si	163
	22	60	167	21.5	femmina	Si	155
C	69	65	172	22.0	femmina	No	168
	71	68	165	25.0	femmina	Si	176
	51	60	175	19.6	maschio	Si	250
	78	75	190	20.8	maschio	Si/No	250
	28	65	176	21.0	maschio	Si/No	250
	47	80	190	22.2	maschio	Si	250
	61	71	176	22.9	maschio	Si	250
	36	67	170	23.2	maschio	No	250
	34	70	173	23.4	maschio	Si	250
	82	50	161	19.3	femmina	No	250
G.C.	14	50	160	19.5	femmina	Si/No	250
	67	63	174	20.8	femmina	Si	250
	72	52	158	20.8	femmina	Si	250
	81	60	164	22.3	maschio	No	-
	75	76	178	24.0	maschio	Si	-
	79	70	170	24.2	maschio	No	-
	76	70	168	24.8	maschio	Si	-
	86	76	173	25.4	maschio	No	-
	80	95	186	27.5	maschio	Si	-
	77	90	180	27.8	maschio	No	-
	84	54	164	20.1	femmina	Si	-
	83	56	163	21.1	femmina	Si	-
	85	58	165	21.3	femmina	Si	-
	87	65	165	23.9	femmina	No	-

La proposta di partecipazione al test è stata presentata all'indirizzo di posta elettronica. Le poche informazioni di cui erano a conoscenza gli studenti erano quelle riportate nel corpo dell'e-mail inviata loro e nell'informativa che gli sarebbe stata consegnata durante la fase di accettazione al test (**Allegato 1**). Si riporta a seguire una parte del testo contenuto nell'email, in cui sono riportate le primissime informazioni disponibili ai potenziali partecipanti:

“Cari studenti,

quanto siete in grado di sopportare l'assunzione di alcol?

...e quanto tempo occorre per metterVi alla guida di un autoveicolo dopo aver bevuto un buon vino?

In collaborazione con una Associazione di vini, stiamo conducendo una serie di sperimentazioni sull'effetto dell'assunzione di alcol. In particolare, intendiamo comparare l'effetto di vini commerciali e di vini prodotti in modo eco e bio-compatibile. Abbiamo bisogno della Vostra collaborazione: selezioniamo un campione di circa 40-50 studenti, interessati a partecipare alla sperimentazione...”

Gli studenti hanno così potuto presentare spontaneamente la loro candidatura online. Successivamente, sono stati contattati telefonicamente per confermare la loro adesione al test e per informarli che questo si sarebbe svolto nel periodo di *aprile/maggio 2018*.

È stato inoltre richiesto di partecipare a un incontro preliminare, durante il quale i potenziali partecipanti hanno guidato al simulatore di guida in un tracciato di prova. L'operazione è stata necessaria per verificare l'idoneità all'utilizzo del simulatore, e per verificare che i candidati non manifestassero malessere da simulazione. Ad ogni guidatore è stato consegnato il modulo dell'informativa sulla privacy, ha compilato un breve questionario, e ha acconsentire al trattamento dei dati (**Allegato 1**).

2.4.1 Modulo di presentazione dell'attività di ricerca e questionario

Il primo modulo consegnato agli studenti, visionabile nell'**Allegato 1**, si compone di un documento di presentazione dell'esperimento e delle finalità della ricerca, di un questionario per la raccolta dei dati personali, e l'informativa sulla privacy. Nel documento sono fatte alcune importanti richieste, ad esempio, qualora lo studente utilizzi occhiali da vista, di indossare delle lenti a contatto per consentire l'utilizzo dello

strumento per il tracciamento oculare. Le altre richieste erano finalizzate alla buona riuscita dell'esperimento; in particolare:

- non assumere sostanze alcoliche il giorno prima del test;
- se possibile, dormire almeno 8 ore la notte antecedente il test;
- se possibile, raggiungere il luogo del test non utilizzando l'automobile, ma avvalendosi di mezzi di trasporto pubblico;
- non fare colazione la mattina del test, se questo non fosse possibile per motivi di salute è stato chiesto di fare una colazione leggera, con alimenti privi di grassi;
- non consumare altre sostanze alcoliche per il resto della giornata;
- non mettersi alla guida nelle due ore successive al test.

È stato richiesto di presentarsi ben riposati per non influenzare i risultati dagli effetti dell'affaticamento. Il terzo punto della lista mira a eliminare lo scompenso che scaturirebbe nel passaggio da un contesto di guida reale a uno di guida simulata. È stato chiesto di non fare colazione per garantire il raggiungimento del BAC obiettivo, altrimenti si andrebbe incontro a una metabolizzazione più veloce dell'alcol nell'organismo. Non meno importante è stata la richiesta di non bere altri alcolici per il resto della giornata, poiché in un bicchiere di vino vi è la massima quantità di alcol giornaliera consigliata. Infine, è stato chiesto di non mettersi alla guida di alcun veicolo nelle due ore successive al test per evitare i pericoli derivanti dall'assunzione dell'unità alcolica somministrata. Al fine di accelerare il processo di metabolizzazione e smaltimento dell'alcol, al termine del test è stata offerta loro una colazione.

Il questionario per la raccolta dei dati personali è stato suddiviso in tre sezioni. Nella prima sono stati richiesti nome, cognome, peso, altezza ed anno di nascita. Nella seconda i contatti e-mail e cellulare, informazioni relative all'esperienza di guida (anno di conseguimento della patente, n° di incidenti, km percorsi nell'ultimo anno, frequenza di utilizzo dell'auto). Nella terza ed ultima sezione è stato richiesto il livello di istruzione, eventuale familiarità con l'utilizzo di videogiochi, utilizzo di occhiali o lenti a contatto, precedenti episodi di crisi epilettiche. L'ultima domanda della terza sezione è fondamentale, essendo il simulatore di guida uno strumento di realtà aumentata, potrebbe innescare fenomeni di epilessia portando a gravi complicazioni.

Con l'informativa sulla privacy e la raccolta della firma, ciascun partecipante ha acconsentito al trattamento dei dati personali e dei risultati ottenuti dai test cui si sono volontariamente sottoposti.

2.4.2 Indicazioni preliminari al test

Per ragioni organizzative i test si sono stati svolti in date concordate con i partecipanti in funzione dei loro impegni. È stato quindi definito un calendario che avrebbe impegnato un massimo di tre studenti al giorno. La mattina prima del test i partecipanti sono stati contattati con il seguente messaggio:

“Buongiorno, ti aspettiamo domani alle presso il DIATI 2 per il test drive. Ti ricordiamo che:

- 1. oggi non dovresti bere alcun tipo di bevanda alcolica;*
- 2. se possibile, dovresti dormire almeno 8 ore;*
- 3. se possibile, raggiungere il DIATI a piedi o con i mezzi di trasporto pubblico;*
- 4. non fare colazione la mattina del test, se questo non fosse possibile per motivi di salute ti chiediamo di fare una colazione leggera (un caffè e una fetta biscottata);*
- 5. domani non potrai bere altri alcolici per il resto della giornata;*
- 6. non potrai guidare alcun tipo di veicolo nelle due ore successive al test.”*

Attraverso il messaggio è stato possibile ricordare agli studenti dell'impegno preso e delle indicazioni di presentazione al test. Tutti i partecipanti hanno rispettato l'impegno preso, o comunque, grazie al messaggio di promemoria fattogli il giorno prima del test, di notificare eventuali impegni che hanno richiesto la posticipazione dell'incontro.

2.5 Tracciati dell'esperimento

2.5.1 Tracciato di prova

È stato necessario introdurre il simulatore e le sue peculiarità ai partecipanti prima del test. È stato chiesto ai candidati di provare il simulatore in una data antecedente al test, prescindendo dall'ora del giorno o dalla condizione fisica. Il fine di tale incontro era volto ad osservare se il candidato fosse in grado di sopportare una sessione di guida simulata

Esperimento

sufficientemente lunga. Anche se in percentuali estremamente ridotte, alcuni soggetti non tollerano per più di qualche minuto la guida simulata. Superato questo primo controllo, il giorno del test il guidatore ha riacquisito confidenza con il simulatore con una ulteriore guida antecedente l'esperimento, in modo da ottenere dati che non fossero in alcun modo dipendenti dall'apprendimento del sistema.

Il tracciato di prova non è stato mai presentato ai guidatori se non nel momento dell'esperimento. Esso è apparentemente indistinguibile da un contesto extraurbano. Questo è caratterizzato dai seguenti elementi: una carreggiata con due corsie per senso di marcia; segnaletica stradale orizzontale e verticale; strutture abitative e/o lavorative; alberi e altra vegetazione; elementi a corredo dello scenario (Figura 2.9).



Figura 2.9. Tracciato a otto, prospettiva del guidatore

2.5.2 Tracciato del test

Il tracciato del test nasce dalla rivisitazione di un tracciato originariamente realizzato da altri tesisti per differenti attività di ricerca (Salinardi D., 2018; Salussolia A., 2017). È stato modificato per generare quelle condizioni e situazioni utili a riadattarlo in funzione delle problematiche correlate alla *simulation sickness*, potenzialmente aggravate dall'intossicazione alcolica, e delle variabili da misurare (Figura 2.10 e Tabella 2.3). In particolare, le modifiche che sono state effettuate hanno interessato lo scenario, che è stato alleggerito, il posizionamento di alcuni ostacoli per misurare i tempi di percezione-reazione, e l'aggiunta di semafori in due delle intersezioni del tracciato.

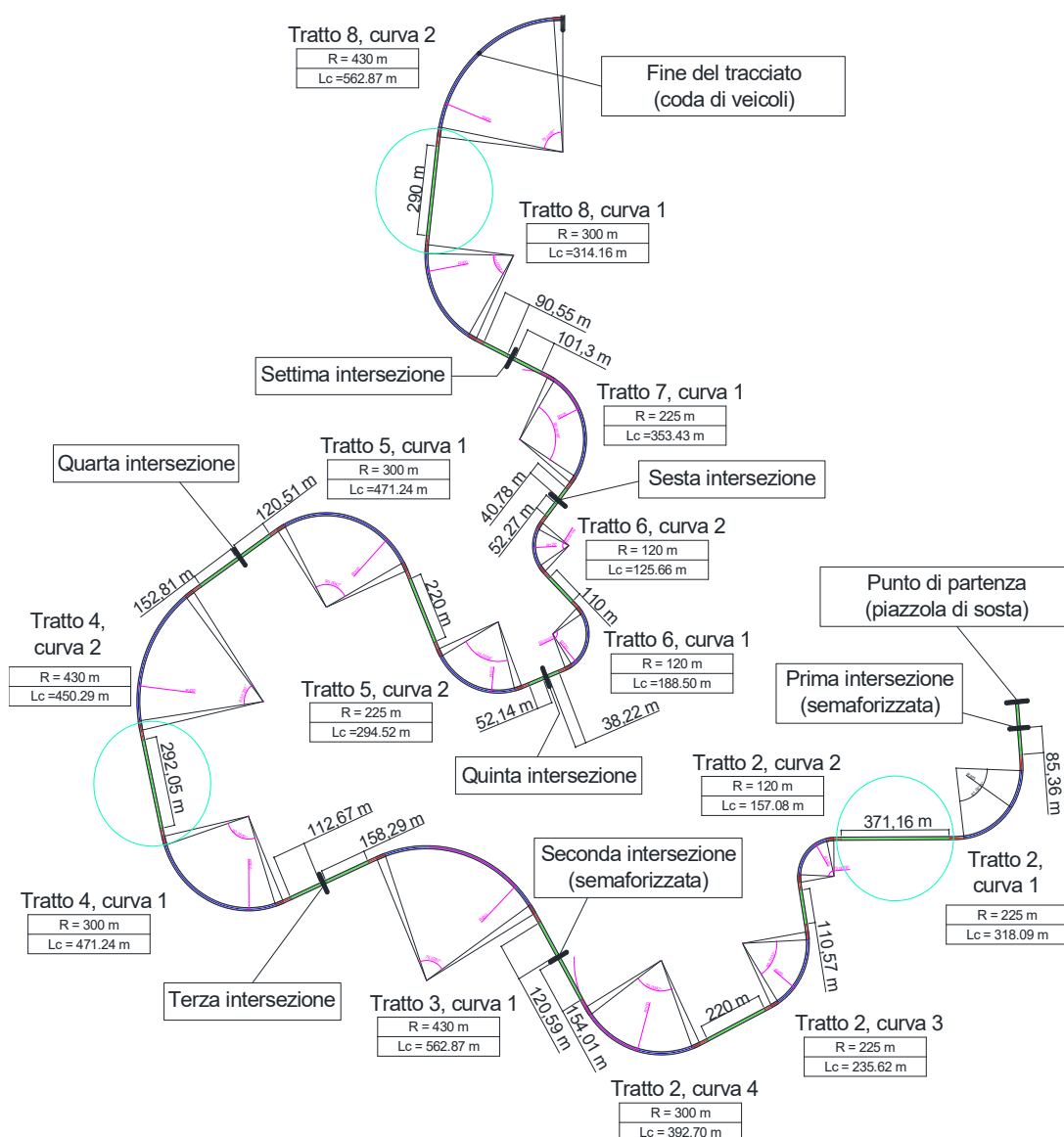


Figura 2.10. Tracciato del test, suddivisione per tratti

Esperimento

Il percorso del test ha una lunghezza di 9450 m, è suddiviso in otto tratti delimitati da intersezioni a raso. Il tempo stimato per concludere la prova oscilla tra i 10 e i 15 minuti. Sebbene non esista alcun limite fisico ad impedire la svolta a destra o a sinistra ad ogni intersezione, è stato sempre imposto ai partecipanti di proseguire dritto. In questo modo tutte le prove fanno riferimento allo stesso percorso.

Tabella 2.3. Elementi del tracciato e dati raccolti. *V: velocità; DT: distanza trasversale tra il baricentro del veicolo e il centro della carreggiata; C: conduttanza cutanea; T: temperatura; tpr: tempo di percezione e reazione; AO: attività oculare.*

TRATTO	ELEMENTO	LUNGHEZZA [m]	RAGGIO [m]	PROGRESSIVA INIZIALE [m]	PROGRESSIVA FINALE [m]	DATI RACCOLTI
1	rettifilo	173.22		0.00	173.22	V, DT, C, T
	rettifilo	85.36		191.08	276.44	V, DT, C, T
2	curva dx	318.09	225	328.21	646.30	V, DT, C, T
	rettifilo	371.16		698.74	1069.90	V, DT, C, T, AO
	curva sx	157.08	120	1121.96	1279.04	V, DT, C, T
	rettifilo	110.57		1329.74	1440.31	V, DT, C, T
	curva dx	235.62	225	1491.58	1727.20	V, DT, C, T
	rettifilo	220		1779.04	1999.04	V, DT, C, T
	curva dx	392.7	300	2057.12	2449.82	V, DT, C, T, tpr
	rettifilo	154.01		2507.90	2661.91	V, DT, C, T
3	rettifilo	120.59		2677.75	2798.34	V, DT, C, T
	curva sx	562.87	430	2860.45	3423.32	V, DT, C, T
	rettifilo	158.29		3485.87	3644.16	V, DT, C, T
4	rettifilo	112.67		3662.97	3775.64	V, DT, C, T
	curva dx	471.24	300	3833.95	4305.19	V, DT, C, T
	rettifilo	292.05		4363.27	4655.32	V, DT, C, T
	curva dx	450.29	430	4715.82	5166.11	V, DT, C, T, AO
	rettifilo	152.81		5228.66	5381.47	V, DT, C, T
	rettifilo	120.51		5398.68	5519.19	V, DT, C, T
5	curva dx	471.24	300	5576.74	6047.98	V, DT, C, T
	rettifilo	220		6106.06	6326.06	V, DT, C, T
	curva sx	294.52	225	6377.90	6672.42	V, DT, C, T
	rettifilo	52.14		6724.26	6776.40	V, DT, C, T
	rettifilo	38.22		6795.46	6833.68	V, DT, C, T
6	curva sx	188.5	120	6884.96	7073.46	V, DT, C, T
	rettifilo	110		7124.16	7234.16	V, DT, C, T
	curva dx	125.66	120	7284.86	7410.52	V, DT, C, T
	rettifilo	52.27		7461.22	7513.49	V, DT, C, T
7	rettifilo	40.78		7530.82	7571.60	V, DT, C, T
	curva sx	353.43	225	7623.06	7976.49	V, DT, C, T
	rettifilo	101.3		8028.33	8129.63	V, DT, C, T
8	rettifilo	90.55		8157.70	8248.25	V, DT, C, T
	curva dx	314.16	300	8306.41	8620.57	V, DT, C, T
	rettifilo	290		8678.65	8968.65	V, DT, C, T
	curva dx	562.87	430	9031.20	9450.00	V, DT, C, T, tpr

La tipologia di strada scelta per l'esperimento è un'extraurbana di categoria C1: la carreggiata ha una larghezza complessiva di 10.5 m e si compone di due corsie di 3.75 m, una per senso di marcia, e due banchine laterali di 1.5 m (Figura 2.11). È sempre presente sia la segnaletica orizzontale sia quella verticale. Lo scenario ricorda un contesto extraurbano, con strutture abitative e lavorative, una vegetazione ricca ed un traffico veicolare moderato.

Punto di partenza

Il partecipante inizia la prova con il veicolo parcheggiato in una piccola piazzola di sosta (Figura 2.12). Prima di iniziare la prova, è stato chiesto ai partecipanti equipaggiati di *eye-tracking* di osservare alcuni punti specifici sullo schermo (Figura 2.13) per accertarsi della corretta calibrazione dello strumento. In caso di insuccesso, si è proceduto a una nuova calibrazione del sistema.

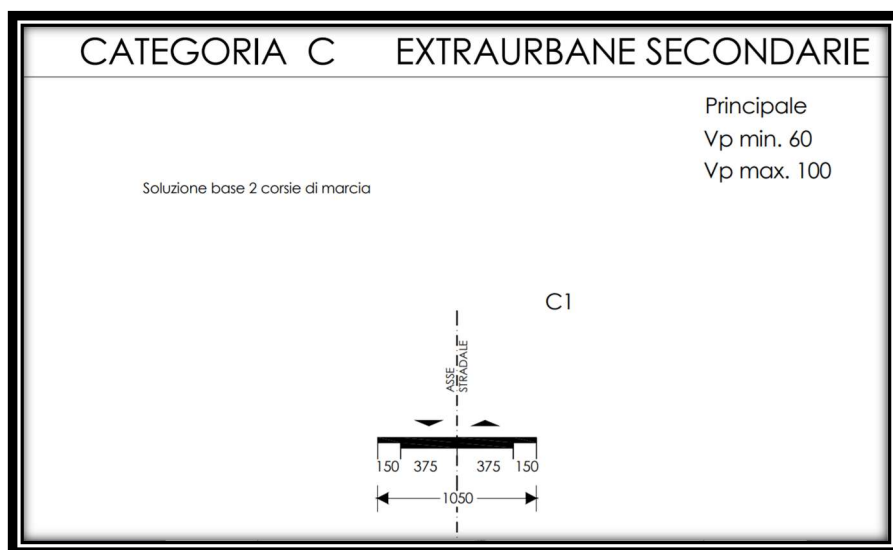


Figura 2.11. Strada extraurbana C1 (D.M. 05/11/2001)



Figura 2.12. Tracciato del test, punto di partenza

Tratto 1

Il primo tratto è caratterizzato da un rettifilo di lunghezza 86 m che conduce a una intersezione semaforizzata (Figura 2.14). Tutti i partecipanti hanno incontrato il semaforo rosso, quindi hanno arrestato il veicolo. L'intersezione semaforizzata ha permesso di trovare un riferimento temporale univoco per tutti gli strumenti utilizzati.

Tratto 2

All'intersezione semaforizzata segue un rettifilo di 85 m di lunghezza, quindi una curva destrorsa di 318 m e raggio 225 m (Figura 1.5), nel primo raccordo è presente un ostacolo che occupa l'intera banchina. Al termine della curva segue uno dei rettifili più importanti in termini di lunghezza (371 m), il limite di velocità imposto è di 50 km/h (Figura 2.16).



Figura 2.13. Primo controllo del tracciamento oculare

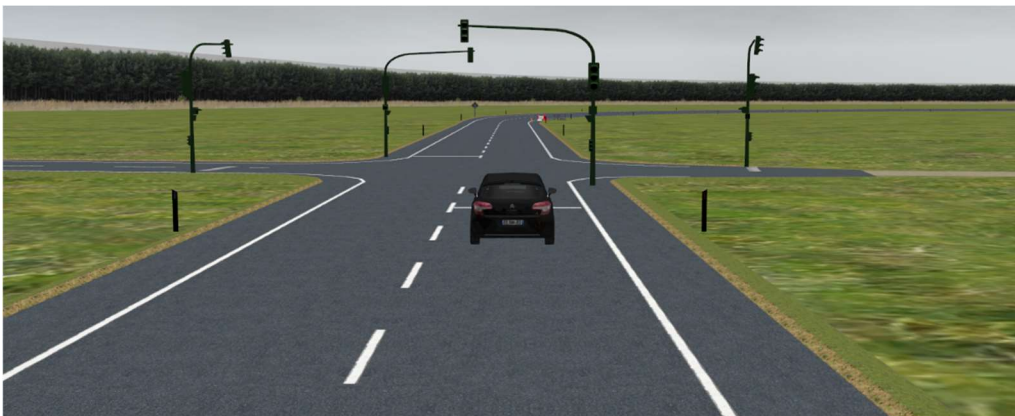


Figura 2.14. Tracciato del test, tratto 1, intersezione semaforizzata



Figura 2.15. Tracciato del test, tratto 2, curva 1 (lunghezza 318 m, raggio 225 m)



Figura 2.16. Tracciato del test, tratto 2, rettifilo 2 (lunghezza 371 m)

A questo rettifilo seguono: una curva a sinistra (lunghezza 158 m, raggio 120 m); piccolo rettifilo (lunghezza 110 m) con limite di velocità di 70 km/h (Figura 2.17); una curva a destra (lunghezza 235 m, raggio 225 m); un rettifilo (lunghezza 220 m); una curva a destra (lunghezza 392 m, raggio 300); un rettifilo (lunghezza 154 m) che porta alla seconda intersezione semaforizzata del tracciato (Figura 2.18).

Sono stati introdotti due eventi in corrispondenza dell'ingresso e dell'uscita della quarta curva del tratto 2 (lunghezza 392 m, raggio 300, l'ultima del tratto 2). In corrispondenza dell'inizio della curva è possibile individuare un ciclista che viaggia nella direzione opposta al proprio senso di marcia (Figura 2.19). Il secondo evento è stato posizionato nel raccordo in uscita dalla curva: si tratta di un furgone parcheggiato sulla destra. Questo invade parzialmente la corsia di marcia ed è invisibile al guidatore a causa del muretto laterale che blocca la visuale (Figura 2.20).



Figura 2.17. Tracciato del test, tratto2, rettilifilo 2 (lunghezza 110 m)



Figura 2.18. Tracciato del test, tratto 2, intersezione semaforizzata



Figura 2.19. Tracciato del test, tratto 2, curva 4 (lunghezza 392 m, raggio 300 m), ciclista sulla sinistra

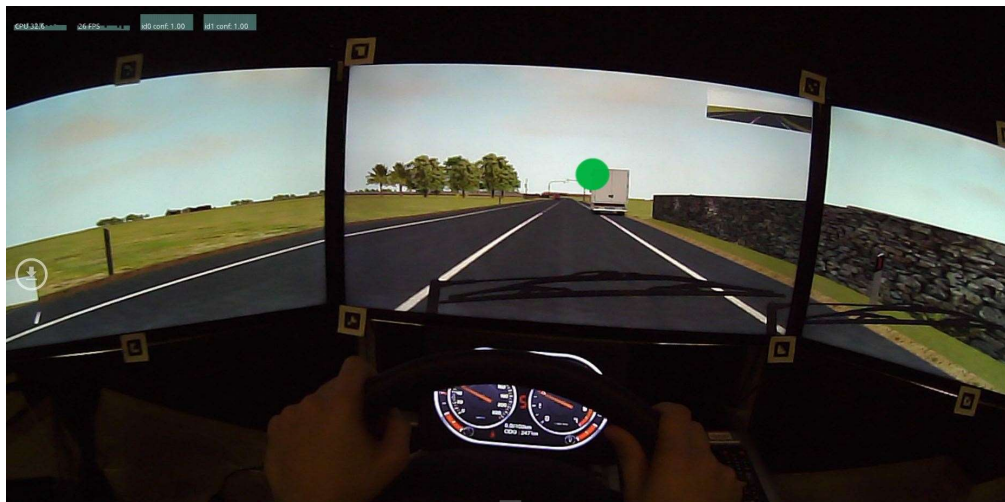


Figura 2.20. Tracciato del test, tratto 2, uscita curva 4 (lunghezza 392 m, raggio 300 m), furgone sulla sinistra

Tratto 3 (limite 70 km/h)

Superata la seconda intersezione semaforizzata, in cui il partecipante ha trovato nuovamente il semaforo rosso, si ha un tratto di strada privo di banchina sui due lati. Il tratto 3 include (in ordine): un rettifilo (lunghezza 120 m); una curva a sinistra (lunghezza 562 m, raggio 430 m, Figura 2.21); un rettifilo (lunghezza 158 m) nel quale cambia la tessitura della pavimentazione stradale. All'ultimo rettifilo del tratto 3 segue un'intersezione a raso.

Tratto 4 (limite 70 km/h)

Non vi sono particolari dettagli nel tratto 4. Dopo l'intersezione a cavallo tra il tratto 3 e il tratto 4 sono ripristinate le banchine laterali, seguono i seguenti elementi: un rettifilo (lunghezza 112 m); una curva a destra (lunghezza 471 m, raggio 300 m); un rettifilo (lunghezza 292 m); una curva a destra (lunghezza 450 m, raggio 430 m); un rettifilo (lunghezza 152 m, Figura 2.22).



Figura 2.21. Tracciato del test, tratto 3, curva 1 (lunghezza 562 m, raggio 430 m), assenza della banchina



Figura 2.22. Tracciato del test, tratto 4, rettilo 3 (lunghezza 152 m)

Tratto 5 (limite 70 km/h)

Il tratto 5 presenta: un rettilo (lunghezza 120 m, Figura 2.23); una curva a destra (lunghezza 471 m, raggio 300 m); un rettilo (lunghezza 220 m); una curva a sinistra (lunghezza 294 m, raggio 225 m); un rettilo (lunghezza 52 m), dove è nuovamente imposto il limite di 50 km/h. La prima curva destrorsa (Figura 2.24) presenta una situazione analoga alla prima curva del tratto 3, in questo caso però vi è una fila di coni stradali posizionati al centro della carreggiata, quindi il vincolo in questo caso è alla sinistra del guidatore.



Figura 2.23. Tracciato del test, tratto 5, rettifilo 1 (lunghezza 120 m), poco prima ingresso curva 1 (471 m, raggio 300 m)



Figura 2.24. Tracciato del test, tratto 5, curva 1 (lunghezza 471 m, raggio 300 m), fila di coni stradali al centro della carreggiata

Tratto 6 (limite 50 km/h)

Il tratto 5 si conclude con una semplice intersezione, al termine di questa troviamo il tratto 6 che si compone di: un rettifilo (lunghezza 38 m); una curva a sinistra (lunghezza 188 m, raggio 120 m); un rettifilo (lunghezza 110 m) con un breve tratto di pavimentazione usurata; una curva a destra (lunghezza 125 m, raggio 120 m); un rettifilo (lunghezza 52 m), il limite di velocità imposto torna ad essere di 70 km/h (Figura 2.25).

Tratto 7 (limite 70 km/h)

Il tratto 7 è caratterizzato dai seguenti elementi stradali: un rettifilo (lunghezza 40 m); una curva a sinistra (lunghezza 353 m, raggio 225 m); un rettifilo (lunghezza 101 m, Figura 2.6).

Tratto 8 (limite 70 km/h)

Ultimo tratto del test, il percorso è caratterizzato da: un rettifilo (lunghezza 90 m); una curva a destra (lunghezza 314 m, raggio 300 m) con un cambio di tessitura della pavimentazione; un rettifilo (lunghezza 290 m); una curva a destra (lunghezza 562 m, raggio 430 m). Il secondo rettifilo (lunghezza 290 m) è caratterizzato da una piazzola di sosta con un autobus in sosta, questo rappresenta uno degli elementi distrattori del tracciato, alcuni dei partecipanti hanno manifestato attenzioni nei suoi riguardi probabilmente per timore che potesse immettersi in corsia da un momento all'altro (Figura 2.27).



Figura 2.25. Tracciato del test, tratto 6, rettifilo 3 (lunghezza 52 m)



Figura 2.26. Tracciato del test, tratto 7, rettifilo 2 (lunghezza 101 m)

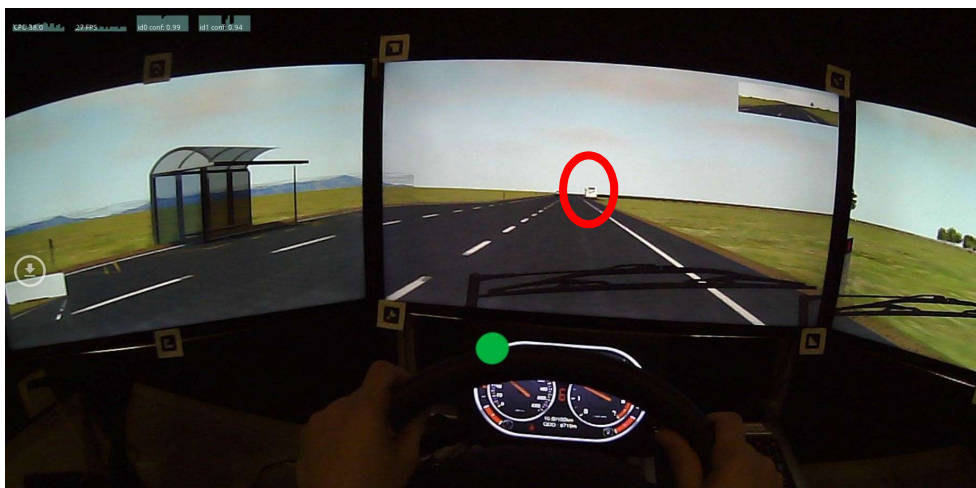


Figura 2.27. Tracciato del test, tratto 8, rettilifilo 2 (lunghezza 290 m)

Il percorso, e anche il test drive, termina all'interno della seconda curva del tratto 8. Quest'ultima è caratterizzata dalla presenza di un muro laterale che limita fortemente la distanza di visibilità. A circa metà della curva si trova una fila di veicoli in coda, invisibili fino alla progressiva 9350 m, a causa del muretto sulla destra (Figura 2.28). In funzione della velocità adottata dal partecipante, quest'ultimo ha potuto arrestare il veicolo con delle tempistiche che sono dipese dalle sue capacità cognitive in quel determinato istante. Prima concludere la simulazione di guida gli è stato chiesto di osservare i fanali posteriori dell'auto avanti, questo ha permesso di verificare la corretta calibrazione dell'*eye-tracking* esattamente come è stato fatto all'inizio del test (Figura 2.29).



Figura 2.28. Tracciato del test, tratto 8, curva 2 (lunghezza 562 m, 430 m), coda di veicoli appena visibile



Figura 2.29. Secondo controllo per il tracciamento oculare

2.6 Protocollo sperimentale

In questo paragrafo è descritto il protocollo dell'esperimento, dall'ingresso del partecipante in laboratorio fino al termine della prova. Il protocollo è suddiviso in 4 fasi principali (A, B, C e D), in ciascuna delle quali il partecipante ha eseguito una serie di specifiche azioni (per il protocollo riassuntivo: **Allegato 5**).

A. $0 < t < 10$ min.:

La fase A è la meno impegnativa (Figura 2.30), durante questa non è stato registrato alcun parametro, il partecipante ha avuto modo di provare il simulatore e di bere la bevanda scelta appositamente per quest'ultimo. Questa fase può riassumersi in due punti fondamentali:

1. **$t = 0$:** ingresso del partecipante e giro di prova (5-10 minuti).

Il partecipante è stato fatto accomodare nella postazione di guida del simulatore per l'esecuzione di un giro di prova in un tracciato diverso da quello dell'esperimento, ciò al fine di far riacquisire dimestichezza con la strumentazione.

2. **$t = 10$ min.:** somministrazione bevanda alcolica.

B. 10 min. $< t < 30$ min.:

Dopo circa 20 minuti dalla somministrazione dei vini A e B (13,5% di alcol) si è presupposto raggiunto il picco del BAC. Per non generare disomogeneità nell'esperimento, i partecipanti di tutti i gruppi hanno atteso 20 minuti prima di iniziare

l'esperimento. Questo tempo è stato utilizzato per il completamento delle seguenti operazioni:

1. compilazione questionario pre-guida (**Allegato 2**);
2. il partecipante è stato fatto accomodare nella postazione di guida del simulatore e non ha potuto abbandonarla fino al termine della prova (fase D), salvo la comparsa di stati di malessere indotti dall'alcol e/o dalla *simulation sickness*;
3. installazione e calibrazione del sistema di *eye-tracking glasses*;
4. installazione dei sensori biometrici per il monitoraggio della temperatura, della conduttanza cutanea (sudorazione), della frequenza cardiaca e della percentuale di ossigeno nel sangue;
5. sensibilizzazione del partecipante sul comportamento da seguire e sulle modalità della prova: il simulatore di guida NON È un videogioco, ma uno strumento di ricerca, pertanto è stato richiesto di guidare in modo realistico.

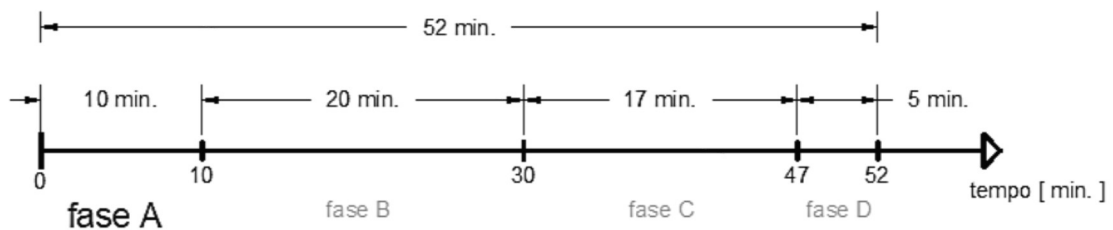


Figura 2.30. Fasi del protocollo sperimentale

C. 30 min. < t < 47 min.:

Al termine dei 20 minuti necessari alla metabolizzazione dell'alcol, il partecipante ha eseguito una serie di test cognitivi, i risultati prodotti da questi sono stati associati al valore di BAC misurato dall'etilometro. Il partecipante, dalla seduta della postazione di guida, è stato sottoposto a una serie di stimoli visivi e uditivi (in momenti distinti), riprodotti dallo schermo centrale del simulatore. Il tempo di percezione e reazione è stato valutato come l'intervallo di tempo trascorso dall'emissione del segnale al momento in cui il partecipante clicca con il pollice il tasto sinistro del mouse (collegato al pc dell'operatore). Ogni partecipante ha eseguito un totale di 40 ripetizioni di questo esercizio (10 test visivi e 10 test uditivi prima e altrettanti dopo la guida). In ogni prova i dati sono stati trascritti sul momento in un apposito report (**Allegato 4**), a questi erano

associati il livello di BAC, la frequenza cardiaca e la percentuale di ossigeno nel sangue. I test utilizzati sono reperibili online <http://cognitivefun.net>. Non hanno richiesto alcuno strumento se non un mouse e una connessione a internet stabile.

- test visivo: <http://cognitivefun.net/test/1>;
- test uditivo: <http://cognitivefun.net/test/16>.

I tempi di reazione sono visualizzati al termine di ogni ripetizione (in millis) oppure, se lo si desidera, cliccando in un link in alto a destra della pagina è possibile accedere alla lista delle ultime prove effettuate. Il passaggio tra una ripetizione e la successiva è immediato, agevolando e velocizzando la raccolta dei dati, generalmente il tempo richiesto per effettuare 20 ripetizioni è di 2/3 minuti. Il test drive è avvenuto durante la fase C, quindi è da ritenersi come la fase più importante dell'intero esperimento.

1. test cognitivi visivi e uditivi;
2. misura BAC con etilometro;
3. *inizio del test di guida* (10-15 minuti).

D. 47 min. < t < 52 min.:

Al termine della fase D si è concluso ufficialmente l'esperimento. Il partecipante ha eseguito nuovamente i test cognitivi con le stesse modalità della fase C, al fine di comparare i risultati ottenuti e comprendere se vi sono differenze importanti nelle capacità cognitive indotte da un potenziale aumento/diminuzione del BAC o da affaticamento causato dalla prova.

1. misura BAC con etilometro;
2. test cognitivi visivi e uditivi;
3. compilazione questionario post-guida (**Allegato 3**).

Per accelerare il processo di metabolizzazione è stata offerta la colazione a tutti i partecipanti al termine del test, indipendentemente dal gruppo di appartenenza. Il tempo richiesto per il completamento di una singola prova è di 52 minuti. La prova doveva essere eseguita nelle prime ore del mattino, il più lontano possibile dai pasti per accentuare l'effetto prodotto dal vino. Per tale ragione è stato deciso di sottoporre alla prova non più di 3 studenti al giorno, dalle ore 08:00 alle ore 11:00 del mattino.

2.6.1 Questionario pre-guida

Il questionario pre-guida, di cui all'**Allegato 2**, si compone di quattro sezioni. Nella prima sono richiesti il nome e il cognome del partecipante, il giorno e l'ora di compilazione del questionario. La seconda sezione è incentrata sullo stato di salute del partecipante: malattie croniche, uso di farmaci nelle precedenti 24 ore. Queste ultime informazioni sono state acquisite per accertarsi del buon stato di salute del partecipante al momento dell'esecuzione del test. Nel caso in cui qualcuno dei partecipanti avesse segnalato stati di malessere, o patologie non menzionate nell'**Allegato 1**, si sarebbe proceduto alla esclusione del partecipante dall'esperimento. La terza sezione chiede se sono state rispettate le indicazioni di partecipazione al test, fortunatamente soddisfatte nella quasi totalità delle volte, grazie anche al messaggio di promemoria inviato agli studenti il giorno prima del test. La quarta e ultima sezione chiede se si sta eseguendo la prova utilizzando occhiali da vista, lenti a contatto o nessuno dei due strumenti per la correzione del difetto visivo. In questo modo è stato possibile segnalare quei partecipanti che hanno precedentemente dichiarato che avrebbero eseguito la prova con lenti a contatto ma che

invece hanno eseguito la prova con gli occhiali da vista, con la conseguente non acquisizione dei dati visivi.

Infine, il documento richiede la valutazione del quantitativo di alcol contenuto all'interno del vino, con un punteggio che va da 1 a 5 (1 = quasi assente; 2 = poco; 3 = nella media; 4 = sopra la media; 5 = eccessivo), con l'obiettivo di valutare l'efficacia del vino dealcolato. Il motivo per cui è stato richiesto di dare una valutazione con un punteggio è perché ogni partecipante ha maturato diverse esperienze sul consumo di vino/alcol. Se fosse stato richiesto di valutare la gradazione alcolica del vino, partecipanti poco esperti avrebbero fornito stime non appropriate, con la conseguente perdita del dato.

2.6.2 Questionario post-guida

Quest'ultimo questionario di cui all'**Allegato 3** è suddiviso in cinque sezioni. Esso è finalizzato alla raccolta delle impressioni del partecipante in merito alle caratteristiche della prova e della strumentazione adoperata. La prima è esattamente uguale alla prima sezione dell'**Allegato 2** (nome, cognome, giorno e ora di compilazione). La seconda sezione richiede di indicare il grado di malessere, tramite una lista di sintomi, causato dalla guida con il simulatore: per nulla, nessun sintomo; lieve, leggero fastidio; moderato, presente ma non invalidante; intenso, non ha reso possibile la conclusione della prova. Oltre all'eventuale presenza di questi sintomi, si domanda se la presenza delle camere dell'*eye-tracking*, o il loro surriscaldamento, abbia generato particolari fastidi durante la guida. La raccolta delle suddette informazioni ha consentito di valutare il buono stato di salute del partecipante, in caso contrario si sarebbe proceduto alla esclusione dei dati dall'elaborazione perché affetti da alterazioni indesiderate. La terza sezione chiede di indicare quali elementi dell'infrastruttura hanno condizionato il comportamento di guida, se qualche avvenimento è stato particolarmente d'impatto e se in qualche occasione si sono incontrati particolari difficoltà nel controllo del veicolo. Questa sezione si incentra su due aspetti fondamentali: l'analisi del comportamento di guida dei partecipanti e la classificazione degli elementi maggiormente condizionanti presenti nel tracciato. La quarta sezione chiede di valutare l'adeguatezza del simulatore di guida nella risposta della strumentazione (cambio, freno, sterzo, etc.). La quinta sezione chiede se si possiede familiarità con i videogiochi, per comprendere se tale attitudine comporti delle prestazioni di guida superiori alla media.

2.7 Trattamento dei dati

2.7.1 Reazione agli ostacoli puntuali

Nell'esperimento sono state introdotte 3 differenti tipologie di ostacolo, tutte potenzialmente familiari a guidatori con almeno qualche anno di esperienza di guida. Queste si presentano in ordine crescente di difficoltà e sono posizionate su tutto il tracciato. L'obiettivo è stato quello di comprendere quali eventi sono stati di maggiore impatto, evidenziando le particolarità dei gruppi per le azioni eseguite sul volante e sulla pedaliera e i tempi di percezione e reazione mostrati. Come è stato dimostrato da Moskowitz et al. (2000), i tempi di percezione e reazione di guidatori condizionati dall'assunzione di alcol sono più alti di chi guida in condizioni sobrie. L'ipotesi è che l'assunzione di un vino biodinamico produca un decremento di capacità cognitive meno debilitante dell'assunzione di un vino con solfiti aggiunti.

Lavori in corso sulla banchina

Il primo ostacolo da superare è abbastanza semplice, si tratta di una barriera che delimita i lavori in corso sulla banchina (Figura 2.31). Questo si trova alla progressiva 321 m, a cavallo della clotoide che raccorda il primo rettilo (85 m) e la prima curva destrorsa (318 m, raggio 225 m) del tratto 2. Essendo posizionato poco prima dell'ingresso in curva, ci si aspetta che i partecipanti superino l'ostacolo adottando una distanza trasversale maggiore, con una traiettoria non ordinaria. La variabile misurata in corrispondenza di questo ostacolo è la distanza trasversale dall'ostacolo (progressiva 321 m).



Figura 2.31. Primo ostacolo puntuale, lavori in corso che occupano la banchina, Tratto 2, visuale passeggero

Furgone parcheggiato in sosta vietata

Al termine dell'ultima curva del tratto 2 (lunghezza 392 m, raggio 300 m, poco prima della seconda intersezione semaforizzata) i partecipanti si sono ritrovati nel dover aggirare un furgone parcheggiato sulla destra, parzialmente nascosto da un muro laterale che limita la distanza di visibilità (vedi Figura 2.20). Il furgone, che occupa l'intera banchina e una piccola parte della corsia di marcia, è posizionato alla progressiva 2520 m e diventa visibile a partire dalla progressiva 2403 m (Figura 2.32). Va precisato che il muretto non è sufficientemente alto da nascondere completamente l'ostacolo, infatti alcuni dei partecipanti più attenti dovrebbero notarlo prima di giungere alla progressiva 2403 m. La reazione attesa si basa sull'esecuzione di tre manovre: rilascio dell'acceleratore; eventuale pressione del freno; sterzata improvvisa del volante con conseguente modifica della traiettoria.

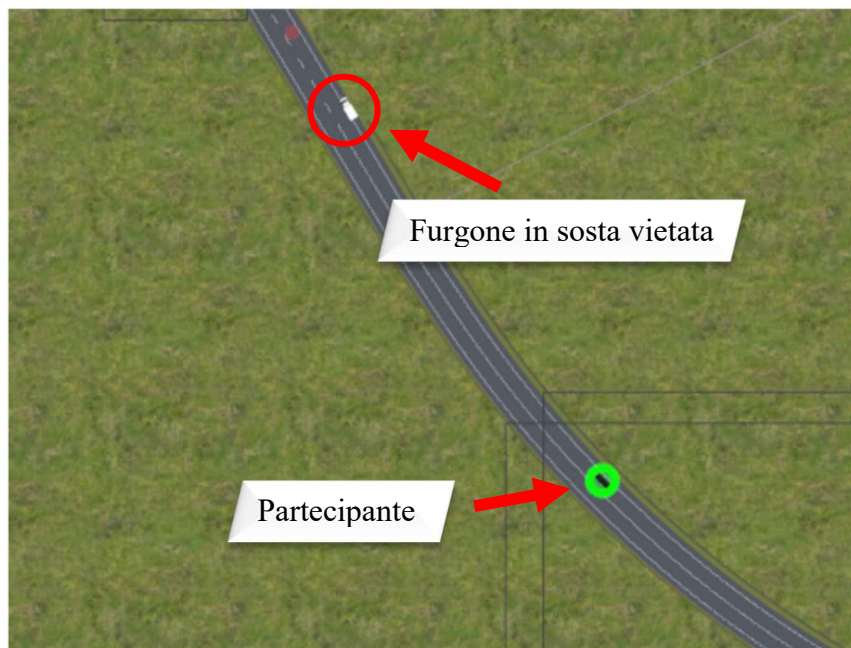


Figura 2.32. Secondo ostacolo puntuale, furgone parcheggiato in sosta vietata, Tratto 2

Le variabili analizzate sono:

- velocità del veicolo alla progressiva 2403 m;
- tempo di reazione misurato dal momento in cui si attraversa la progressiva 2403 m fino all'istante in cui avviene il completo rilascio dell'acceleratore;
- tempo di reazione misurato dall'istante in cui si rilascia completamente l'acceleratore fino all'istante in cui si inizia a pigiare il pedale del freno;
- tempo di reazione misurato dal momento in cui si attraversa la progressiva 2403 m fino all'istante in cui il partecipante sterza bruscamente;
- distanza trasversale dall'ostacolo (progressiva 2520 m).

Coda di veicoli al termine del tracciato

L'ultimo ostacolo puntuale affrontato dai partecipanti è stato quello di arrestare in tempo il veicolo a seguito dell'avvistamento di una coda di auto, posizionata all'interno dell'ultima curva del tratto 8 (lunghezza 562 m, raggio 430 m; vedi Figura 2.28). Come nel caso precedente, la coda di auto non è visibile a causa di un muretto posizionato alla destra della carreggiata, sufficientemente alto da ostruire completamente la visione dell'ostacolo. La coda di veicoli, visibile a partire dalla progressiva 9350 m, obbliga ad una tempestiva manovra di arresto fortemente condizionata dalla velocità. Le variabili analizzate sono:

- velocità del veicolo alla progressiva 9350 m;
- tempo di reazione misurato dal momento in cui si attraversa la progressiva 9350 m fino all'istante in cui avviene il completo rilascio dell'acceleratore;
- tempo di reazione misurato dall'istante in cui si rilascia completamente l'acceleratore fino all'istante in cui si inizia a pigiare il pedale del freno;
- tempo di reazione misurato dall'istante in cui si inizia a pigiare il pedale del freno fino all'istante in cui si arresta il veicolo.

2.7.2 Comportamento di guida in funzione della geometria stradale

Il comportamento di guida è fortemente influenzato dall'esperienza del guidatore e dalle caratteristiche del tracciato. Questo può essere valutato attraverso la misura di una serie di variabili correlate alla traiettoria e ai profili di velocità. In particolare, ci si è focalizzati su alcune parti peculiari del tracciato: nei tre rettifili più lunghi; in una curva sinistrorsa dove non è presente la banchina laterale; in una curva destrorsa con una fila di coni posizionati al centro della carreggiata. Sono stati esclusi dall'analisi i primi e gli ultimi 15 m, ritenuti potenzialmente influenzati della traiettoria in ingresso e in uscita dall'elemento. L'azione sullo sterzo è condizionata dalla capacità di controllo del guidatore (esperienza di guida, livello di BAC) e dalle caratteristiche geometriche del tracciato, come dimostrato da Helland et al. (2013) e da Hongji Du et al. (2016). I valori di SDLP, i profili di velocità e la gestione dell'acceleratore rispondono alle domande della presente attività di ricerca, evidenziando le peculiarità dei gruppi oggetto di analisi.

Comportamento di guida in rettilo

Per l'analisi del comportamento in rettilo sono stati misurati i dati di velocità media e di posizione preferenziale all'interno della corsia, nei tre rettifili più lunghi del tracciato (vedi Figura 2.10, rettifili cerchiati in grigio). Questi sono: il secondo rettilo del tratto 2 (lunghezza 371 m, limite di velocità di 50 km/h); il secondo rettilo del tratto 4 (lunghezza 292 m, limite di velocità di 70 km/h); il secondo rettilo del tratto 8 (lunghezza 290 m, limite di velocità di 70 km/h). Le variabili analizzate sono:

- Velocità media del veicolo nel secondo e nel terzo rettilo (limite di velocità di 70 km/h);
- Deviazione standard della velocità nel secondo e nel terzo rettilo;
- Media delle distanze trasversali tra il baricentro geometrico del veicolo e il centro della carreggiata;
- Deviazione standard delle distanze trasversali tra il baricentro geometrico del veicolo e il centro della carreggiata (SDLP).

Comportamento di guida in curva sinistrorsa senza banchina

L'assenza della banchina laterale costituisce un vincolo importante, in certi casi ne consegue un decremento della velocità media e una diversa traiettoria del veicolo. Si è ritenuto opportuno valutare se l'intossicazione indotta da alcol incida negativamente sul comportamento di guida in presenza di questo vincolo laterale. La curva in questione è la prima del tratto 3 (lunghezza 562 m, raggio 430 m; vedi Figura 2.21). Le variabili analizzate sono:

- Velocità media del veicolo;
- Deviazione standard della velocità;
- Media delle distanze trasversali tra il baricentro geometrico del veicolo e il centro della carreggiata;
- Deviazione standard delle distanze trasversali tra il baricentro geometrico del veicolo e il centro della carreggiata (SDLP).

Comportamento di guida in curva destrorsa con coni stradali al centro della carreggiata

Caso opposto, meno familiare a quello precedente, è la limitazione causata da una fila di coni stradali posizionati al centro della carreggiata. La curva oggetto di questa analisi è la prima del tratto 5 (lunghezza 471 m, raggio 300 m; vedi Figura 2.24). Ancora una volta sono state osservate le seguenti variabili:

- Velocità media del veicolo;
- Deviazione standard della velocità;
- Media delle distanze trasversali tra il baricentro geometrico del veicolo e il centro della carreggiata;
- Deviazione standard delle distanze trasversali tra il baricentro geometrico del veicolo e il centro della carreggiata (SDLP).

2.8 Tracciamento oculare

L'analisi dei punti di fissazione ha interessato tutti quei partecipanti che non utilizzano occhiali da vista o che fanno uso di lenti a contatto per la correzione del difetto visivo. Proprio per questa ragione non è stato possibile raccogliere questa tipologia di dato su tutto il campione, rendendo necessaria la stratificazione anche in funzione di questa variabile. Attraverso i dati raccolti è stato possibile effettuare un'indagine qualitativa delle *Heatmap* (macchie di calore), che restituiscono la dispersione delle fissazioni, punti in cui lo sguardo si concentra per una durata di tempo non inferiore a 0.2 s e non superiore a 2 s. Tale analisi ha interessato due parti distinte del tracciato. In primo luogo, sono stati analizzati i movimenti oculari dei partecipanti nel secondo rettifilo del tratto 2 (lunghezza 371 m, limite di velocità di 50 km/h), essendo il rettifilo più lungo e con uno scenario abbastanza ricco, sono infatti presenti segnali stradali, capannoni industriali, vegetazione sparsa, e altri elementi in lontananza. Infine, è stato analizzato il comportamento di guida in corrispondenza della prima curva del tratto 5 (lunghezza 471 m, raggio 300 m; vedi Figura 2.24), questa è infatti una delle curve più impegnative per la presenza dei coni stradali posizionati al centro della carreggiata, quindi richiede un maggior livello di attenzione.

Come riportato in letteratura, ci si aspetta una maggiore dispersione dei punti di fissazione da parte dei partecipanti del campione di controllo, piuttosto che, da quelli dei gruppi A e B. Per non ricadere in errore, è importante tener conto anche dell'età e dell'esperienza di guida dei partecipanti. Guidatori poco esperti raramente distolgono lo sguardo dal centro della strada dimostrando poca attenzione in determinate situazioni (attraversamenti pedonali, segnaletica stradale, etc.).

2.9 Metodi statistici

I dati raccolti prima, durante e al termine di ogni prova sono rappresentativi delle capacità fisiologiche (metabolizzazione) e psicofisiche dei singoli partecipanti, tuttavia l'esperienza e lo stile di guida maturati negli anni giocano un ruolo fondamentale. Per evidenziare eventuali differenze tra i gruppi bisogna ricorrere agli strumenti di analisi statistica. Le differenze tra le medie della stessa variabile tra due gruppi possono essere

significative, ma bisogna comunque accertarsi che questa differenza sia tale da giustificare l'ipotesi a monte, ovvero che i due gruppi appartengano a popolazioni diverse.

Ogni gruppo differisce dagli altri per la tipologia di vino scelta, questo è l'unico parametro rappresentativo che rende ogni gruppo "indipendente". Per poter effettuare la comparazione dei risultati tra due gruppi indipendenti bisogna eseguire un'indagine statistica che si focalizza, di volta in volta, su un'unica variabile comune ai due gruppi (ex. velocità massima all'ostacolo i-esimo). È fondamentale che vengano soddisfatte due importanti condizioni:

1. i partecipanti sono assegnati ad un gruppo in modo casuale. Per rispettare la stratificazione del campione vi sono dei "posti", in ogni gruppo, riservati soltanto ad alcuni dei partecipanti con determinate caratteristiche, ciò implica che tali posti verranno assegnati in modo casuale. Ad esempio, su un campione di 44 partecipanti vi sono 16 studentesse che devono essere ridistribuite nei 4 gruppi del test, quindi, per ottenere dei gruppi eterogenei, le studentesse sono state assegnate in modo casuale così da ottenere 4 gruppi con 4 studentesse ciascuno.
2. ogni partecipante effettua il test una sola volta. Se la stratificazione è stata effettuata con successo, ogni partecipante sarà rappresentativo di quella parte di popolazione con caratteristiche simili.

L'obiettivo è quello di confermare o di smentire una data ipotesi. Sia μ la variabile "variazione di frequenza cardiaca", possiamo certamente identificare per ognuno dei 44 partecipanti un dato valore della variabile μ , dato che tutti hanno effettuato lo stesso identico test. Seguendo questo ragionamento, ci troviamo davanti ad una scelta:

$$\text{hyp.1) } \mu_1 - \mu_2 = 0 \qquad \text{oppure} \qquad \text{hyp.2) } \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

dove μ_1 e μ_2 sono i valori rappresentativi di due gruppi indipendenti, che in altri termini, potrebbero essere rappresentati come la differenza delle medie della variabile μ dei due gruppi.

È palese come le due ipotesi siano diametralmente opposte, ma qual è il loro significato? La prima ipotesi sostiene che non ci sono differenze tra i due gruppi, questa è anche definita *null hypothesis*, la seconda è meno restrittiva ed accetta anche la minima differenza, *full hypothesis*. La scelta tra queste due non è affatto banale e portano a metodi

di analisi differenti. Se ad esempio scegliamo la *null hypothesis* per l'analisi di una variabile, vuol dire che non ci aspettiamo differenze tra quei i due gruppi indipendenti. La logica ci suggerisce che è estremamente raro che la differenza delle medie della variabile μ sia nulla, quindi si interviene col metodo dell'*intervallo di confidenza*.

$$CI = \text{point estimate} \pm w$$

Il “point estimate” rappresenta la differenza tra medie della variabile μ , “w” è un parametro dato dal prodotto del valore critico ottenuto dalla tavola della distribuzione T di Student per la *appropriate standard deviation*. Quest'ultima rappresenta la deviazione standard della variabile μ riferita ai due gruppi indipendenti. Se questi hanno ugual numero di osservazioni, la *appropriate standard deviation* può ottenersi dalla seguente formula:

$$S_{\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2} = \sqrt{\frac{2MS}{n}}$$

con:

$$MS = \frac{\sum e_{1,i} + \sum e_{2,i}}{2 \times (n - 1)}$$

dove:

- n rappresenta il numero di osservazioni di ogni gruppo;
- “ $e_{1,i}$ ”, “ $e_{2,i}$ ” sono gli scarti i-esimi della variabile μ .

Nel caso in cui il numero di osservazioni tra i due gruppi indipendenti non sia lo stesso, la formula per determinare la *appropriate standard deviation* diventa:

$$S_{\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2} = \sqrt{\frac{MS_1}{n_1} + \frac{MS_2}{n_2}}$$

A questo punto resta da determinare il valore critico dalla tavola della distribuzione T di *Student*, ed ancora una volta ci troveremo a dover prendere una decisione in merito all'intervallo di confidenza. Per la nostra indagine è stato selezionato un intervallo di confidenza del 95%. Quindi non ci resta che determinare il numero di gradi di libertà del nostro sistema.

$$\text{Gradi di libertà} = (n_1 - 1) + (n_2 - 1)$$

Tabella 2.4. Tavola della distribuzione *T* di Student.

Area nelle due code sotto la distribuzione <i>T</i>					
GRADI DI LIBERTÀ	.10	.05	.02	.01	.005
1	6.31	12.71	31.82	63.66	127.32
2	2.92	4.30	6.96	9.22	14.09
3	2.35	3.18	4.54	5.84	7.45
4	2.13	2.78	3.75	4.60	5.60
5	2.02	2.57	3.37	4.03	4.77
6	1.94	2.45	3.14	3.71	4.32
7	1.90	2.37	3.00	3.50	4.03
8	1.86	2.31	2.90	3.36	3.83
9	1.83	2.26	2.82	3.25	3.69
10	1.81	2.23	2.76	3.17	3.58
11	1.80	2.20	2.72	3.11	3.50
12	1.78	2.18	2.68	3.06	3.43
13	1.77	2.16	2.65	3.01	3.37
14	1.76	2.15	2.63	2.98	3.33
15	1.75	2.13	2.60	2.95	3.29
16	1.75	2.12	2.58	2.92	3.25
17	1.74	2.11	2.57	2.90	3.22
18	1.73	2.10	2.55	2.88	3.20
19	1.73	2.09	2.54	2.86	3.17
20	1.73	2.09	2.53	2.85	3.15

Ad esempio, se si avessero 11 osservazioni della variabile μ per ciascuno dei due gruppi indipendenti, il numero di gradi di libertà sarebbe pari a 20.

I due estremi dell'intervallo di confidenza sono:

$$CI_{95} = \bar{Y}_1 - \bar{Y}_2 \pm (S_{\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2} \times 2.09)$$

Se l'intervallo includesse lo 0, l'ipotesi a monte sarebbe plausibile, altrimenti dovrebbe essere rigettata. In poche parole, se l'ipotesi è plausibile significa che statisticamente i due gruppi indipendenti non presentano una differenza netta nella variabile μ .

Oltre al metodo dell'intervallo di confidenza, è stato utilizzato il metodo del t-test, molto più immediato grazie alla funzione presente nel menù “analisi dati” di Excel. In questo caso viene determinato il valore t , un indice che descrive quanto la differenza tra le medie $\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2$ differisce dallo zero, meglio ancora, misura la discrepanza tra i risultati e l'ipotesi:

$$t = \frac{\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2}{S_{\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2}}$$

Questo valore sarà quindi confrontato con il *p-value*, ovvero il valore critico di t ottenuto dalla tavola della distribuzione T di *Student*, i gradi di libertà si determinano esattamente come visto con il metodo dell'intervallo di confidenza. Se risultasse essere maggiore del *p-value*, allora la *null hypothesis* non sarebbe plausibile. È possibile visionare i risultati dell'analisi statistica nell'**Allegato 13**.

3 Risultati e analisi

3.1 La valutazione del contenuto di alcol

Il quantitativo di alcol contenuto all'interno del vino è stato valutato con un punteggio che va da 1 a 5 (1 = quasi assente; 2 = poco; 3 = nella media; 4 = sopra la media; 5 = eccessivo). L'obiettivo è stato quello di valutare l'efficacia del vino dealcolato. Con grande sorpresa, soltanto uno degli undici partecipanti del gruppo C hanno dato una valutazione di 1/5 alla suddetta domanda (Tabella 3.1).

I risultati mostrano delle stime del contenuto d'alcol molto simili per i partecipanti del gruppo A (media, $M = 2.86$; deviazione standard, $DS = 0.78$) e del gruppo B ($M = 2.82$; $DS = 0.72$). I partecipanti del gruppo C ($M = 2.32$; $DS = 0.68$) hanno fornito delle valutazioni leggermente inferiori rispetto quelle dei gruppi A e B, ma fatto più importante nessuno ha colto la natura analcolica del vino.

Il protocollo sperimentale cieco semplice ha quindi avuto successo, nessuno dei partecipanti ha compreso la natura del vino che gli è stata somministrata. Dal confronto delle medie dei gruppi emerge l'efficacia dell'effetto placebo. Il gruppo C è stato rappresentativo di quella popolazione convinta di essere condizionata dall'assunzione di vino alcolico, ma che in realtà ha guidato in condizioni sobrie. Questo comunque ha portato a un maggior coinvolgimento del gruppo C, con profili di velocità moderati e un maggior grado di attenzione riscontrabile anche nel monitoraggio dell'attività oculare.

Risultati e analisi

Tabella 3.1. Valutazione del contenuto di alcol con un punteggio che va da 1 a 5 (1 = quasi assente; 2 = poco; 3 = nella media; 4 = sopra la media; 5 = eccessivo)

GRUPPO	ID	Peso [kg]	Altezza [cm]	BMI	Sesso	Volume di vino [ml]	Valutazione del contenuto di alcol
A	50	61	175	19.9	maschio	195	2
	4	65	178	20.5	maschio	207	4
	63	74	178	23.4	maschio	236	2
	65	70	180	21.6	maschio	223	3
	21	80	187	22.9	maschio	255	2
	43	85	195	22.4	maschio	271	2
	40	80	196	20.8	maschio	255	3
	48	58	177	18.5	femmina	150	3
	73	58	168	20.5	femmina	150	3
	70	53	158	21.2	femmina	137	4
	66	64	150	28.4	femmina	165	3.5
B	8	65	180	20.1	maschio	207	2
	39	68	180	21.0	maschio	217	3
	17	70	180	21.6	maschio	223	2.5
	18	78	190	21.6	maschio	249	2
	20	80	188	22.6	maschio	255	3
	58	80	186	23.1	maschio	255	2.5
	64	70	170	24.2	maschio	223	3
	68	63	175	20.6	femmina	163	4
	22	60	167	21.5	femmina	155	3
	69	65	172	22.0	femmina	168	4
	71	68	165	25.0	femmina	176	2
C	51	60	175	19.6	maschio	250	1
	78	75	190	20.8	maschio	250	2
	28	65	176	21.0	maschio	250	3
	47	80	190	22.2	maschio	250	2
	61	71	176	22.9	maschio	250	3
	36	67	170	23.2	maschio	250	3
	34	70	173	23.4	maschio	250	2
	82	50	161	19.3	femmina	250	3
	14	50	160	19.5	femmina	250	2
	67	63	174	20.8	femmina	250	2.5
	72	52	158	20.8	femmina	250	2

3.2 I livelli di BAC pre-test e post-test

I livelli di BAC registrati nei partecipanti dei gruppi A e B sono prossimi al valore target di 0.05 g/dl, ad eccezione di qualche caso isolato, dove i partecipanti hanno mostrato una migliore (o peggiore) capacità di metabolizzazione (Tabella 3.2). Va comunque precisato che alcuni partecipanti hanno concluso la prova prima di altri, quindi i valori di BAC ottenuti alla fine del test non fanno riferimento allo stesso istante di tempo. Un dato interessante è che nella quasi totalità dei casi il livello di BAC a fine test è pari o superiore a quello misurato a 20 minuti dall'assunzione. Questo dato lascia trasparire che il picco del BAC potrebbe essere stato raggiunto durante o, con molta probabilità, dopo il test.

Tabella 3.2. I valori di BAC registrati dall'etilometro. Δ BAC: differenza tra il valore di BAC registrato alla fine del test drive meno quello registrato a 20 minuti dall'assunzione

GRUPPO	ID	Volume di vino [ml]	BAC t= 20 minuti [g/dl]	Durata del test [min.]	BAC alla fine del test [g/dl]	Δ BAC [g/dl]
A	40	255	0.021	21	0.025	0.004
	43	271	0.066	21	0.057	-0.009
	21	255	0.017	22	0.024	0.007
	4	207	0.037	19	0.038	0.001
	65	223	0.071	19	0.071	0.000
	63	236	0.056	21	0.059	0.003
	50	195	0.033	17	0.041	0.008
	48	150	0.059	20	0.058	-0.001
	73	150	0.067	18	0.05	-0.017
	66	165	0.04	17	0.037	-0.003
B	70	137	0.053	15	0.057	0.004
	64	223	0.058	10	0.062	0.004
	39	217	0.031	16	0.043	0.012
	8	207	0.037	11	0.049	0.012
	17	223	0.043	15	0.053	0.010
	18	249	0.064	15	0.076	0.012
	20	255	0.046	16	0.051	0.005
	58	255	0.041	12	0.058	0.017
	68	163	0.056	16	0.054	-0.002
	69	168	0.063	13	0.056	-0.007
	71	176	0.044	12	0.045	0.001
	22	155	0.058	20	0.058	0.000

Dall'analisi dei livelli di BAC a 20 minuti dalla somministrazione (Figura 3.1), una delle differenze maggiormente apprezzabili tra i due vini sta nel fatto che il vino biodinamico ($M = 0.047$ g/dl; $DS = 0.018$ g/dl) ha prodotto dei valori di BAC molto più dispersi rispetto il vino commerciale ($M = 0.049$ g/dl; $DS = 0.011$ g/dl). I livelli di BAC registrati al termine del test drive (Figura 3.2), sono sensibilmente maggiori di quelli ottenuti a 20 minuti dall'assunzione dei due vini. Si apprezza una ridotta dispersione dei dati sia per il gruppo A ($M = 0.047$ g/dl; $DS = 0.015$ g/dl) sia per il gruppo B ($M = 0.055$ g/dl; $DS = 0.009$ g/dl).

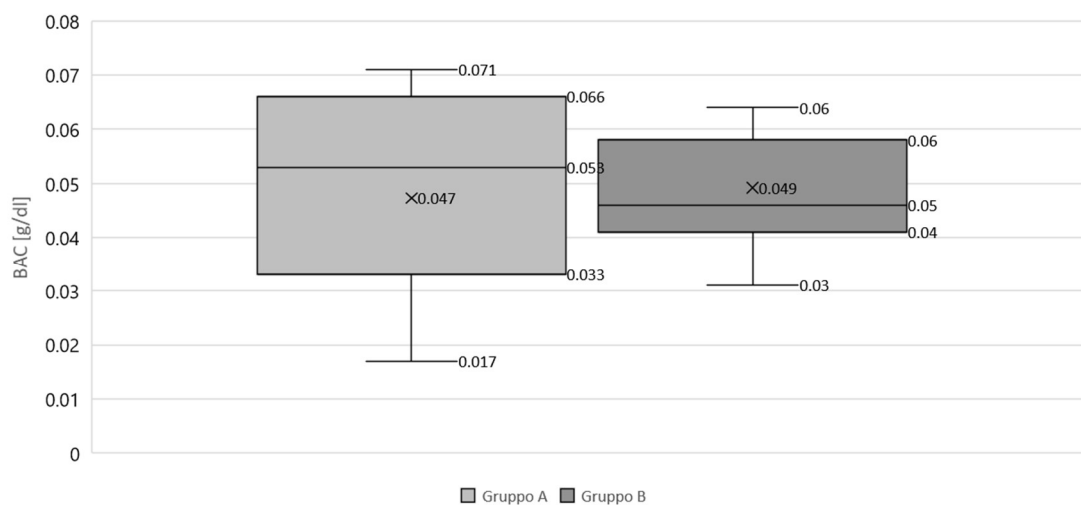


Figura 3.1. Livelli di BAC pre-test

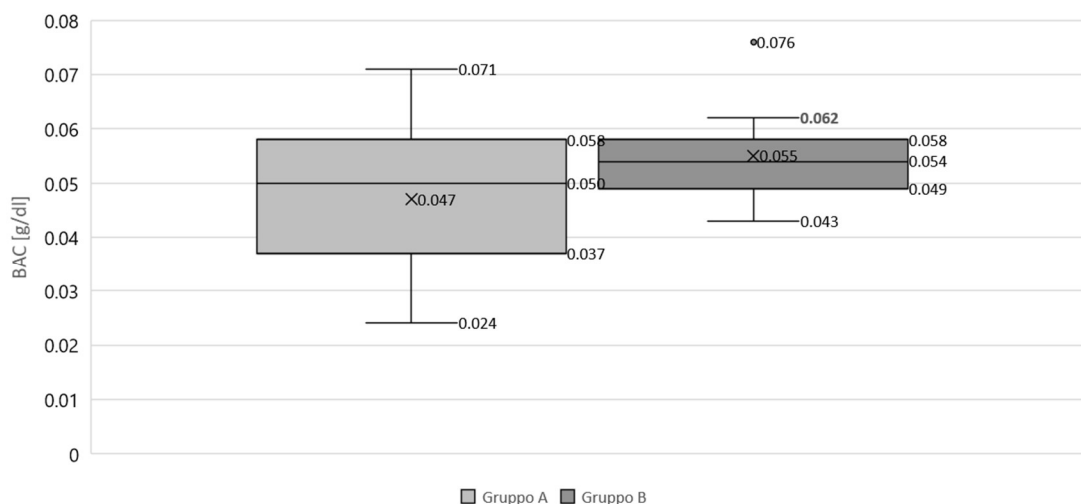


Figura 3.2. Livelli di BAC post-test

L'analisi statistica dei dati non ha evidenziato alcuna differenza sia con il metodo dell'intervallo di confidenza che con il metodo del t-test. Pertanto, i livelli di BAC registrati nei partecipanti del gruppo A e del gruppo B sono rappresentativi della stessa popolazione. Dimostrando che il quantitativo di alcol contenuto all'interno dei due vini ha sortito il medesimo effetto nei confronti di tutti i partecipanti (analisi statistica in Tabella 3.3).

Tabella 3.3. Analisi statistica dei livelli di BAC pre-test e post test

	GRUPPO B VS GRUPPO A	
	BAC a t = 20 min.	BAC alla fine del test
SXM1-XM2	0.00657	0.00530
XM1-XM2	0.002	0.008
CI95 -	-0.01180	-0.00306
CI95 +	0.01562	0.01906
t	0.290	1.509
G.D.L.	20	20
p value (5%)	0.7748	0.1469

3.3 I test cognitivi

L'analisi statistica dei risultati prodotti dai test cognitivi non ha evidenziato differenze nette tra i gruppi, ad eccezione dei test uditivi pre-guida. Il grado di alterazione cognitiva, misurata dai test di percezione e reazione semplici (presenza di un solo stimolo al quale deve essere data risposta), indotta dal consumo di un bicchiere di vino non è eccessivamente debilitante. I test visivi registrati nel pre-guida mostrano delle lievi differenze tra i gruppi, il dato più significativo è dato dalla dispersione dei tempi di reazione visivi del gruppo A (Figura 3.3).

Nel post-guida si può apprezzare una maggiore dispersione dei dati del gruppo B, inoltre i partecipanti dei gruppi C e di controllo hanno prodotto dei risultati tendenzialmente migliori e meno dispersi (Figura 3.4).

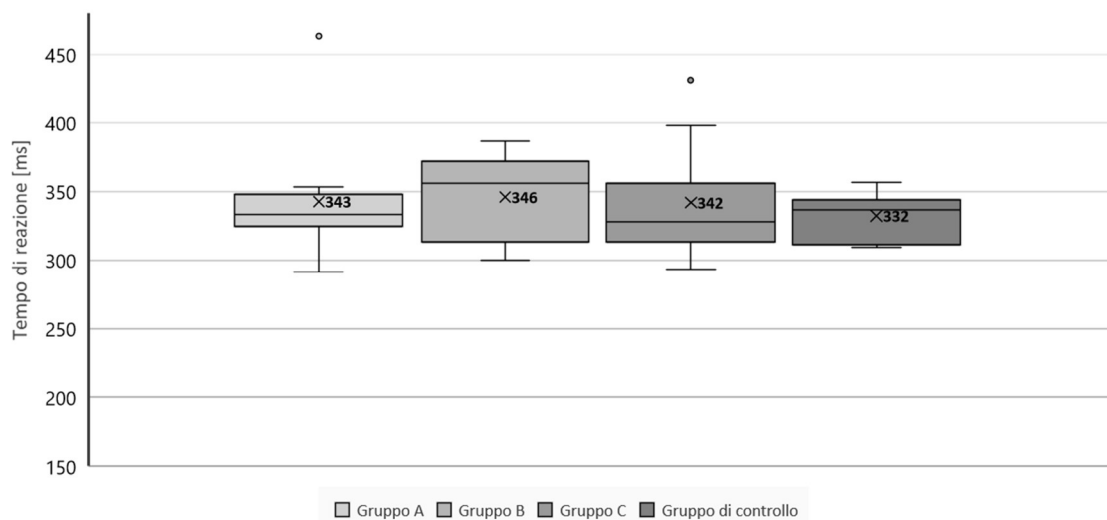


Figura 3.3. Tempi di reazione dei test visivi pre-guida

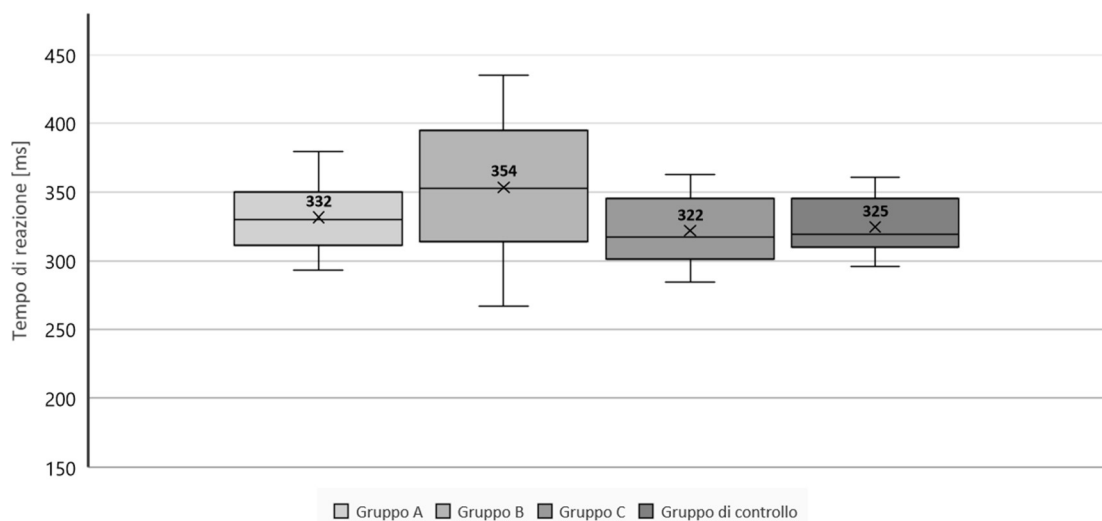


Figura 3.4. Tempi di reazione dei test visivi post-guida

L'analisi dei test uditivi pre-guida ha mostrato prestazioni migliori per il gruppo di controllo. Il gruppo C sembrerebbe trovarsi in una condizione intermedia tra il gruppo di controllo e i gruppi A e B (Figura 3.5). Tale risultato porta alla conclusione che l'intossicazione alcolica incida maggiormente le capacità uditive piuttosto che quelle visive. Anche l'analisi statistica conferma la suddetta differenza tra i gruppi, infatti utilizzando il metodo del t-test e dell'intervallo di confidenza (vedi Tabella 3.4, Tabella 3.5) in entrambi i casi la *null hypothesis* è non plausibile. Questo risultato è in linea con quanto riportato in Tabella 2.1 (Moskowitz et al., 2000), dove per valori di BAC pari a 0.05 g/dl si manifesta un allungamento dei tempi di reazione.

I risultati dei test uditivi post-guida evidenziano una situazione ben diversa dalla precedente, in cui è stato osservato un miglioramento delle capacità cognitive per partecipanti dei gruppi A e B (Figura 3.6). È importante sottolineare che tale miglioramento non deriva esclusivamente da prestazioni più performanti (pochi millisecondi), ma anche dal confronto dei risultati con il gruppo di controllo che rappresenta il metro di paragone. Ciò non può essere dovuto ad un decadimento del BAC poiché nella maggior parte dei casi, al termine della prova, i livelli di BAC dei partecipanti sono aumentati. L'unica considerazione possibile è che la prova abbia stimolato i partecipanti, migliorando il grado di attenzione agli stimoli esterni.

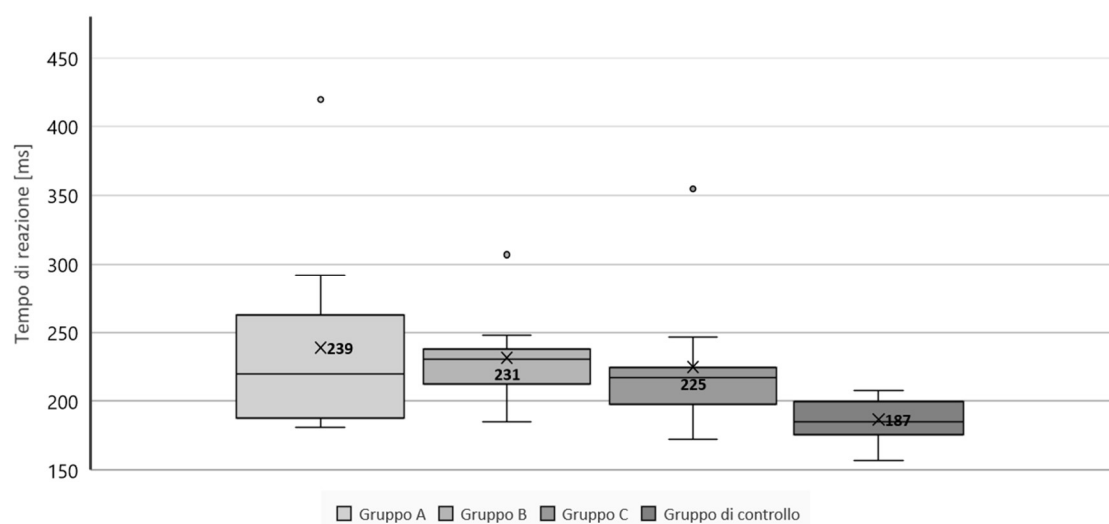


Figura 3.5. Tempi di reazione dei test uditivi pre-guida

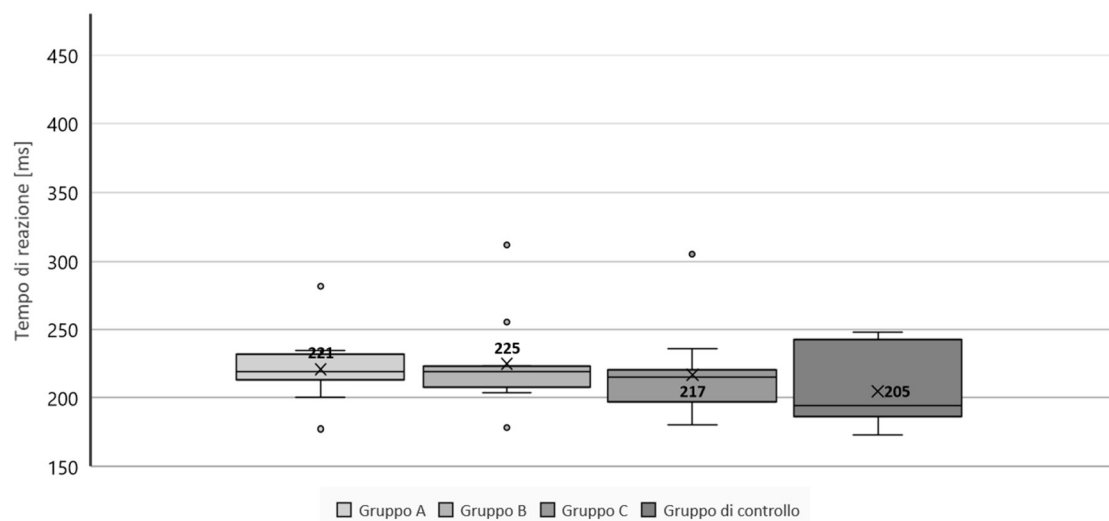


Figura 3.6. Tempi di reazione dei test uditivi post-guida

Tabella 3.4. Analisi statistica dei test cognitivi pre-guida e post-guida (1/2)

Gruppo B vs Gruppo A						
	BAC t = 20 min.	TR Visivo [ms]	TR uditivo [ms]	BAC fine test	TR Visivo [ms]	TR uditivo [ms]
SXM1-XM2	0.007	16.30	22.86	0.005	17.62	12.85
XM1-XM2	0.002	3.33	-7.38	0.008	22.01	3.72
CI95 -	-0.012	-30.67	-55.06	-0.003	-14.75	-23.08
CI95 +	0.016	37.33	40.30	0.019	58.77	30.53
t	0.290	0.204	-0.323	1.509	1.249	0.290
G.D.L.	20	20	20	20	20	20
p value (5%)	0.7748	0.8404	0.7500	0.1469	0.2261	0.7748

Gruppo B vs Gruppo C						
	BAC t = 20 min.	TR Visivo [ms]	TR uditivo [ms]	BAC fine test	TR Visivo [ms]	TR uditivo [ms]
SXM1-XM2	-	15.63	17.04	-	17.25	14.42
XM1-XM2	-	3.81	6.74	-	31.55	7.91
CI95 -	-	-28.80	-28.81	-	-4.44	-22.17
CI95 +	-	36.42	42.29	-	67.54	37.99
t	-	0.244	0.395	-	1.828	0.548
G.D.L.	-	20	20	-	20	20
p value (5%)	-	0.8097	0.6970	-	0.0825	0.5898

Gruppo B vs Gruppo di controllo						
	BAC t = 20 min.	TR Visivo [ms]	TR uditivo [ms]	BAC fine test	TR Visivo [ms]	TR uditivo [ms]
SXM1-XM2	-	10.90	10.23	-	16.88	13.16
XM1-XM2	-	13.50	44.73	-	28.95	19.97
CI95 -	-	-9.23	23.39	-	-6.27	-7.49
CI95 +	-	36.23	66.07	-	64.16	47.43
t	-	1.239	4.373	-	1.714	1.517
G.D.L.	-	20	20	-	20	20
p value (5%)	-	0.2297	0.0003	-	0.102	0.1449

Risultati e analisi

Tabella 3.5. Analisi statistica dei test cognitivi pre-guida e post guida (2/2)

Gruppo A vs Gruppo C						
	BAC t = 20 min.	TR Visivo [ms]	TR uditivo [ms]	BAC fine test	TR Visivo [ms]	TR uditivo [ms]
SXM1-XM2	-	18.05	25.38	-	11.03	12.63
XM1-XM2	-	0.48	14.12	-	9.54	4.18
CI95 -	-	-37.18	-38.82	-	-13.47	-22.16
CI95 +	-	38.14	67.05	-	32.54	30.52
t	-	0.027	0.556	-	0.865	0.331
G.D.L.	-	20	20	-	20	20
p value (5%)	-	0.9787	0.5844	-	0.3973	0.7441

Gruppo A vs Gruppo di controllo						
	BAC t = 20 min.	TR Visivo [ms]	TR uditivo [ms]	BAC fine test	TR Visivo [ms]	TR uditivo [ms]
SXM1-XM2	-	14.15	21.40	-	10.44	11.17
XM1-XM2	-	10.17	52.11	-	6.94	16.25
CI95 -	-	-19.35	7.46	-	-14.85	-7.06
CI95 +	-	39.69	96.76	-	28.72	39.55
t	-	0.719	2.435	-	0.664	1.454
G.D.L.	-	20	20	-	20	20
p value (5%)	-	0.4805	0.0244	-	0.5143	0.1615

Gruppo C vs Gruppo di controllo						
	BAC t = 20 min.	TR Visivo [ms]	TR uditivo [ms]	BAC fine test	TR Visivo [ms]	TR uditivo [ms]
SXM1-XM2	-	13.38	15.04	-	9.81	12.95
XM1-XM2	-	9.69	37.99	-	-2.60	12.06
CI95 -	-	-18.22	6.62	-	-23.06	-14.95
CI95 +	-	37.60	69.36	-	17.86	39.07
t	-	0.724	2.526	-	-0.265	0.932
G.D.L.	-	20	20	-	20	20
p value (5%)	-	0.4774	0.0201	-	0.7937	0.3625

3.4 I dati biometrici

I grafici relativi alla variazione di temperatura e di conduttanza (sudorazione), riportati in questo paragrafo, fanno riferimento a scale temporali differenti, ovvero al tempo impiegato per la conclusione della prova di ogni partecipante. Soltanto le mediane dei singoli gruppi sono state normalizzate e riportate in un unico grafico, al fine di garantire una migliore lettura dei dati aggregati.

La sudorazione è stata misurata attraverso i valori di conduttanza cutanea registrati durante la prova. La conduttanza misura la conducibilità elettrica di una soluzione di ioni, in questo caso del sudore. L'unità di misura della conduttanza nel sistema internazionale è il siemens ($S = \text{ohm}^{-1}$).

3.4.1 Variazione di temperatura

Dall'analisi si osservano elevate variazioni di temperatura per i partecipanti dei gruppi B e di controllo, in alcuni casi si raggiunge una variazione positiva di 1 °C o superiore (Figura 3.8 e Figura 3.10). I gruppi A e C non mostrano differenze significative, alcuni partecipanti del gruppo A hanno manifestato variazioni di temperatura negative, con valori pari o inferiori a -0.6 °C (Figura 3.7 e Figura 3.9). Il test drive e la somministrazione dei due vini, biodinamico e commerciale, hanno prodotto differenze significative tra i gruppi, ma non si esclude che tali differenze siano correlate maggiormente alle caratteristiche fisiologiche dei guidatori piuttosto che al quantitativo di alcol somministrato.

È difficile dare un'interpretazione a questi dati, di sicuro sono singolari le similitudini tra i gruppi A–C e B–Gruppo di controllo, maggiormente apprezzabili dal confronto tra le mediane normalizzate (Figura 3.11).

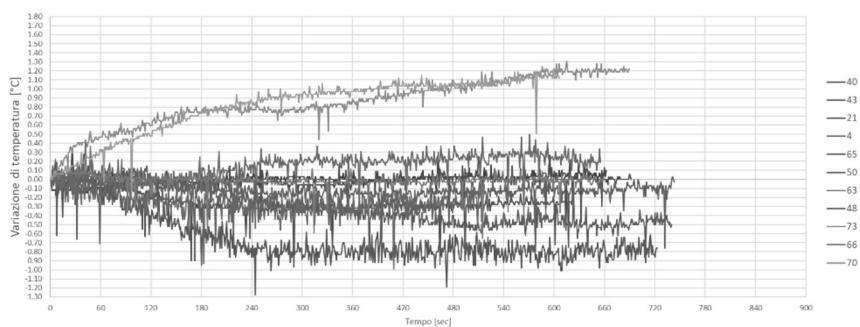


Figura 3.7. Variazione di temperatura dei partecipanti del gruppo A

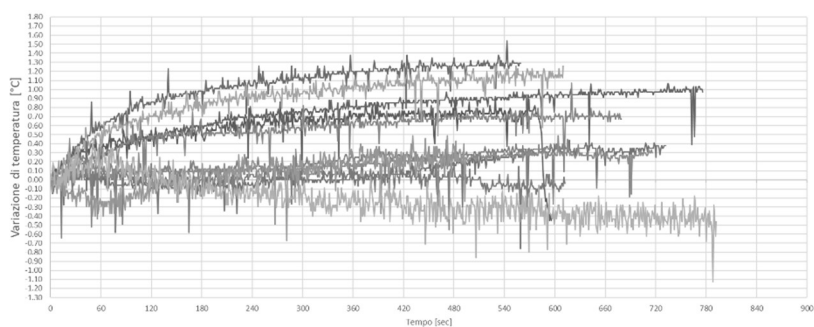


Figura 3.8. Variazione di temperatura dei partecipanti del gruppo B

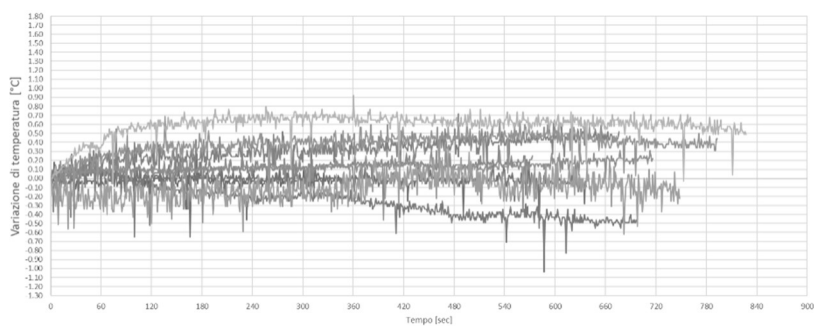


Figura 3.9. Variazione di temperatura dei partecipanti del gruppo C

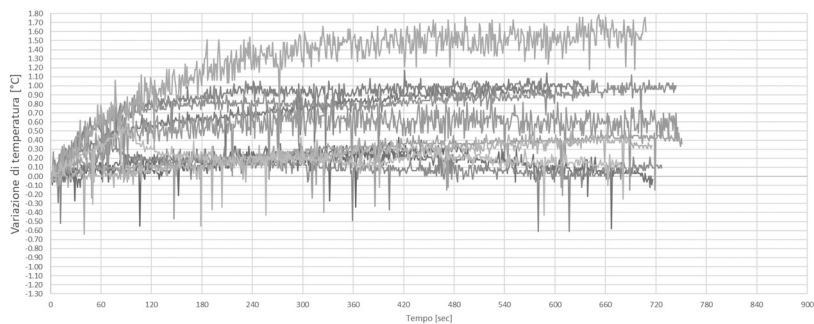


Figura 3.10. Variazione di temperatura dei partecipanti del gruppo di controllo

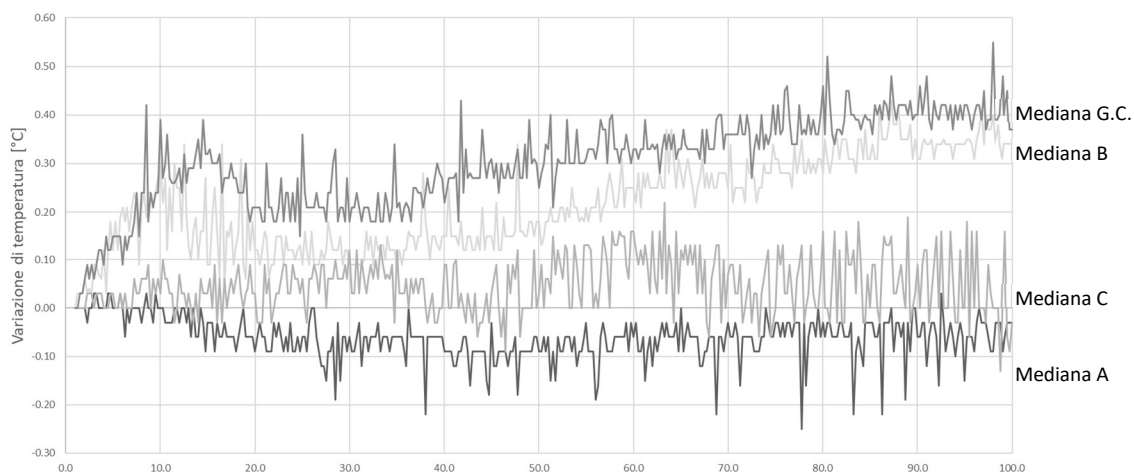


Figura 3.11. Confronto tra le mediane della variazione di temperatura normalizzate nel tempo

3.4.2 Attività galvanometrica della pelle

A causa di un mal funzionamento della strumentazione, purtroppo non è stato possibile misurare i valori di conduttanza dei partecipanti: 8, 20, 39, 71 (gruppo B); 48 (gruppo A); 81, 87 e 84 (gruppo di controllo). La mancanza dei dati di 8 partecipanti, per la maggior parte dei gruppi B e di controllo (Figura 3.13 e in Figura 3.15), costituisce un importante vincolo nell'interpretazione dei risultati. Il confronto tra le mediane normalizzate mostra dei valori di conduttanza simili per tutti i gruppi (Figura 3.16). Analizzando singolarmente i gruppi non si evidenziano peculiarità, alcuni partecipanti dei gruppi A e C hanno manifestato una sudorazione più abbondante rispetto gli altri (Figura 3.12 e Figura 3.14), ma nulla di più. In questo caso non è stata determinata alcuna correlazione tra il BAC e la sudorazione, dimostrando che il processo di metabolizzazione dell'alcol, per i livelli di BAC osservati, non produce alcun significativo aumento/diminuzione della sudorazione. Di conseguenza, l'organismo sfrutta la sudorazione come canale di smaltimento dell'etanolo, ma non ne velocizza il processo.

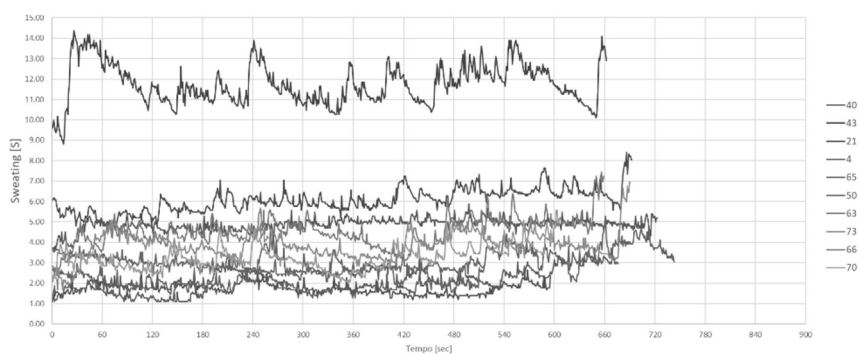


Figura 3.12. Valori di conduttanza dei partecipanti del gruppo A

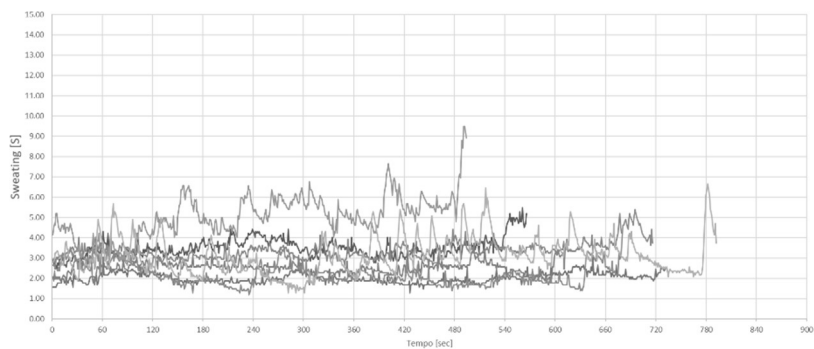


Figura 3.13. Valori di conduttanza dei partecipanti del gruppo B

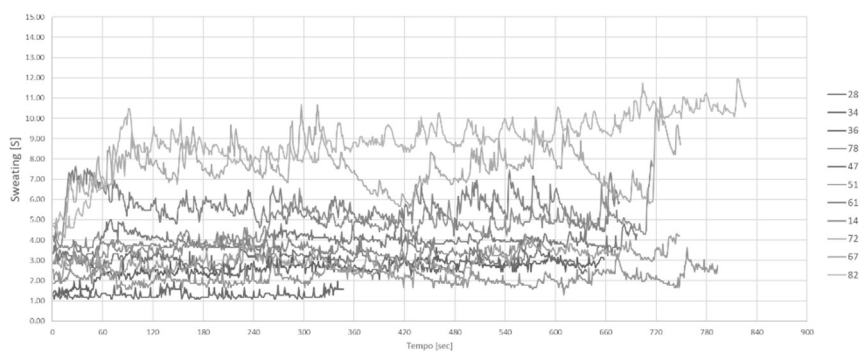


Figura 3.14. Valori di conduttanza dei partecipanti del gruppo C

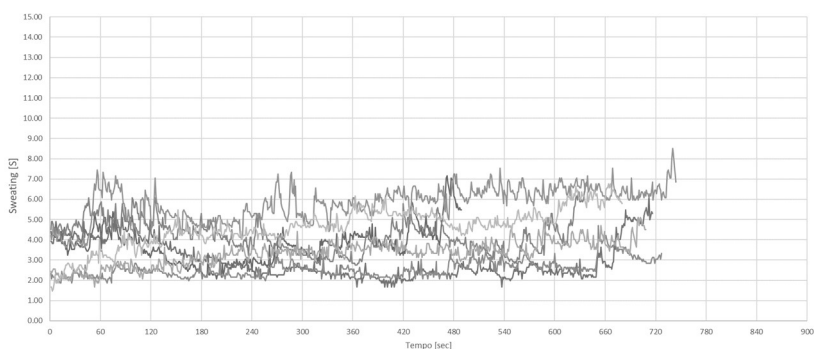


Figura 3.15. Valori di conduttanza dei partecipanti del gruppo di controllo

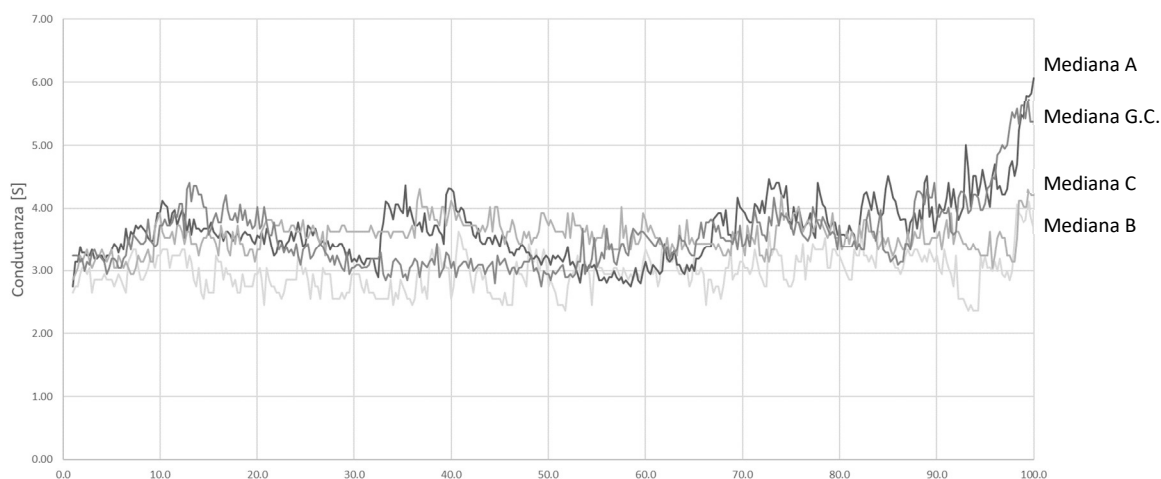


Figura 3.16. Confronto tra le mediane delle conduttanze normalizzate

3.4.3 Frequenza cardiaca e percentuale di ossigeno nel sangue

L'analisi sulla percentuale di ossigeno nel sangue non ha mostrato alcuna differenza tra i gruppi, nella maggior parte dei casi i valori registrati si sono mantenuti tra il 97% e il 99% (Tabella 3.6). Per quanto riguarda la frequenza cardiaca sono state valutate le differenze tra i valori di frequenza cardiaca post-test meno quelli pre-test. 26 dei 44 partecipanti hanno manifestato un aumento di frequenza cardiaca. Dal confronto dei risultati (Figura 3.17) e dall'analisi statistica dei dati, non sono state osservate particolari differenze in merito a quest'ultimo parametro.

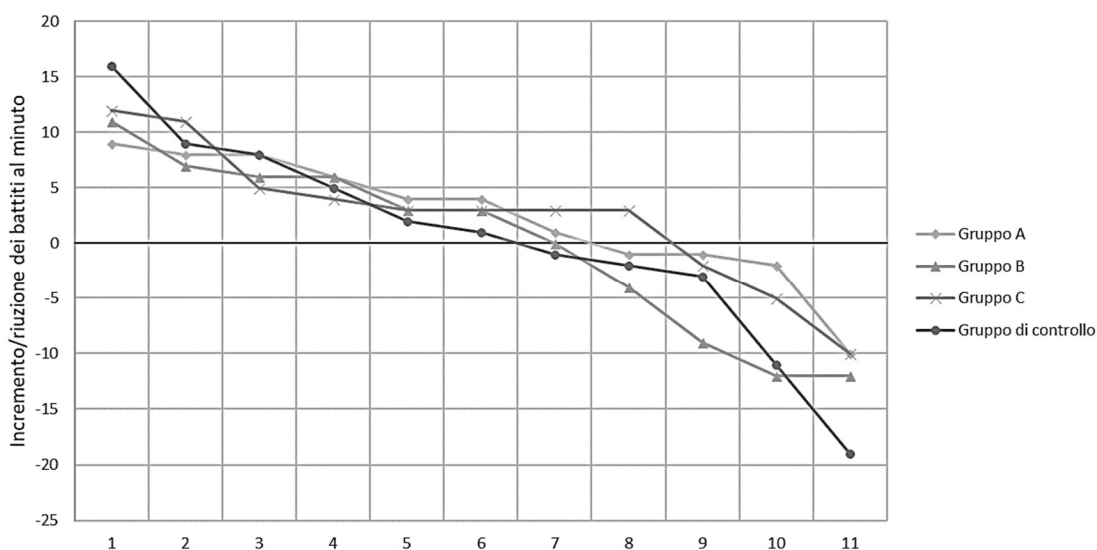


Figura 3.17. Confronto della differenza di frequenza cardiaca post-test meno pre-test

Risultati e analisi

Tabella 3.6. Confronto tra frequenza cardiaca, percentuale di ossigeno nel sangue pre-test e post-test

GRUPPO	ID	BAC t= 20 min. [g/dl]	Freq. cardiaca	Oxigen [%]	Durata dal test [min.]	BAC alla fine del test [g/dl]	Freq. cardiaca	Oxigen [%]	Δ freq. cardiaca
A	40	0.021	57	99	21	0.025	61	97	4
	43	0.066	65	99	21	0.057	64	98	-1
	21	0.017	93	97	22	0.024	102	97	9
	4	0.037	76	99	19	0.038	77	99	1
	65	0.071	72	98	19	0.071	78	96	6
	63	0.056	80	98	21	0.059	78	98	-2
	50	0.033	74	97	17	0.041	82	98	8
	48	0.059	63	98	20	0.058	71	98	8
	73	0.067	71	98	18	0.05	75	98	4
	66	0.04	87	97	17	0.037	77	97	-10
B	70	0.053	79	98	15	0.057	78	98	-1
	64	0.058	69	99	10	0.062	72	99	3
	39	0.031	74	98	16	0.043	80	98	6
	8	0.037	76	99	11	0.049	79	99	3
	17	0.043	69	98	15	0.053	60	97	-9
	18	0.064	73	98	15	0.076	84	98	11
	20	0.046	65	97	16	0.051	72	97	7
	58	0.041	93	98	12	0.058	99	99	6
	68	0.056	92	99	16	0.054	80	99	-12
	69	0.063	74	99	13	0.056	70	99	-4
C	71	0.044	104	98	12	0.045	104	98	0
	22	0.058	106	98	20	0.058	94	97	-12
	28	0	67	99	17	0	70	99	3
	34	0	68	99	18	0	58	99	-10
	36	0	60	99	17	0	58	99	-2
	78	0	56	97	15	0	60	99	4
	47	0	66	98	18	0	69	97	3
	51	0	75	99	16	0	87	99	12
	61	0	99	98	20	0	110	98	11
	14	0	100	99	20	0	95	99	-5
G.C.	72	0	83	98	20	0	86	99	3
	67	0	53	98	20	0	58	98	5
	82	0	101	85	17	0	104	99	3
	75	0	69	93	12	0	71	99	2
	76	0	70	99	22	0	75	99	5
	77	0	71	98	15	0	80	98	9
	86	0	63	97	12	0	79	97	16
	79	0	64	99	12	0	63	98	-1
	80	0	69	98	18	0	67	97	-2
	81	0	69	99	15	0	77	99	8
	87	0	93	99	19	0	94	97	1
	83	0	93	99	15	0	74	99	-19
	84	0	96	99	13	0	85	99	-11
	85	0	88	99	17	0	85	98	-3

3.5 Analisi dei risultati sulle reazioni agli ostacoli puntuali

Sono stati esclusi da questa analisi i partecipanti: 75, 87 (gruppo di controllo) e 28 (gruppo C). Il motivo di tale decisione sta nell'atteggiamento mostrato nei confronti della prova, nonostante fosse stato precisato che si sarebbe dovuto mantenere un comportamento quanto più fedele alla realtà, i suddetti hanno mostrato poca serietà nei riguardi della prova, guidando come si farebbe in un videogioco.

3.5.1 Lavori in corso sulla banchina

L'ostacolo, visibile a molti metri di distanza, è posizionato poco prima dell'ingresso in una curva destrorsa, sulla banchina. Il gruppo A ($M = 1.71$ m; $DS = 0.3$ m) e il gruppo B ($M = 1.72$ m; $DS = 0.4$ m) presentano delle distribuzioni molto simili, le loro medie e mediane sono molto prossime al centro della corsia. Dal confronto con i gruppi C ($M = 1.65$ m; $DS = 0.32$ m) e di controllo ($M = 1.75$ m; $DS = 0.45$ m) notiamo una dispersione dei dati molto simile: i partecipanti hanno ingaggiato l'ostacolo con leggerezza, scegliendo di posizionarsi dove a loro più congeniale. Sembrerebbe che l'intossicazione alcolica abbia spinto alcuni partecipanti a sovrastimare la distanza trasversale da mantenere per il superamento dell'ostacolo, posizionandosi il più possibile al centro della corsia (Figura 3.18). Anche l'analisi statistica conferma l'appartenenza dei dati alla stessa popolazione (Tabella 3.7 e Tabella 3.8).

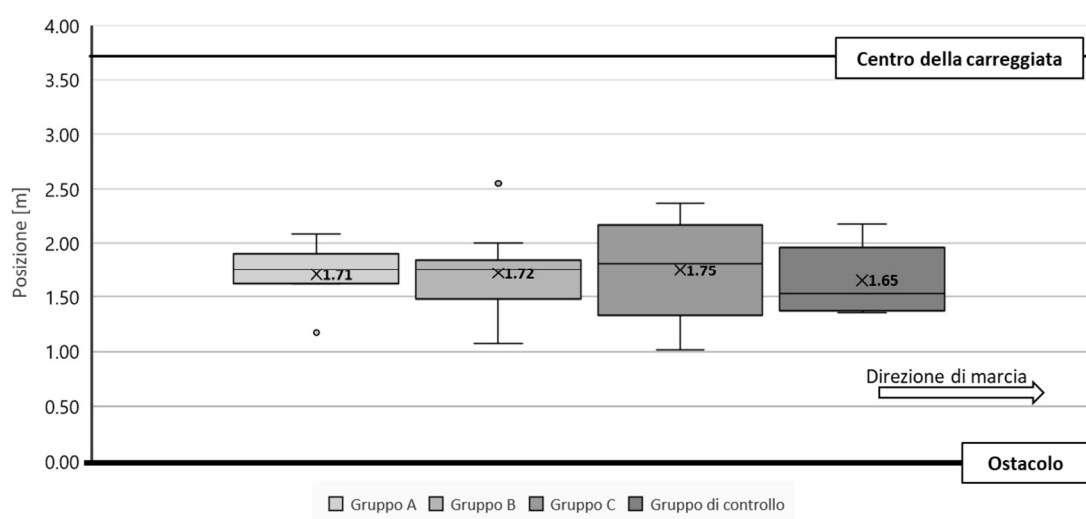


Figura 3.18. Distanza dai lavori in corso sulla banchina

Tabella 3.7. Analisi statistica della distanza trasversale tra il baricentro del veicolo e l'ostacolo (1/2)

DISTANZA DALL'OSTACOLO (PROGRESSIVA 321 m)			
	Gruppo B vs Gruppo A	Gruppo B vs Gruppo C	Gruppo B vs Gruppo di controllo
SXM1-XM2	0.15	0.19	0.16
XM1-XM2	0.01	-0.03	0.07
CI95 -	-0.30	-0.42	-0.27
CI95 +	0.32	0.35	0.40
t	0.065	-0.176	0.424
G.D.L.	20	19	18
p value (5%)	0.9488	0.8622	0.6766

Tabella 3.8 Analisi statistica della distanza trasversale tra il baricentro del veicolo e l'ostacolo (2/2)

DISTANZA DALL'OSTACOLO (PROGRESSIVA 321 m)			
	Gruppo A vs Gruppo di controllo	Gruppo C vs Gruppo di controllo	Gruppo A vs gruppo C
SXM1-XM2	0.14	0.18	0.17
XM1-XM2	0.06	0.10	-0.04
CI95 -	-0.23	-0.27	-0.39
CI95 +	0.35	0.47	0.31
t	0.418	0.570	-0.254
G.D.L.	18	17	19
p value (5%)	0.6809	0.5761	0.8022

3.5.2 Furgone parcheggiato in sosta vietata

Il furgone parcheggiato al termine della curva ha spinto i partecipanti ad ingaggiare l'ostacolo in tempi molto ristretti. È stato possibile misurare i tempi di: rilascio completo dell'acceleratore; pressione del pedale del freno; azione di sterzata sul volante (analisi statistica in Tabella 3.9 e Tabella 3.10).

Come mostrato in Figura 3.19, i tempi di reazione sono abbastanza diversi tra loro. Per quanto riguarda la pressione del pedale del freno è possibile dire molto poco, infatti, come mostrato anche in Figura 3.20, pochi partecipanti hanno reagito premendo il pedale del freno. Il dato più rilevante in questo caso è il tempo di sterzata, cioè il tempo impiegato dai partecipanti per modificare la propria traiettoria ed allontanarsi dall'ostacolo. La maggior parte dei partecipanti del gruppo A hanno reagito con tempi di sterzata uguali o maggiori ai 4 s. Alcuni partecipanti del gruppo B hanno evidenziato tempi di sterzata elevati per velocità comprese tra i 50 e i 70 km/h e per valori di BAC compresi tra i 0.05-0.06 g/dl. I partecipanti dei gruppi C e di controllo hanno manifestato tempi di sterzata tendenzialmente minori, inoltre 3 dei 10 partecipanti del gruppo C non hanno compiuto nessuna delle azioni oggetto di analisi.

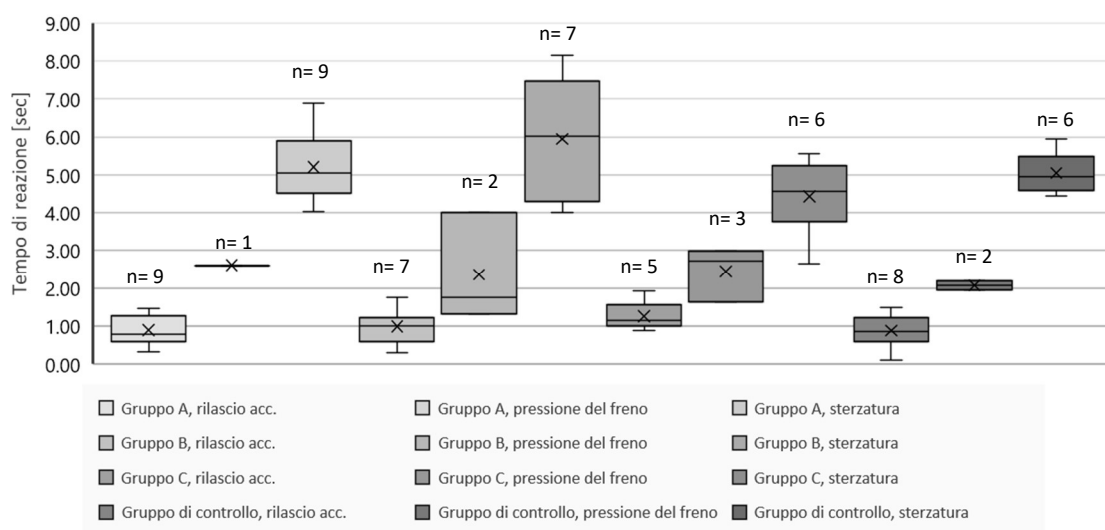


Figura 3.19. Tempi di reazione per il superamento del furgone parcheggiato in sosta vietata (valori assoluti, cioè misurati a partire dall'avvistamento dell'ostacolo).

Nota: "n" numero di partecipanti che hanno compiuto una delle azioni oggetto di analisi

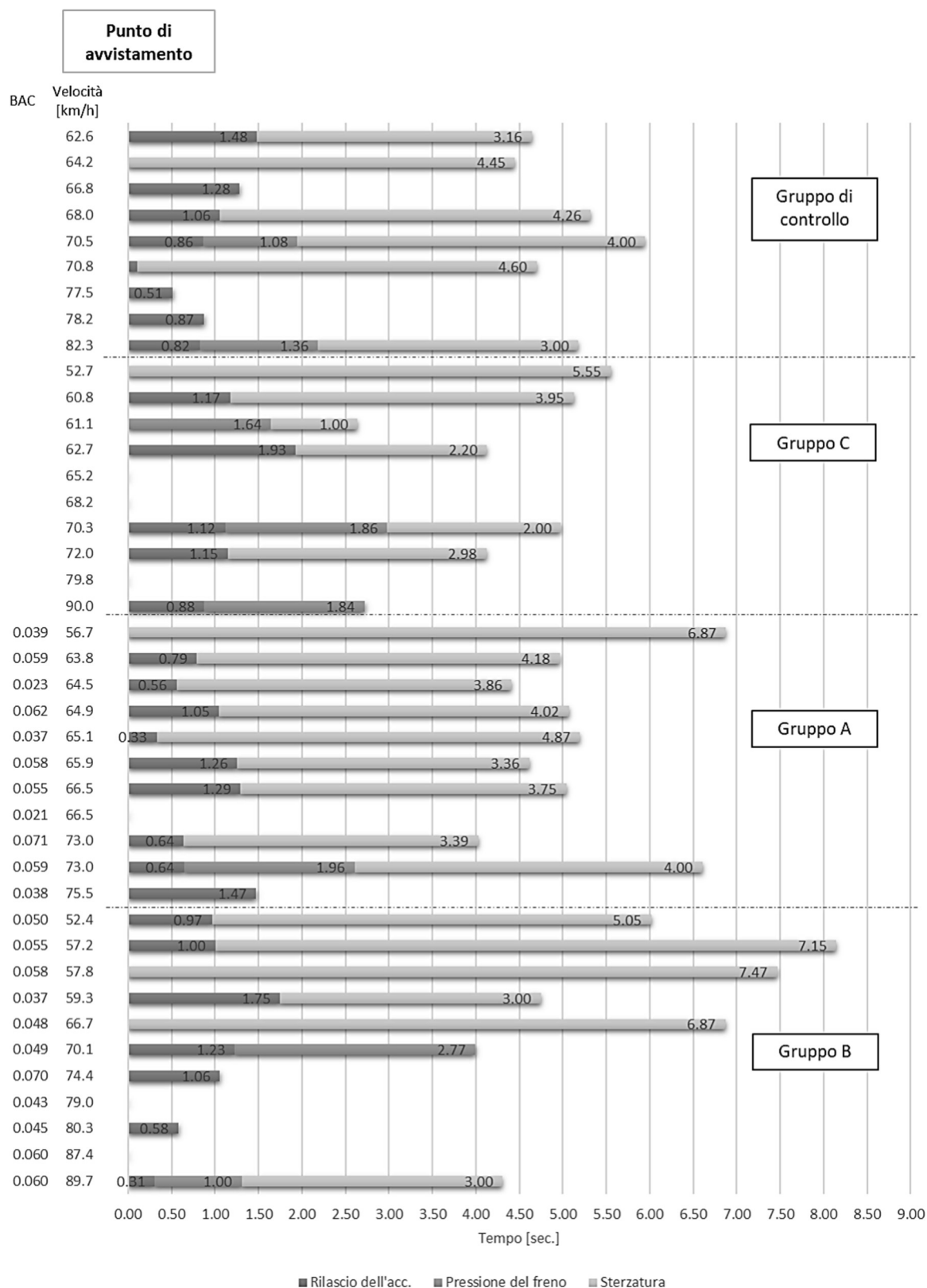


Figura 3.20. Tempi di reazione nei confronti del furgone parcheggiato in sosta vietata (valori relativi), organizzati in ordine crescente di velocità registrata al momento dell'avvistamento dell'ostacolo. Dati mancanti indicano che il partecipante non ha compiuto nessuna delle tre azioni oggetto di analisi

Tabella 3.9. Analisi statistica dei tempi di reazione e degli spazi percorsi; ostacolo: furgone parcheggiato in sosta vietata (1/2)

Gruppo B vs Gruppo A						
Furgone parcheggiato in sosta vietata						
	Velocità a 2403 m [km/h]	Rilascio acceleratore		Sterzata		Distanza dall'ostacolo (2403 m)
		Tempo P&R [s]	Spazio [m]	Tempo P&R[s]	Spazio [m]	
SXM1-XM2	4.18	0.22	3.95	0.69	8.01	0.22
XM1-XM2	3.53	0.09	1.29	0.74	6.35	0.02
CI95 -	-5.18	-0.37	-7.18	-0.75	-10.83	-0.45
CI95 +	12.24	0.56	9.75	2.22	23.53	0.49
t	0.845	0.426	0.326	1.062	0.793	0.081
G.D.L.	20	14	14	14	14	20
p value (5%)	0.4081	0.6701	0.7498	0.3062	0.441	0.9362

Gruppo B vs Gruppo C						
Furgone parcheggiato in sosta vietata						
	Velocità a 2403 m [km/h]	Rilascio acceleratore		Sterzata		Distanza dall'ostacolo (2403 m)
		Tempo P&R [s]	Spazio [m]	Tempo P&R [s]	Spazio [m]	
SXM1-XM2	5.12	0.25	3.92	0.75	9.71	0.19
XM1-XM2	2.09	-0.27	-5.71	1.51	21.90	0.00
CI95 -	-8.62	-0.82	-14.46	-0.14	0.52	-0.40
CI95 +	12.80	0.29	3.03	3.16	43.29	0.40
t	0.408	-1.037	-1.381	1.9479	2.234	0.019
G.D.L.	19	10	10	11	11	19
p value (5%)	0.6878	0.3242	0.1974	0.0774	0.0472	0.985

Gruppo B vs Gruppo di controllo						
Furgone parcheggiato in sosta vietata						
	Velocità a 2403 m [km/h]	Rilascio acceleratore		Sterzata		Distanza dall'ostacolo (2403 m)
		Tempo P&R [s]	Spazio [m]	Tempo P&R [s]	Spazio [m]	
SXM1-XM2	4.47	0.23	4.00	0.66	7.80	0.21
XM1-XM2	-0.83	0.11	1.04	0.90	8.90	0.24
CI95 -	-10.23	-0.39	-7.60	-0.55	-7.48	-0.19
CI95 +	8.57	0.61	9.67	2.34	25.29	0.67
t	-0.186	0.477	0.259	1.366	1.142	1.157
G.D.L.	18	13	13	11	11	18
p value (5%)	0.8545	0.6413	0.7997	0.1992	0.2777	0.2624

Risultati e analisi

Tabella 3.10. Analisi statistica dei tempi di reazione e degli spazi percorsi; ostacolo: furgone parcheggiato in sosta vietata (2/2)

Gruppo A vs Gruppo C						
Furgone parcheggiato in sosta vietata						
	Velocità a 2403 m [km/h]	Rilascio acceleratore		Sterzata		Distanza dall'ostacolo (2403 m)
		Tempo P&R [s]	Spazio [m]	Tempo P&R [s]	Spazio [m]	
SXM1-XM2	3.71	0.22	3.69	0.53	7.80	0.21
XM1-XM2	-1.44	-0.36	-7.00	0.78	15.56	-0.01
CI95 -	-9.20	-0.84	-15.03	-0.37	-0.76	-0.46
CI95 +	6.33	0.12	1.03	1.92	31.87	0.44
t	-0.388	-1.621	-1.899	1.462	1.995	-0.068
G.D.L.	19	12	12	13	13	19
p value (5%)	0.7023	0.131	0.0819	0.1675	0.0674	0.9465

Gruppo A vs Gruppo di controllo						
Furgone parcheggiato in sosta vietata						
	Velocità a 2403 m [km/h]	Rilascio acceleratore		Sterzata		Distanza dall'ostacolo (2403 m)
		Tempo P&R [s]	Spazio [m]	Tempo P&R [s]	Spazio [m]	
SXM1-XM2	2.75	0.20	3.76	0.39	5.22	0.23
XM1-XM2	-4.36	0.02	-0.25	0.16	2.56	0.22
CI95 -	-10.14	-0.41	-8.27	-0.68	-8.72	-0.26
CI95 +	1.42	0.45	7.77	1.00	13.83	0.70
t	-1.584	0.089	-0.066	0.414	0.490	0.966
G.D.L.	18	15	15	13	13	18
p value (5%)	0.1306	0.9303	0.9482	0.6856	0.6323	0.3468

Gruppo C vs Gruppo di controllo						
Furgone parcheggiato in sosta vietata						
	Velocità a 2403 m [km/h]	Rilascio acceleratore		Sterzata		Distanza dall'ostacolo (2403 m)
		Tempo P&R [s]	Spazio [m]	Tempo P&R [s]	Spazio [m]	
SXM1-XM2	4.04	0.23	3.74	0.48	7.58	0.20
XM1-XM2	-2.92	0.38	6.75	-0.61	-13.00	0.23
CI95 -	-11.45	-0.14	-1.48	-1.69	-29.89	-0.18
CI95 +	5.61	0.89	14.98	0.46	3.89	0.65
t	-0.723	1.601	1.806	-1.275	-1.715	1.199
G.D.L.	17	11	11	10	10	17
p value (5%)	0.4795	0.1377	0.0983	0.2311	0.1171	0.2787

Dato che anche l'analisi statistica non ha evidenziato differenze significative per i tempi di rilascio dell'acceleratore e di pressione del freno, si è deciso di aggregare i gruppi A e B, ottenendo così un nuovo gruppo rappresentativo di quella popolazione alterata dal consumo di vino, e i gruppi C e di controllo, che rappresenta la popolazione in condizioni sobrie. In Figura 3.21 sono riportati i tempi di reazione in forma aggregata. Dal confronto si osserva come in i tempi di rilascio dell'acceleratore del gruppo A&B ($M = 0.93$ s; $DS = 0.41$ s) siano pressappoco gli stessi del gruppo C & controllo ($M = 1.02$ s; $SD = 0.44$ s). Situazione ben diversa per quanto riguarda i tempi di sterzata, dove il gruppo A&B ($M = 4.72$ s; $DS = 1.59$ s) ha manifestato tempi di reazione sullo sterzo superiori rispetto quelli del gruppo C & controllo ($M = 3.43$ s; $DS = 1.28$ s). Un altro dato estremamente significativo è dato dal confronto degli interquartili e dei valori estremi, che presentano differenze estremamente significative, spesso superiori al secondo. Tenendo in considerazione che i range di velocità erano pressappoco gli stessi per tutti i gruppi, a tempi di reazione così grandi corrispondono altrettanti metri percorsi (analisi statistica in Tabella 3.11).

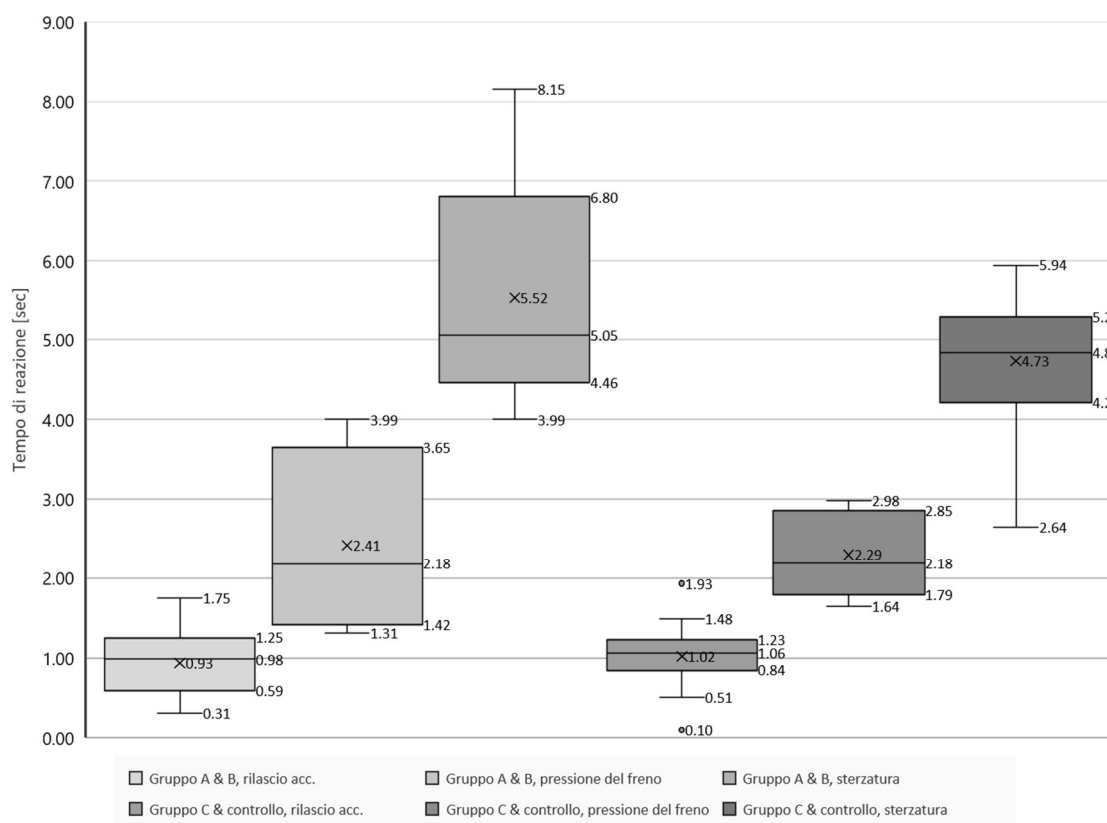


Figura 3.21. Tempi di reazione per il superamento del furgone parcheggiato in sosta vietata, dati aggregati (valori assoluti, cioè misurati a partire dall'avvistamento dell'ostacolo)

Tabella 3.11. Analisi statistica dei dati aggregati; ostacolo: furgone parcheggiato in sosta vietata

Gruppo A&B vs Gruppo C& Controllo						
Furgone parcheggiato in sosta vietata						
	Velocità a 2403 m [km/h]	Rilascio acceleratore		Sterzata		Distanza dall'ostacolo (2403 m)
		Tempo P&R [s]	Spazio [m]	Tempo P&R [s]	Spazio [m]	
SXM1-XM2	2.91	0.16	2.83	0.41	5.54	0.15
XM1-XM2	-1.06	-0.09	-2.28	0.79	11.83	0.11
CI95 -	-6.94	-0.42	-8.08	-0.04	0.49	-0.19
CI95 +	4.82	0.24	3.52	1.62	23.18	0.40
t	-0.364	-0.537	-0.808	1.935	2.136	0.719
G.D.L.	39	27	27	26	26	39
p value (5%)	0.7178	0.5957	0.4262	0.0639	0.0399	0.4764

I risultati hanno evidenziato un allungamento dei tempi di reazione riconducibili allo stato di intossicazione indotto dall'alcol. Bisogna comunque notare che i quattro partecipanti più veloci del gruppo B, hanno manifestato tempi di reazione ottimi o addirittura non hanno preso alcuna contromisura, superando l'ostacolo con facilità. Tale singolarità potrebbe essere correlata a bassi valori di BAC (0.043 g/dl e 0.045 g/dl) per due dei quattro partecipanti, ma è difficile interpretare i risultati degli altri due, entrambi con un BAC di 0.06 g/dl. Una possibile spiegazione sta nell'altezza del muro laterale, che impedisce soltanto parzialmente la visione del furgone parcheggiato. È dunque possibile che i partecipanti abbiano riconosciuto l'ostacolo prima ancora degli altri, mostrando un grado di attenzione superiore alla media.

L'ultima analisi in merito a questa tipologia di ostacolo ha interessato la distanza trasversale tra il veicolo e il furgone in sosta. Anche in questo caso è evidente come i partecipanti dei gruppi A ($M = 3.1$ m) e B ($M = 3.1$ m) abbiano superato l'ostacolo mantenendo una distanza di sicurezza superiore rispetto al gruppo di controllo ($M = 2.86$ m). In questo caso il gruppo C ($M = 3.9$ m) ha manifestato un comportamento più simile ai gruppi A e B (Figura 3.22). Quest'ultimo risultato dimostra come i partecipanti del gruppo C, condizionati dall'idea di essere di aver assunto vino alcolico, abbiano deciso di ingaggiare l'ostacolo con maggiore prudenza e distanziandosi il più possibile da quest'ultimo.

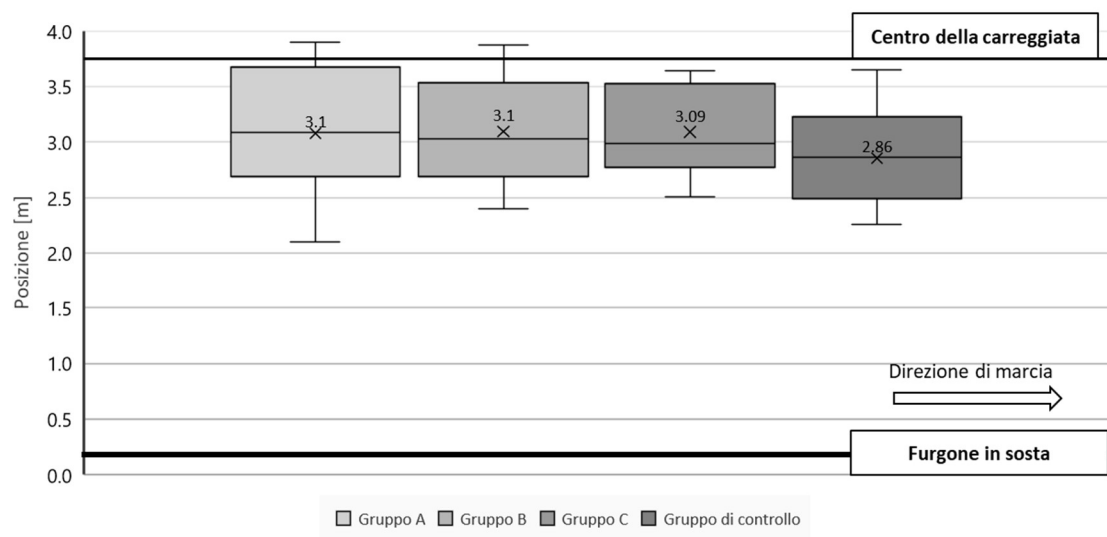


Figura 3.22. Distanza trasversale tra il baricentro geometrico del veicolo e la fiancata del furgone in sosta

3.5.3 Coda di veicoli al termine del tracciato

A differenza del precedente ostacolo, la coda di veicoli era completamente invisibile fino alla progressiva 9350 m. Una precisazione è dovuta, essendo il raggio della curva molto grande (ultima curva del tratto 8, lunghezza 562 m, raggio 430 m; vedi Figura 2.28), alcuni partecipanti hanno percepito e interpretato l'ostacolo con delle tempistiche fortemente influenzate dalla velocità. In Figura 3.23, è possibile osservare i tempi di reazione prodotti dai partecipanti dei singoli gruppi, misurati dalla progressiva 9350 m (analisi statistica in Tabella 3.12 e Tabella 3.13). Nessuno dei partecipanti ha urtato il cofano paraurti posteriore dell'ultima auto in coda, riuscendo ad arrestare il veicolo in tempo. Si è deciso, anche per questa tipologia di ostacolo, di aggregare i risultati, nel tentativo di comprendere se i tempi di reazione sono correlati all'assunzione di una specifica qualità di vino (contenuto di solfiti, etc.) oppure, più semplicemente, alla quantità di alcol contenuta all'interno della bevanda.

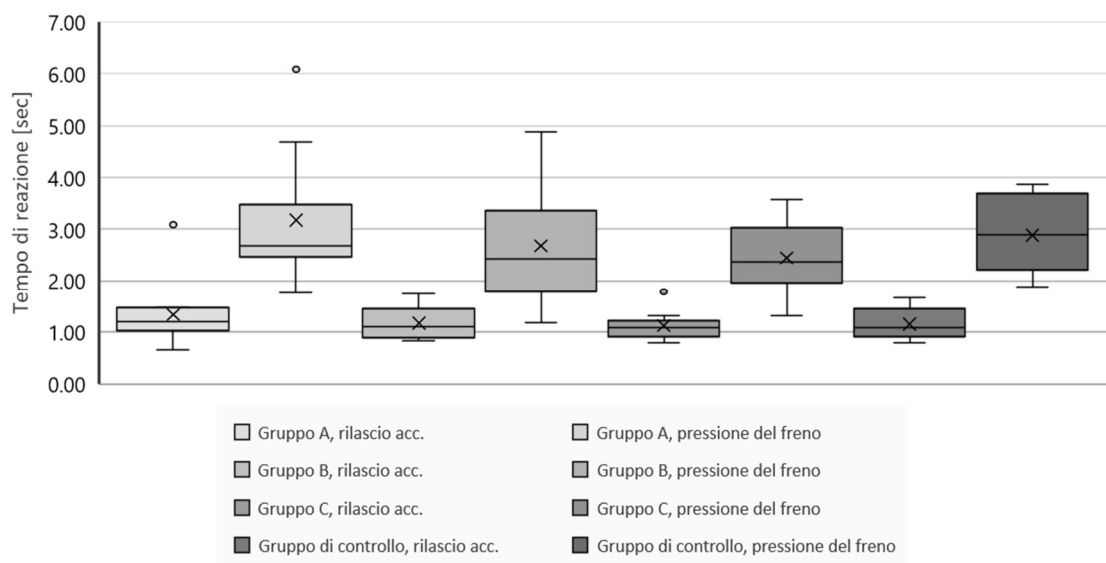


Figura 3.23 Tempi di reazione manifestati a causa della coda di veicoli alla fine del tracciato (valori assoluti, cioè misurati a partire dall'avvistamento dell'ostacolo)

Tabella 3.12. Analisi statistica dei tempi di reazione e degli spazi percorsi; ostacolo: coda di veicoli (1/2)

Gruppo B vs Gruppo A							
Coda di veicoli							
	Veloc. a 9350 m [km/h]	Rilascio acceleratore		Pressione del freno		Arresto del veic.	
		Tempo P&R [s]	Spazio [m]	Tempo P&R [s]	Spazio [m]	Temp. [s]	Spazio [m]
SXM1-XM2	5.42	0.21	3.48	0.39	6.14	3.81	7.15
XM1-XM2	6.04	-0.16	-0.91	-0.33	-5.91	-0.84	7.43
CI95 -	-5.27	-0.61	-8.18	-1.15	-18.72	-8.79	-7.49
CI95 +	17.35	0.28	6.36	0.49	6.90	7.10	22.34
t	1.114	-0.765	-0.261	-0.848	-0.962	-0.222	1.039
G.D.L.	20	20	20	20	20	20	20
p value (5%)	0.2785	0.4532	0.7968	0.4065	0.3475	0.8266	0.3112
Gruppo B vs Gruppo C							
Coda di veicoli							
	Veloc. a 9350 m [km/h]	Rilascio acceleratore		Pressione del freno		Arresto del veic.	
		Tempo P&R [s]	Spazio [m]	Tempo P&R [s]	Tempo P&R [s]	Spazio [m]	Tempo P&R [s]
SXM1-XM2	6.74	0.13	2.62	0.36	5.40	3.22	6.06
XM1-XM2	1.27	0.05	1.37	0.19	2.98	-1.43	-3.65
CI95 -	-12.83	-0.23	-4.10	-0.57	-8.33	-8.17	-16.34
CI95 +	15.38	0.32	6.85	0.94	14.29	5.30	9.05
t	0.189	0.366	0.525	0.522	0.551	-0.445	-0.601
G.D.L.	19	19	19	19	19	19	19
p value (5%)	0.8521	0.7184	0.6057	0.06077	0.5881	0.6613	0.5549
Gruppo B vs Gruppo di controllo							
Coda di veicoli							
	Veloc. a 9350 m [km/h]	Rilascio acceleratore		Pressione del freno		Arresto del veic.	
		Tempo P&R [s]	Spazio [m]	Tempo P&R [s]	Tempo P&R [s]	Spazio [m]	Tempo P&R [s]
SXM1-XM2	6.48	0.14	2.90	0.39	6.02	2.70	6.73
XM1-XM2	-3.32	0.02	-0.73	-0.22	-7.27	2.85	8.44
CI95 -	-16.93	-0.27	-6.82	-1.03	-19.92	-2.81	-5.70
CI95 +	10.30	0.31	5.36	0.59	5.37	8.52	22.59
t	-0.512	0.133	-0.251	-0.569	-1.208	1.058	1.254
G.D.L.	18	18	18	18	18	18	18
p value (5%)	0.6149	0.8957	0.8047	0.5764	0.2427	0.304	0.2259

Risultati e analisi

Tabella 3.13. Analisi statistica dei tempi di reazione e degli spazi percorsi; ostacolo: coda di veicoli (2/2)

Gruppo A vs Gruppo C							
	Veloc. a 9350 m [km/h]	Coda di veicoli					
		Rilascio acceleratore		Pressione del freno		Arresto del veic.	
		Tempo P&R [s]	Spazio [m]	Tempo P&R [s]	Tempo P&R [s]	Spazio [m]	Tempo P&R [s]
SXM1-XM2	5.53	0.21	3.36	0.29	4.73	3.93	5.98
XM1-XM2	-4.77	0.21	2.28	0.52	8.89	-0.59	-11.07
CI95 -	-16.35	-0.23	-4.75	-0.08	-1.01	-8.80	-23.60
CI95 +	6.81	0.65	9.31	1.12	18.78	7.63	1.45
t	-0.862	1.003	0.680	1.814	1.880	-0.149	-1.851
G.D.L.	19	19	19	19	19	19	19
p value (5%)	0.3994	0.3285	0.5047	0.0855	0.0755	0.8831	0.0798

Gruppo A vs Gruppo di controllo							
	Veloc. a 9350 m [km/h]	Coda di veicoli					
		Rilascio acceleratore		Pressione del freno		Arresto del veic.	
		Tempo P&R [s]	Spazio [m]	Tempo P&R [s]	Tempo P&R [s]	Spazio [m]	Tempo P&R [s]
SXM1-XM2	5.21	0.21	3.58	0.32	5.42	3.51	6.66
XM1-XM2	-9.36	0.18	0.18	0.11	-1.36	3.70	1.02
CI95 -	-20.31	-0.27	-7.35	-0.56	-12.75	-3.68	-12.98
CI95 +	1.60	0.63	7.71	0.78	10.02	11.07	15.01
t	-1.794	0.842	0.051	0.356	-0.252	1.053	0.153
G.D.L.	18	18	18	18	18	18	18
p value (5%)	0.0896	0.4108	0.9599	0.7260	0.8039	0.3063	0.8801

Gruppo C vs Gruppo di controllo							
	Veloc. a 9350 m [km/h]	Coda di veicoli					
		Rilascio acceleratore		Pressione del freno		Arresto del veic.	
		Tempo P&R [s]	Spazio [m]	Tempo P&R [s]	Tempo P&R [s]	Spazio [m]	Tempo P&R [s]
SXM1-XM2	6.57	0.13	2.75	0.28	4.57	2.86	5.48
XM1-XM2	-4.59	-0.03	-2.10	-0.41	-10.25	4.28	12.09
CI95 -	-18.46	-0.31	-7.90	-0.99	-19.88	-1.75	0.53
CI95 +	9.28	0.25	3.70	0.18	-0.62	10.32	23.65
t	-0.698	-0.219	-0.765	-1.469	-2.245	1.498	2.207
G.D.L.	17	17	17	17	17	17	17
p value (5%)	0.4946	0.293	0.4548	0.1601	0.0384	0.1525	0.0414

Come mostrato in Figura 3.24, i tempi di rilascio dell'acceleratore del gruppo A&B ($M = 1.25$ s; $DS = 0.49$ s) sono sensibilmente maggiori del gruppo C & controllo ($M = 1.14$ s; $DS = 0.28$ s). Per quanto riguarda i tempi di azione sul freno, ancora una volta il gruppo A&B ($M = 2.93$ s; $DS = 1.20$ s) ha agito con tempistiche superiori di quelle del gruppo C & controllo ($M = 2.65$ s; $DS = 0.71$ s). L'intervallo delle velocità adottate alla progressiva 9350 m è all'incirca il medesimo per tutti i gruppi dell'esperimento (analisi statistica in Tabella 3.14). Un'ultima considerazione va fatta in merito al partecipante 65, che ha eseguito la prova con un livello di BAC pari a 0.071 g/dl. Questo ha reagito sulla pedaliera con delle tempistiche di molto superiori alla media (tempo di rilascio dell'acceleratore pari a 3.09 s; tempo di pressione del pedale del freno pari a 6.09 s), il decremento di capacità cognitive è stato molto significativo, dimostrando che a parità di BAC ognuno reagisce secondo la propria sensibilità e capacità di metabolizzazione.

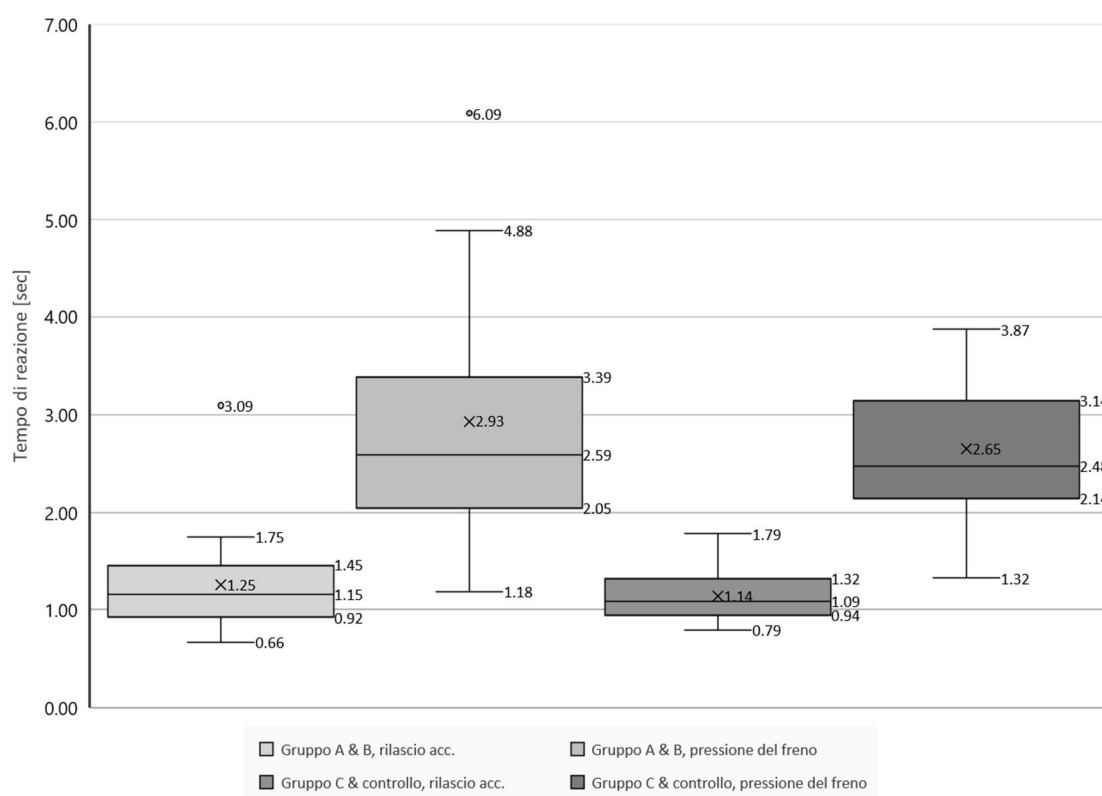


Figura 3.24 Tempi di reazione manifestati a causa della coda di veicoli alla fine del tracciato, dati aggregati (valori assoluti, cioè misurati a partire dall'avvistamento dell'ostacolo)

Tabella 3.14. Analisi statistica dei dati aggregati; ostacolo: coda di veicoli

Gruppo A&B vs Gruppo C& controllo							
	Veloc. a 9350 m [km/h]	Coda di veicoli					
		Rilascio acceleratore		Pressione del freno		Stop the vehicle	
		Tempo P&R [s]	Spazio [m]	P&R TIME [s]	P&R SPACE [m]	Temp o P&R [s]	Spazio [m]
SXM1-XM2	4.25	0.12	2.17	0.24	3.95	2.39	4.66
XM1-XM2	-3.92	0.12	0.83	0.16	1.08	1.02	-1.63
CI95 -	-12.52	-0.14	-3.56	-0.33	-6.91	-3.82	-11.06
CI95 +	4.67	0.37	5.22	0.65	9.07	5.86	7.80
t	-0.923	0.931	0.384	0.670	0.273	0.426	-0.350
G.D.L.	39	39	39	39	39	39	39
p value (5%)	0.3617	0.3576	0.7031	0.5068	0.7863	0.6724	0.7282

I tempi di reazione e la modalità di superamento degli ostacoli hanno evidenziato un comportamento di guida meno performante per i partecipanti dei gruppi A e B. I vini hanno inficiato allo stesso modo le capacità cognitive e di valutazione del rischio, indipendentemente dal contenuto di solfiti presenti all'interno della bevanda. In conclusione, si è dimostrato che l'assunzione di un bicchiere di vino, con un contenuto di alcol tale da indurre di un BAC pari a 0.05 g/dl, riduce sensibilmente i tempi di percezione e reazione dei guidatori. Trovando riscontro con quanto presente in letteratura ed evidenziano l'importanza del limite di 0.05 g/dl imposto dalla normativa italiana.

3.6 Analisi del comportamento di guida in funzione della geometria stradale

I dati raccolti sono conformi a quelli presentati nella letteratura scientifica, seppur con qualche eccezione. È doveroso precisare che il livello di BAC scelto per l'esperimento e le modalità di esecuzione della prova sono differenti da quelle adottate negli esperimenti ritrovati all'interno della letteratura. Infatti, nei test riportati nel par. 1.3.1, i partecipanti hanno eseguito più prove in condizioni sobrie e con livelli di BAC crescenti (dati visionabili nell'**Allegato 12**). Tale protocollo differisce da quello oggetto della presente attività di ricerca, in cui i partecipanti hanno eseguito una sola prova, condizionati dall'assunzione di vino o in condizioni sobrie. Questa metodologia di esecuzione è dovuta a due fattori: in primo luogo vi era la preoccupazione che gli studenti potessero

apprendere le dinamiche dell'esperimento e le caratteristiche del tracciato, alterando i risultati delle prove successive; in secondo non si è voluto impegnare gli studenti con incontri supplementari, distogliendoli dai loro impegni accademici. In ogni caso tale problematica è stata superata adottando un campione con una dimensione doppia rispetto a quelli della letteratura e stratificandolo opportunamente.

La deviazione standard della posizione trasversale sulla corsia SDLP ha prodotto i risultati sperati. Dal confronto tra i valori di SDLP ottenuti su tutto il tracciato (Figura 3.25) e quelli riportati nell'articolo di Helland et al. (2013), emergono i medesimi risultati: si apprezza una retta regressione positiva dei valori di SDLP sia per il gruppo A (coefficiente di determinazione, $R^2 = 0.0705$) che per il gruppo B ($R^2 = 0.0406$). Va precisato che anche il gruppo C e di controllo hanno riportato valori di SDLP simili a quelli dei gruppi condizionati dall'assunzione di vino. Ciò implica che per i livelli di BAC ottenuti il comportamento di guida è tanto più dipendente dallo stile di guida del partecipante che dal suo stato di alterazione alcolica.

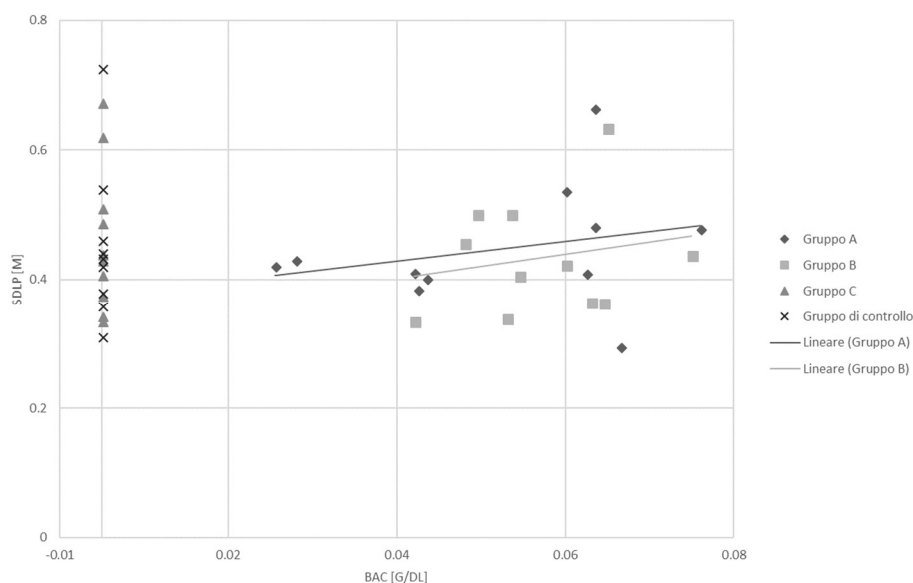


Figura 3.25. Deviazione standard della Lateral Position valutata su tutto il tracciato

Dall'analisi dei profili di velocità (Allegato 6) è stato possibile risalire allo stile di guida e alle percentuali di superamento dei limiti di velocità su tutto il tracciato (Tabella 3.16). Per la valutazione dello stile di guida è stata analizzata la velocità media in rettilineo (limite di velocità imposto di 70 km/h) e comparata con i valori percentili di velocità (Tabella 3.15), ottenuti dai profili dei partecipanti per ogni gruppo (Figura 3.26, per tutti i profili di velocità vedi Allegato 8).

Tabella 3.15. Intervalli percentili limite per la valutazione dello stile di guida

limite Inferiore	stile di guida	limite superiore
	Molto lento	15th percentile
15th percentile	lento	25th percentile
25th percentile	normale	75th percentile
75th percentile	veloce	85th percentile
85th percentile	Molto veloce	

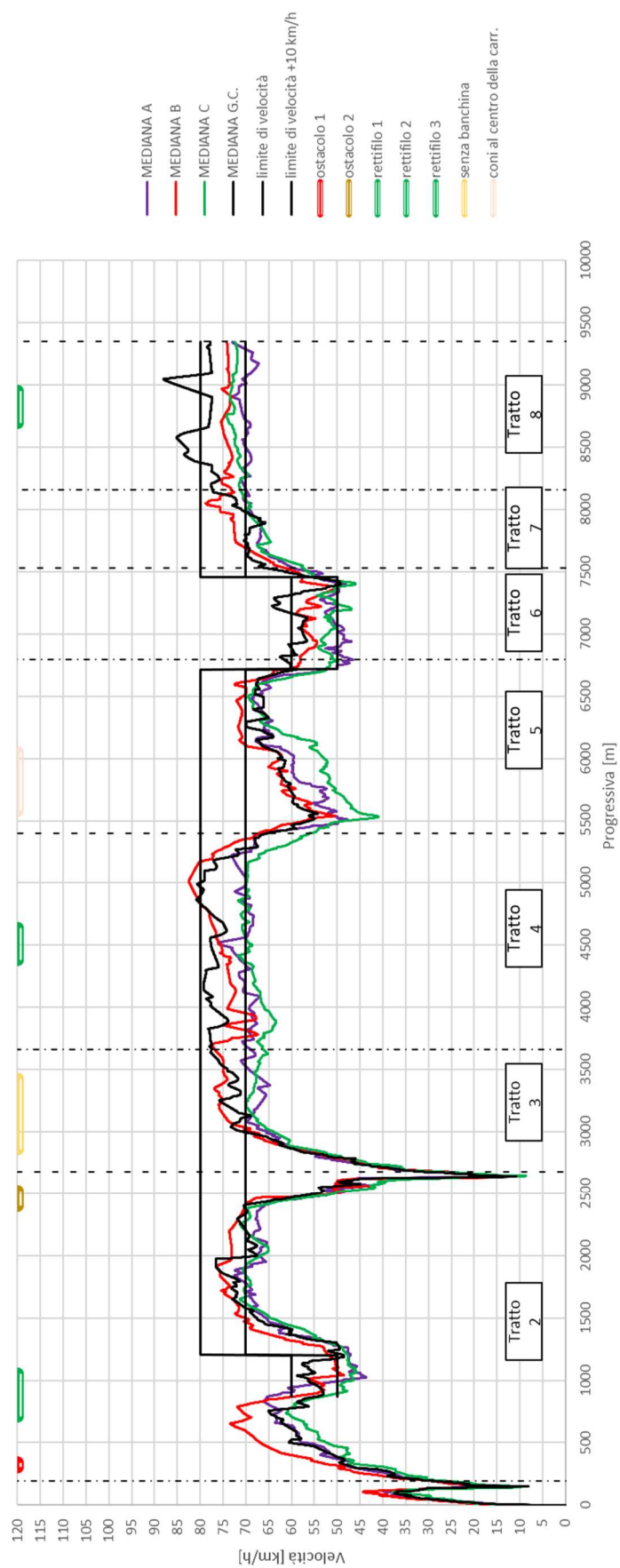


Figura 3.26. Confronto tra le mediane dei profili di velocità

Tabella 3.16. Stile di guida e percentuale di superamento dei limiti di velocità

GRUPPO	ID	BAC [g/dl]	Velocità media in rettilineo [km/h]	Stile di guida	% di superamento dei limiti di velocità	% di superamento dei limiti di velocità + 10 km/h
A	43	0.062	61.4	molto lento	7.3	0.0
	40	0.023	66.0	lento	4.9	0.0
	66	0.039	67.1	lento	1.8	0.4
	4	0.038	66.3	lento	21.5	4.2
	48	0.059	69.0	normale	10.8	0.5
	65	0.071	72.0	normale	34.8	0.0
	70	0.055	74.1	normale	47.4	13.8
	21	0.021	74.5	normale	41.6	2.8
	50	0.037	74.8	normale	62.6	12.5
	73	0.059	74.9	normale	76.1	4.6
B	63	0.058	84.9	molto veloce	85.9	54.7
	22	0.058	64.0	molto lento	7.0	0.0
	39	0.037	59.6	molto lento	1.4	0.0
	17	0.048	65.6	lento	2.4	0.0
	58	0.050	70.4	normale	23.4	0.3
	18	0.070	75.1	normale	79.1	8.2
	20	0.049	79.0	normale	80.4	8.1
	68	0.055	74.5	normale	61.2	5.5
	8	0.043	86.1	veloce	87.7	72.0
	71	0.045	85.4	veloce	74.4	43.0
C	64	0.060	97.2	molto veloce	94.1	64.6
	69	0.060	94.5	molto veloce	95.2	69.5
	28	0.000				
	14	0.000	69.2	normale	17.1	0.0
	72	0.000	67.7	lento	9.4	0.7
	67	0.000	66.9	lento	2.6	0.0
	47	0.000	70.6	normale	43.9	0.8
	36	0.000	71.6	normale	39.7	0.0
	82	0.000	68.9	normale	11.1	0.0
	61	0.000	71.7	normale	32.5	1.6
G.C.	78	0.000	74.6	normale	40.6	1.3
	34	0.000	95.7	molto veloce	97.0	74.6
	51	0.000	98.8	molto veloce	89.2	72.0
	75	0.000				
	87	0.000				
	80	0.000	61.4	molto lento	12.1	0.0
	81	0.000	68.0	lento	3.6	0.0
	83	0.000	70.0	normale	45.1	4.9
	79	0.000	79.0	normale	73.2	5.7
	86	0.000	82.0	normale	65.7	25.6
	84	0.000	78.9	normale	72.5	28.6
	76	0.000	88.0	veloce	71.2	39.0
	85	0.000	85.6	veloce	36.3	29.4
	77	0.000	93.9	molto veloce	84.8	57.5

Il maggior numero di infrazioni (superamento dei limiti di velocità) sono state commesse dai gruppi B (percentuale di superamento dei limiti di velocità su tutto il tracciato, PSL = 55.1%) e di controllo (PSL = 51.6%). I partecipanti dei gruppi A (PSL = 35.9%) e C (PSL = 38.3%) hanno completato la prova con delle velocità tutto sommato moderate, superando molto raramente il limite di velocità più 10 km/h. È naturale per i guidatori osservanti del codice stradale adottare una velocità prossima al limite imposto o comunque non superiore di 10-15 km/h. Gli stessi autovelox installati nelle infrastrutture sono tarati con questo margine d'errore, portando i guidatori a limitare la propria velocità di conseguenza.

In prima analisi, sembrerebbe che l'assunzione di vino commerciale abbia inibito l'attenzione dei partecipanti (gruppo B), portandoli ad ignorare la segnaletica verticale. Tuttavia, anche il gruppo di controllo, che presenta una numerosità ridotta, raccoglie al suo interno partecipanti che hanno superato di molto i limiti imposti. Quest'ultimo dato non lascia spazio a molte interpretazioni: è evidente che il gruppo di controllo non abbia volutamente prestato attenzione ai limiti, sentendosi meno coinvolto nell'esperimento. In questo caso, coerentemente con quanto riportato in letteratura, il metro di paragone è il gruppo placebo che costituisce un'ottima chiave di lettura del dato. In conclusione, i partecipanti del gruppo B (vino commerciale) hanno manifestato tendenzialmente un comportamento di guida più aggressivo rispetto i partecipanti del gruppo A (vino biodinamico) e del gruppo C (vino dealcolato).

3.6.1 Analisi del Comportamento di guida in rettilineo

Ancora una volta i valori di SDLP sono conformi a quelli della letteratura (Figura 3.27), la retta di regressione dei valori di SDLP è positiva per entrambi i gruppi A ($R^2 = 0.2932$) e B ($R^2 = 0.0809$). Per quanto riguarda i dati relativi alla posizione all'interno della corsia non si evidenziano differenze significative, probabilmente il grado di intossicazione alcolica non era sufficientemente elevato (Figura 3.28).

In effetti, come riportato nell'articolo di Hongji Du et al. (2016), a valori di BAC così bassi corrispondono variazioni della posizione all'interno della corsia molto poco apprezzabili, nell'ordine dei 10/15 cm. Per quanto riguarda la deviazione standard della velocità si osserva nuovamente una retta di regressione positiva (Figura 3.29) per entrambi i gruppi A ($R^2 = 0.1732$) e B ($R^2 = 0.0271$). Tale risultato conferma i risultati descritti in letteratura: all'aumentare della concentrazione di alcol nel sangue i guidatori

trovano maggiore difficoltà nel mantenere un profilo di velocità costante. La retta di regressione dei valori di velocità media è significativa soltanto per il gruppo B (vino commerciale). Per quanto riguarda il gruppo A vale quanto detto in precedenza, i profili di velocità dei partecipanti sono comparabili a quelli del gruppo C, inoltre l'analisi ha portato ad una retta di regressione a pendenza praticamente nulla (Figura 3.30).

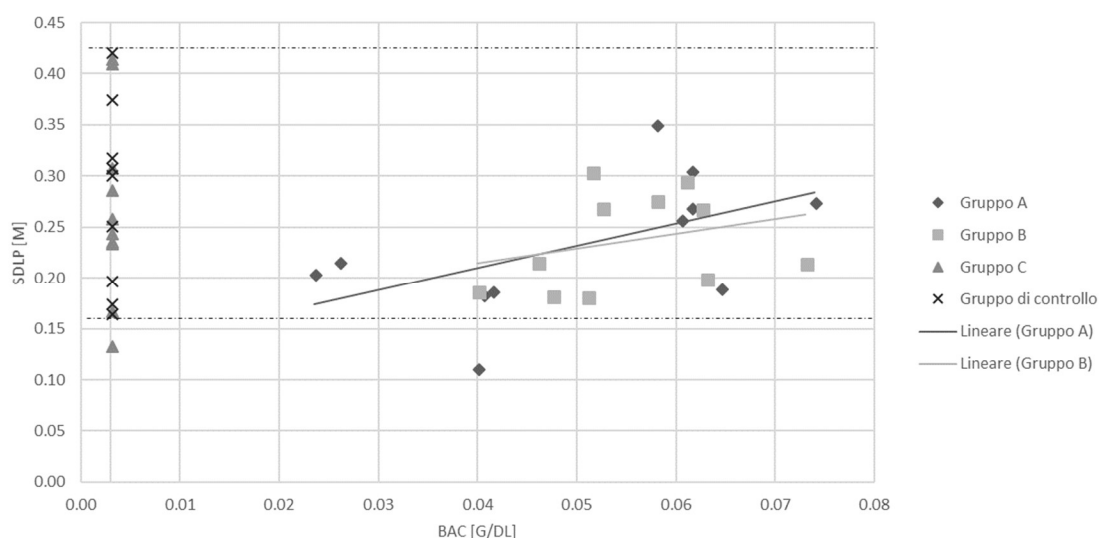


Figura 3.27. Valori di SDLP in rettilo

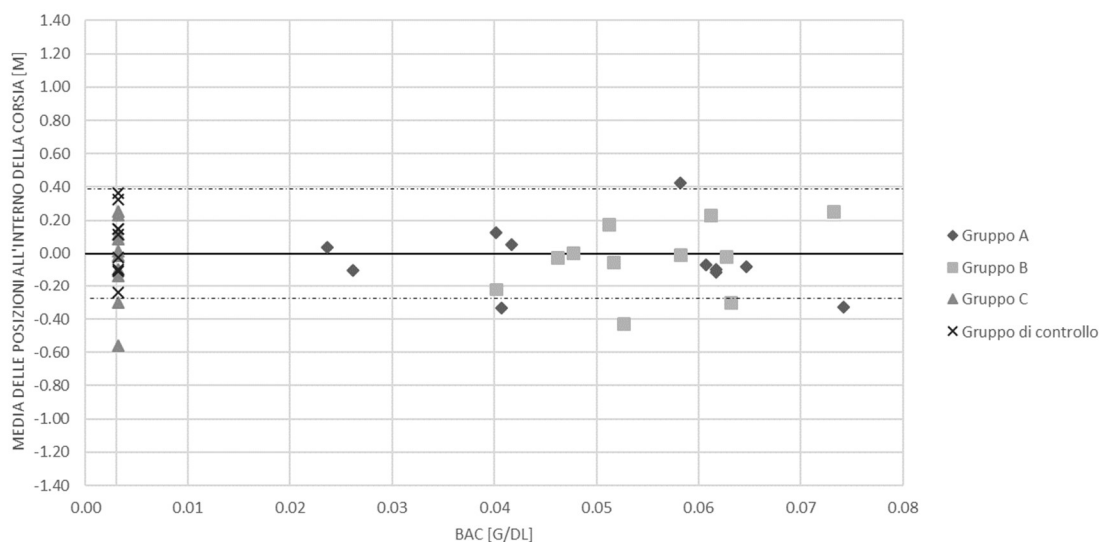


Figura 3.28. Media delle posizioni del veicolo all'interno della corsia in rettilo, con riferimento al centro della corsia

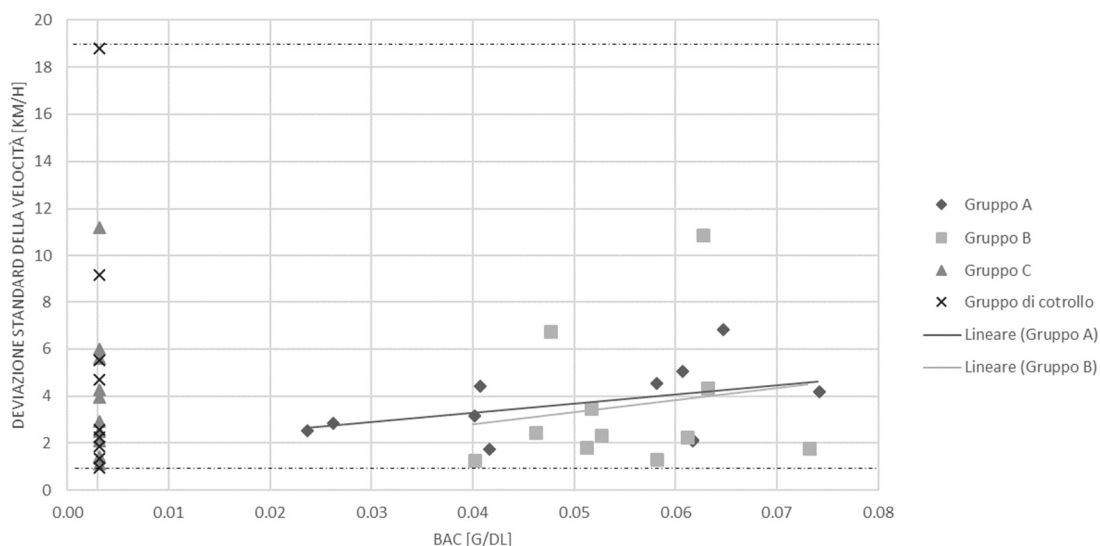


Figura 3.29. Deviazione standard della velocità in rettilineo

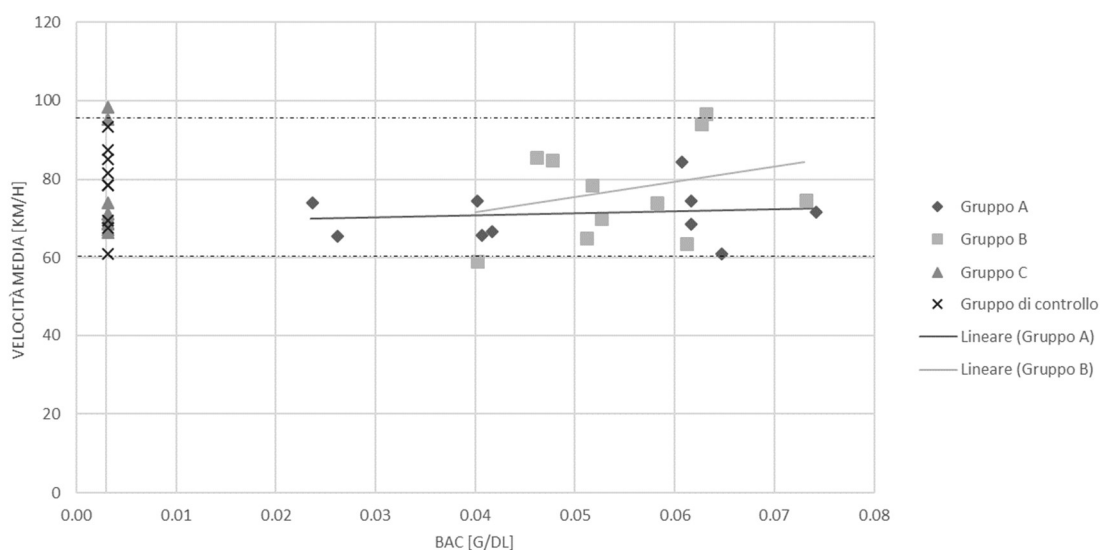


Figura 3.30. Velocità media in rettilineo

3.6.2 Analisi del comportamento di guida in curva sinistrorsa senza banchina

L'assenza della banchina laterale in curva (lunghezza 562 m, raggio 430 m; vedi Figura 2.21) non ha causato particolare disagio nei confronti dei partecipanti. È un vincolo abbastanza comune in realtà, il decremento di prestazioni causate dall'assunzione di alcol è molto poco apprezzabile. Per quanto riguarda i valori di SDLP non sembrano essere significative le rette di regressione, si osserva qualche dato particolarmente elevato per i gruppi A ($R^2 = 0.0165$) e B (retta di regressione negativa, $R^2 = 0.0444$), ma nulla di più

(Figura 3.31). La situazione è la medesima per la media delle posizioni all'interno della corsia (Figura 3.32).

Anche i dati di velocità dicono molto poco, si è osservata una ridotta dispersione dei valori di deviazione standard di velocità per i gruppi A ($R^2 = 0.1321$) e B (retta di regressione negativa, $R^2 = 0.0217$). le rette di regressione dei valori di velocità media sono positive per entrambi i gruppi A e B (Figura 3.34). Se confrontiamo quest'ultime con quelle ottenute nei tratti in rettilineo (Figura 3.30), è evidente la similitudine dei due grafici. Questo vuol dire che la geometria della curva ha portato tutti i partecipanti a ridurre la propria velocità pressoché allo stesso modo.

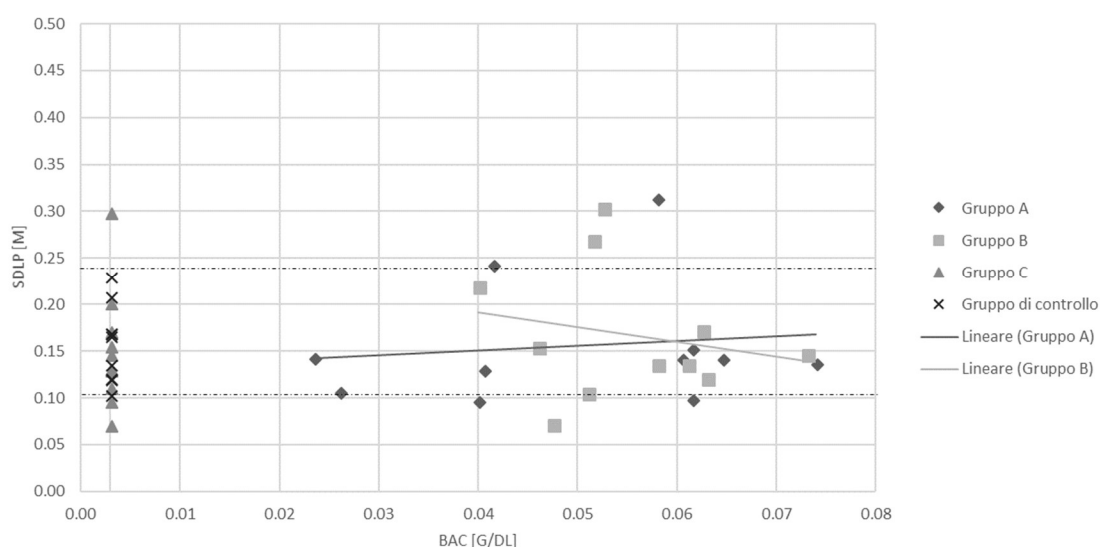


Figura 3.31 Valori di SDLP in curva sinistrorsa senza banchina

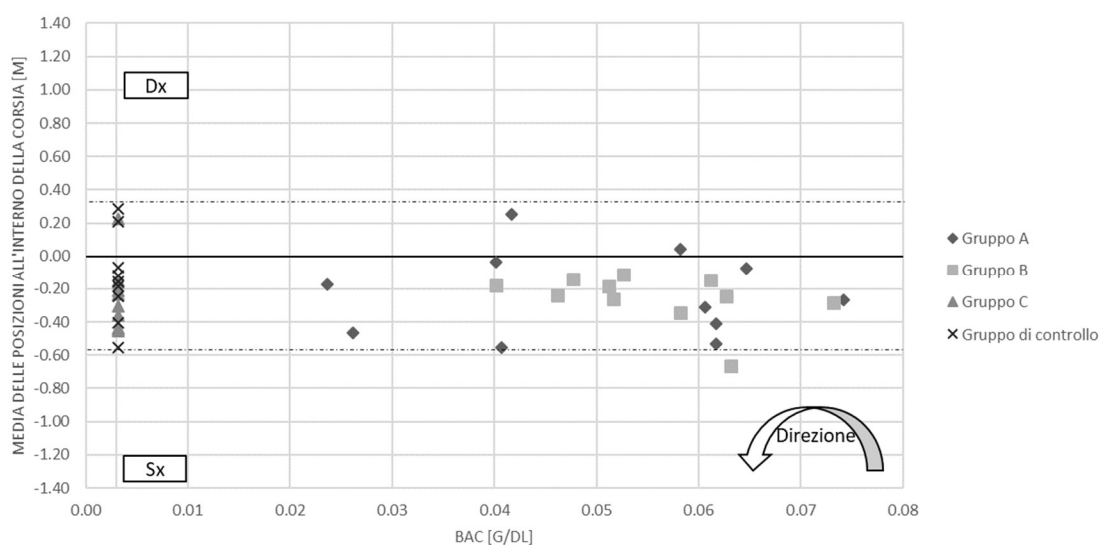


Figura 3.32. Media delle posizioni del veicolo all'interno della corsia in curva sinistrorsa senza banchina, con riferimento al centro della corsia

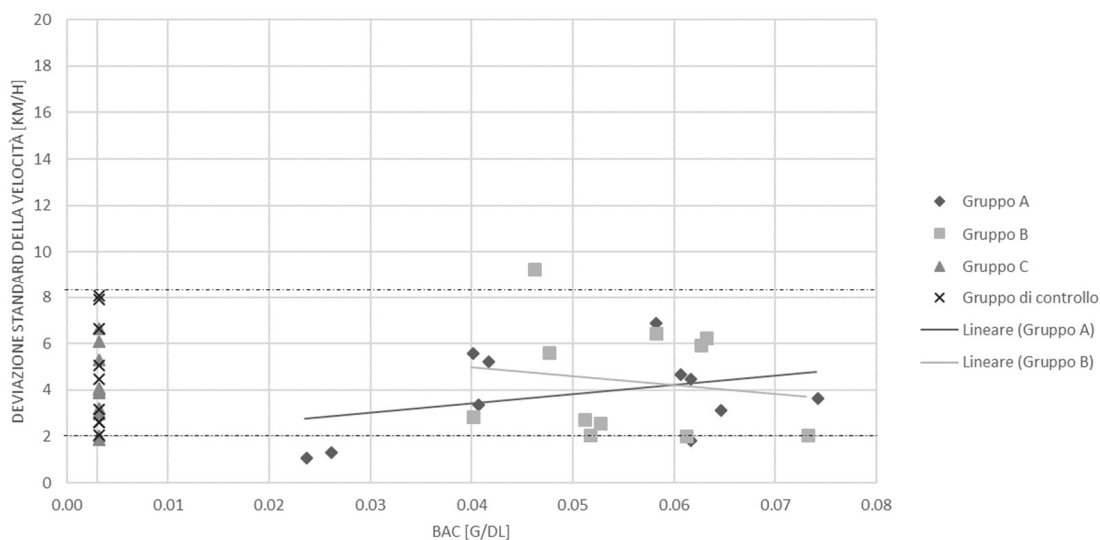


Figura 3.33. Deviazione standard della velocità in curva sinistrorsa senza banchina

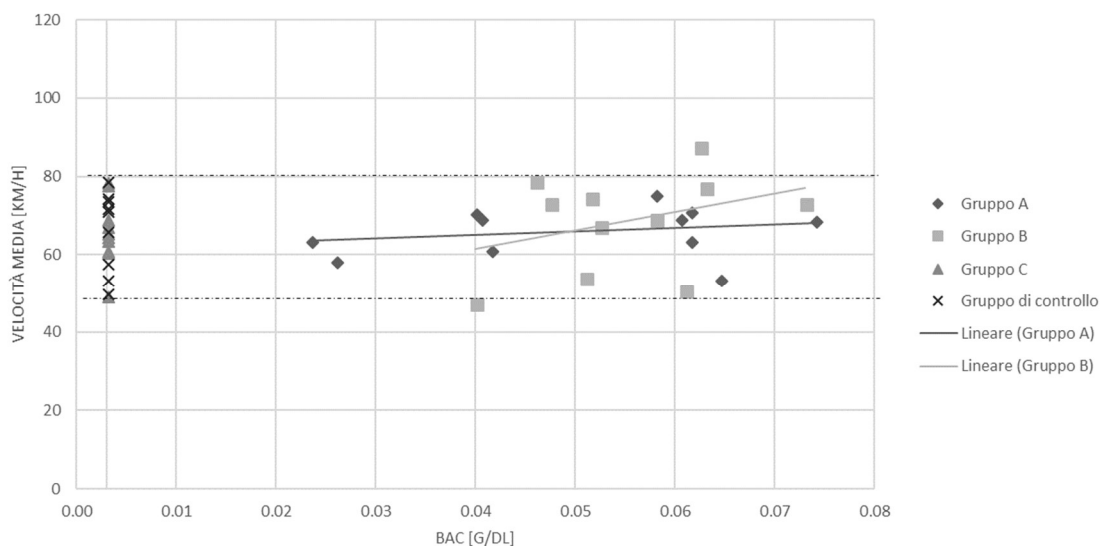


Figura 3.34. Velocità media in curva sinistrorsa senza banchina

3.6.3 Analisi del comportamento di guida in curva destrorsa con coni stradali al centro della carreggiata

L'analisi del comportamento di guida in questa curva del tracciato (lunghezza 471 m, raggio 300 m; vedi Figura 2.24) ha prodotto dei risultati in linea con quelli del caso precedente (curva senza banchina), con qualche eccezione: I valori di SDLP sono leggermente inferiori, probabilmente a causa del raggio della curva (gruppo A, $R^2 = 0.0329$; gruppo B, retta di regressione negativa, $R^2 = 0.0234$), ma presentano delle rette di regressione molto simili tra loro (Figura 3.35). I valori di posizione all'interno

della corsia sono abbastanza lontani dal centro della carreggiata e quindi dalla fila di coni (Figura 3.36 e Figura 3.32), con una dispersione dei dati è di gran lunga superiore a quella dei gruppi C e controllo, che si traduce in una maggiore insicurezza nell'approcciare l'ostacolo.

I dati di velocità sono sicuramente molto più interessanti. Per quanto riguarda i dati di velocità media si osservano delle rette di regressione positive e con un'inclinazione molto accentuata (Figura 3.38). Dall'analisi emerge una maggiore dispersione dei valori di deviazione standard di velocità per entrambi i gruppi A (retta di regressione negativa, $R^2 = 0.0147$) e B (retta di regressione negativa, $R^2 = 0.3948$), certamente molto più significativa rispetto a quella ottenuta dall'analisi della curva sinistrorsa senza banchina (Figura 3.37). Tale risultato implica una maggiore difficoltà nel regolare la pressione dell'acceleratore. Il vincolo laterale alla sinistra del guidatore è stato sicuramente molto più d'impatto del caso precedente, soprattutto per i partecipanti dei gruppi A e B.

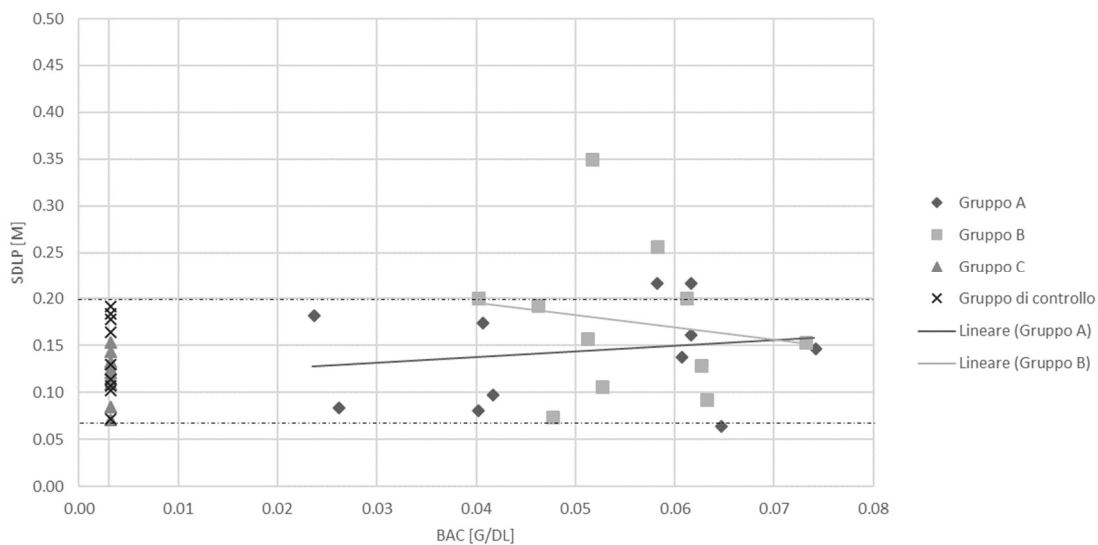


Figura 3.35. Valori di SDLP in curva destrorsa con coni stradali al centro della carreggiata

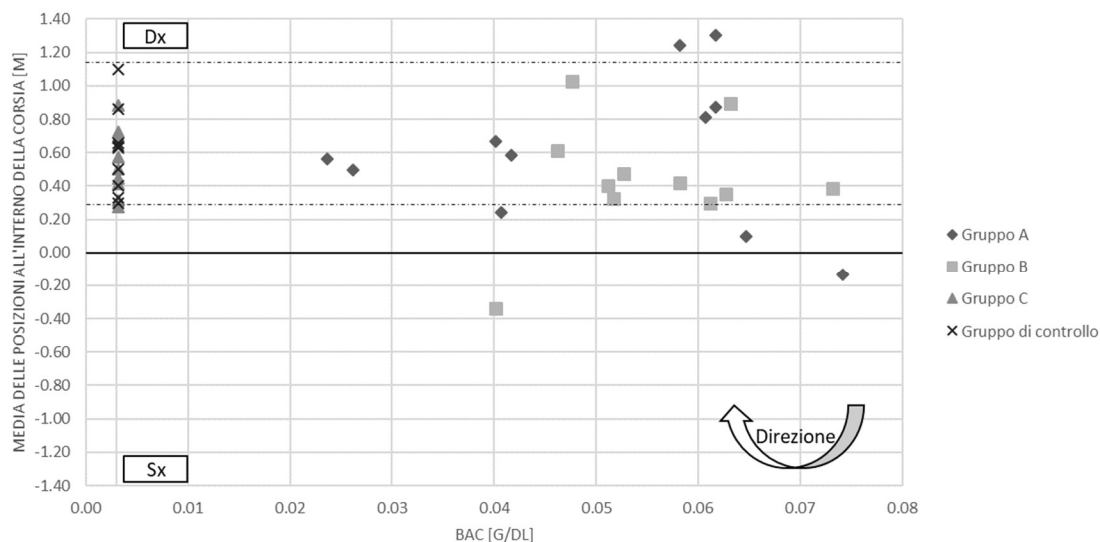


Figura 3.36. Media delle posizioni del veicolo all'interno della corsia in curva destrorsa con coni stradali al centro della carreggiata

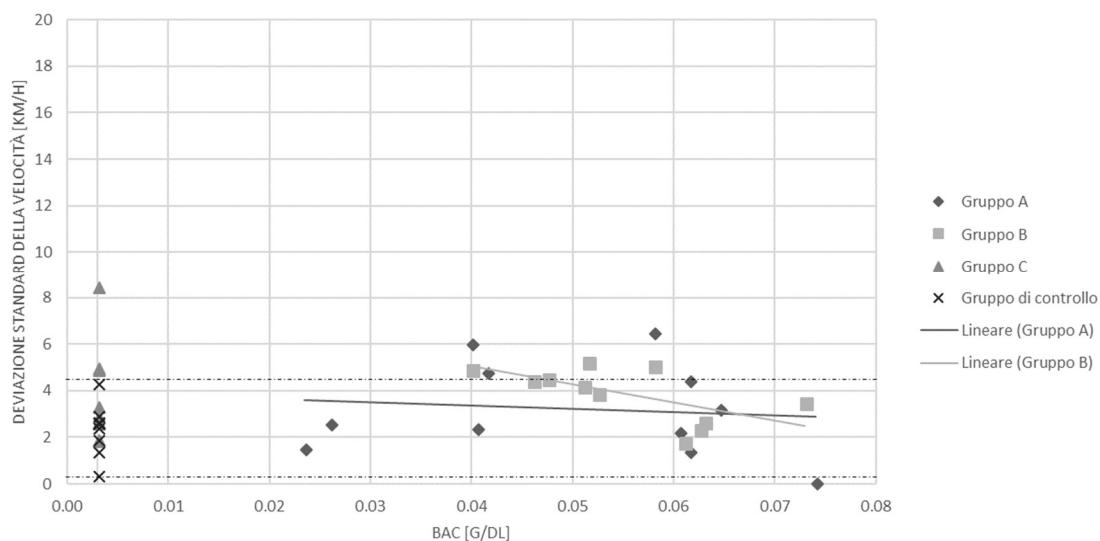


Figura 3.37. Deviazione standard della velocità in curva destrorsa con coni stradali al centro della carreggiata

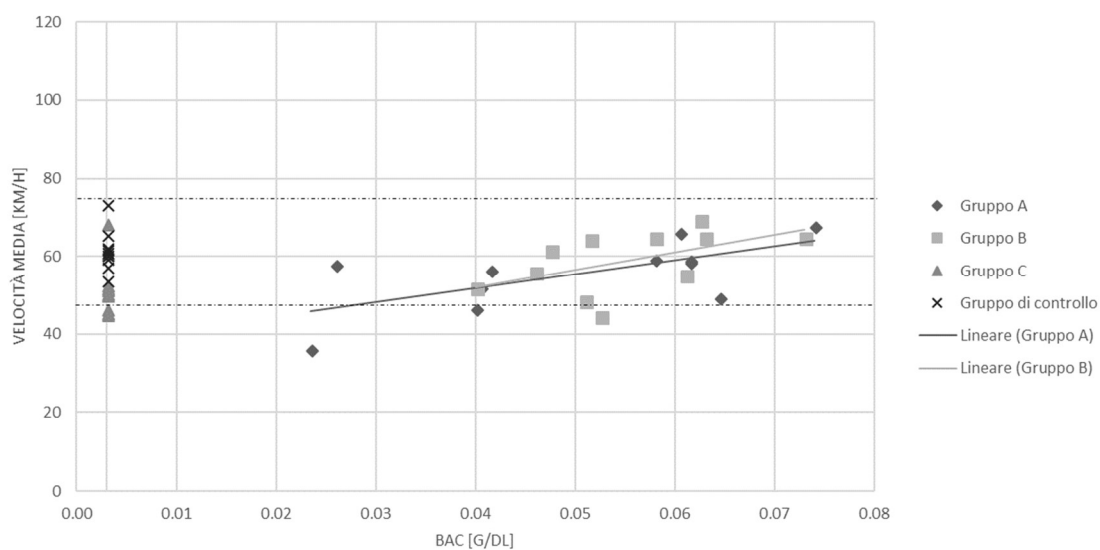


Figura 3.38. Velocità media in curva destrorsa con coni stradali al centro della carreggiata

3.7 Analisi dei dati visivi

In totale sono stati acquisiti i dati visivi di 29 partecipanti utilizzando lo strumento per il tracciamento oculare *eye-tracking*. Di questi soltanto 24 sono stati oggetto di analisi, i 5 partecipanti scartati sono: 28 (gruppo C), 75 e 87 (gruppo di controllo) per non aver partecipato all'esperimento con poca serietà; 73 (gruppo A) e 85 (gruppo di controllo) per la scarsa qualità del dato, causata dall'eccessivo contrasto prodotto dai cosmetici applicati nelle palpebre e nelle ciglia.

L'analisi ha prodotto i risultati attesi: in funzione del carico di lavoro (*mental workload*), caratteristico di una determinata parte del tracciato, i partecipanti hanno manifestato un grado di attenzione proporzionale al loro stato di alterazione (tutte le *heatmap* sono visionabili nell'Allegato 14). Si è resa ancora una volta necessaria l'aggregazione del gruppo A con il gruppo B e del gruppo C con il gruppo di controllo, principalmente per la scarsità dei dati raccolti, ottenendo due gruppi da 12 partecipanti ciascuno.

In rettilineo il carico di informazioni deriva esclusivamente dagli elementi che compongono lo scenario. In Figura 3.39 è netta la differenza tra il numero di chiusure delle palpebre dei partecipanti del gruppo A&B con quelli del gruppo C & controllo (vedi anche Tabella 3.17), comprovando la teoria secondo cui l'alcol produce anche un affaticamento dell'apparato visivo.

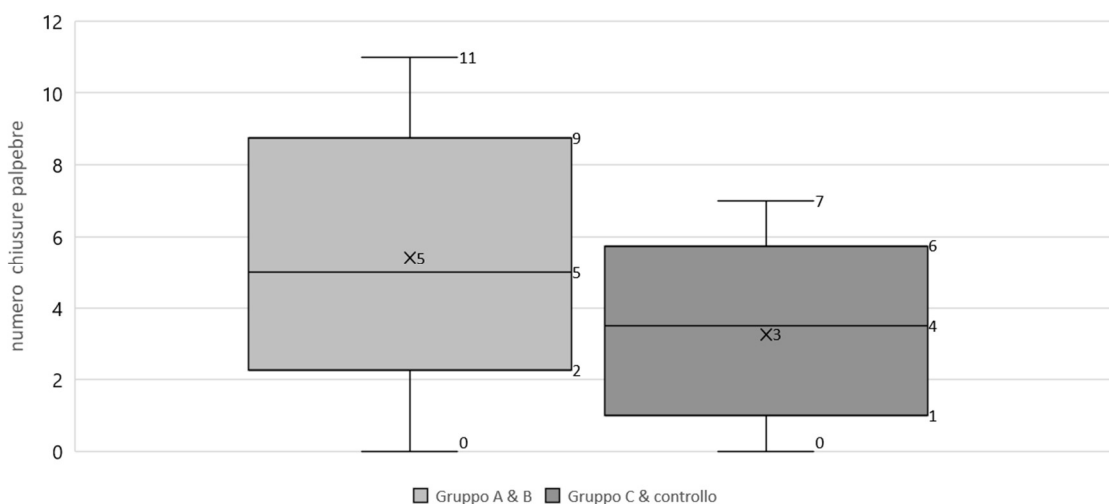


Figura 3.39. Numero di chiusure delle palpebre in rettilineo (lunghezza 371 m)

Tabella 3.17. Numero di chiusure delle palpebre in rettifilo (il secondo del tratto 2, lunghezza 371 m, limite di velocità di 50 km/h). Nota: no = partecipante escluso / eye-tracking non calibrato correttamente; valore mancante = prova eseguita con occhiali da vista

GRUPPO	ID	BAC	INIZIO CATTURA	FINE CATTURA	N° CHIUSURE PALPEBRE
A	40	0.023	02:24	02:48	8
	43	0.062	02:46	03:12	4
	21	0.021	02:39	02:58	4
	4	0.038			
	65	0.071	01:27	01:51	7
	63	0.058	02:06	02:23	1
	50	0.037			
	48	0.059	02:08	02:28	3
	73	0.059	no	no	no
	66	0.039			
	70	0.055			
B	64	0.060			
	39	0.037			
	8	0.043			
	17	0.048	02:25	02:45	2
	18	0.070	02:14	02:29	0
	20	0.049	01:31	01:54	11
	58	0.050			
	68	0.055	01:50	02:10	6
	69	0.060			
	71	0.045	01:33	01:51	10
	22	0.058	02:58	03:23	9
C	28	0.000	no	no	no
	34	0.000	02:22	02:37	1
	36	0.000			
	78	0.000	02:16	02:36	1
	47	0.000	02:59	03:16	0
	51	0.000	02:35	02:52	6
	61	0.000	02:50	03:14	4
	14	0.000	02:49	03:17	6
	72	0.000	02:55	03:22	7
	67	0.000	02:44	03:08	5
	82	0.000			
G.C.	75	0.000	no	no	no
	76	0.000	02:15	02:32	3
	77	0.000			
	86	0.000			
	79	0.000			
	80	0.000	01:57	02:09	1
	81	0.000			
	87	0.000	no	no	no
	83	0.000	02:01	02:22	0
	84	0.000	02:38	02:54	5
	85	0.000	no	no	no

I partecipanti dei gruppi A e B hanno focalizzato il loro sguardo su pochi punti, nella maggior parte dei casi sul centro della carreggiata. Come visibile in Figura 3.40, il partecipante 65, con un BAC di 0.071 g/dl, non ha mai distolto l'attenzione dalla strada, ignorando la segnaletica. I partecipanti con valori minori di BAC hanno dimostrato una migliore capacità di discriminazione delle informazioni visive, distogliendo spesso lo sguardo dalla carreggiata.

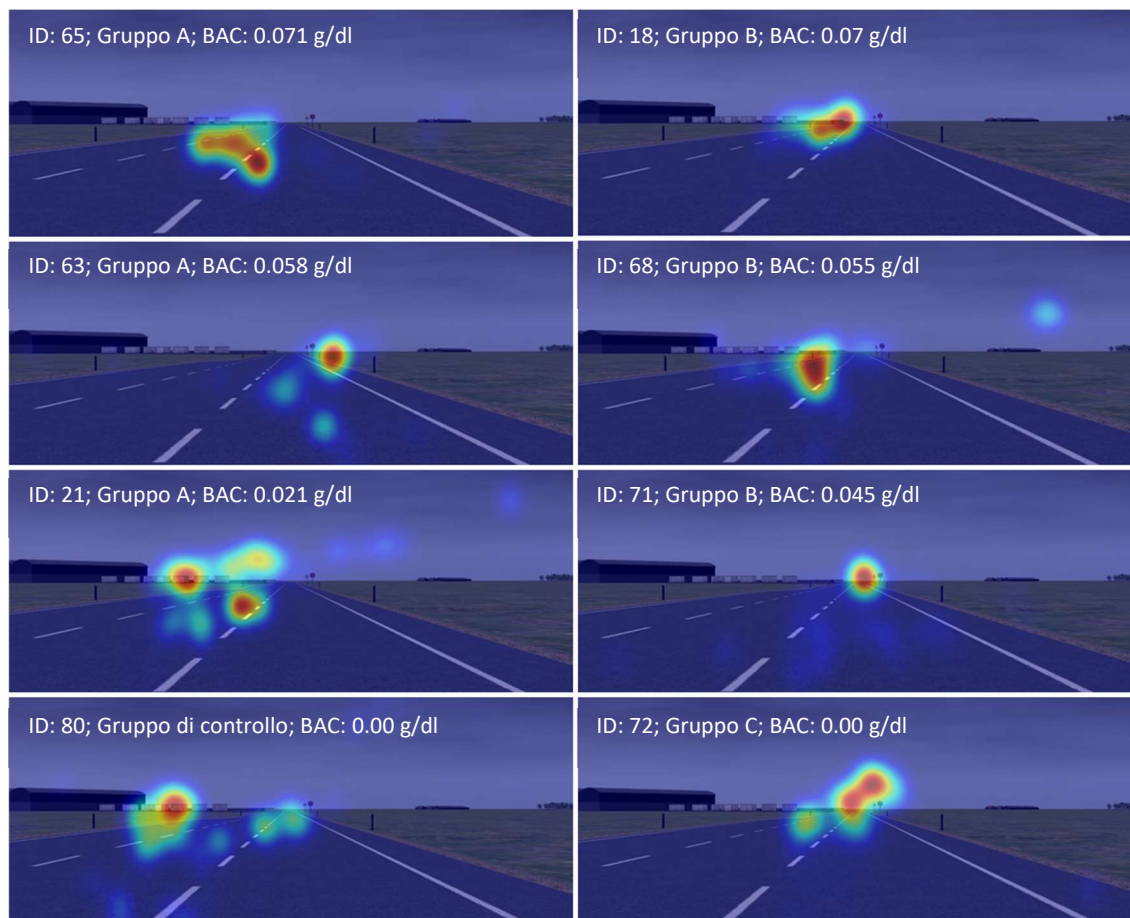


Figura 3.40. Heatmap schermo centrale del simulatore (in rettifilo)

Per quanto riguarda il comportamento in curva il grado di attenzione richiesto è superiore al caso precedente. Non soltanto per la differente gestione dello sterzo e della pressione sull'acceleratore, ma anche per la presenza dei coni stradali posizionati al centro della carreggiata. Questa situazione meno familiare ha stimolato l'attenzione dei partecipanti, ottenendo un numero di chiusure delle palpebre leggermente inferiore rispetto a quelle registrate in rettilineo (Tabella 3.18), nonostante la maggiore lunghezza del tratto. Anche in questo caso il gruppo A & B fa riferimento ad una popolazione che ha gestito l'informazione visiva con maggiore difficoltà, sia per il maggior numero di volte in cui si sono chiuse le palpebre, che nella discriminazione delle degli oggetti che compongono lo scenario (Figura 3.41).

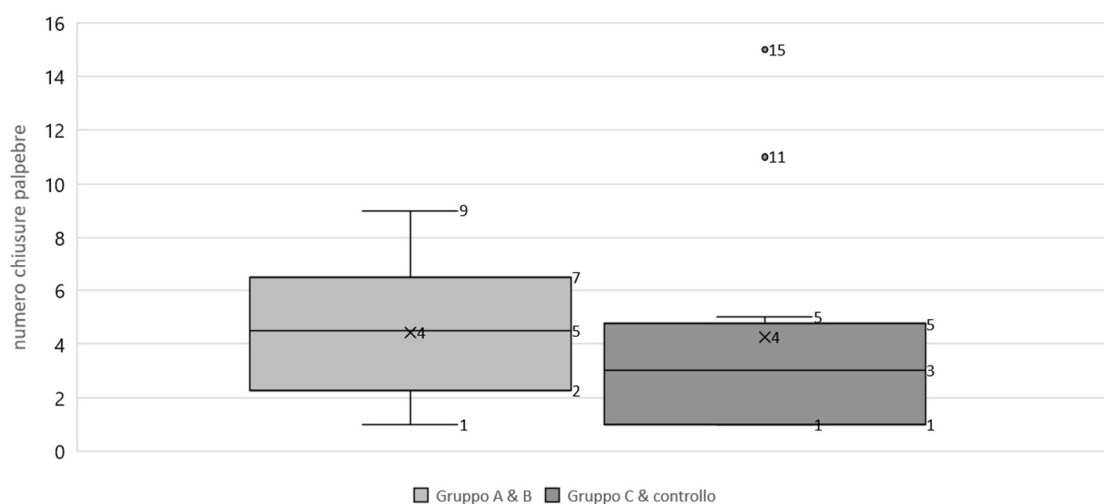


Figura 3.41. Numero di chiusure delle palpebre in curva (lunghezza 471 m, raggio 300 m)

Risultati e analisi

Tabella 3.18. Numero di chiusure delle palpebre in curva (la prima del tratto 5, lunghezza 471 m, raggio 300 m, limite di velocità di 70 km/h). Nota: no = partecipante escluso / eye-tracking non calibrato correttamente; valore mancante: prova eseguita con occhiali da vista

GRUPPO	ID	BAC	INIZIO CATTURA	FINE CATTURA	N° CHIUSURE PALPEBRE
A	40	0.023	07:23	07:48	1
	43	0.062	08:42	09:14	5
	21	0.021	07:04	07:46	3
	4	0.038			
	65	0.071	06:27	06:49	1
	63	0.058	06:33	06:55	4
	50	0.037			
	48	0.059	07:17	07:43	5
	73	0.059	no	no	no
	66	0.039			
	70	0.055			
B	64	0.060			
	39	0.037			
	8	0.043			
	17	0.048	07:50	08:21	2
	18	0.070	06:39	07:03	5
	20	0.049	06:10	06:33	9
	58	0.050			
	68	0.055	06:45	07:08	7
	69	0.060			
	71	0.045	05:57	06:21	4
	22	0.058	08:47	09:13	7
C	28	0.000	no	no	no
	34	0.000	06:04	06:26	5
	36	0.000			
	78	0.000	07:20	07:49	4
	47	0.000	08:05	08:35	1
	51	0.000	06:39	07:04	15
	61	0.000	08:18	08:51	4
	14	0.000	09:06	09:36	1
	72	0.000	08:46	09:21	1
	67	0.000	07:41	08:13	11
	82	0.000			
G.C.	75	0.000	no	no	no
	76	0.000	06:44	07:08	2
	77	0.000			
	86	0.000			
	79	0.000			
	80	0.000	05:20	05:38	1
	81	0.000			
	87	0.000	no	no	no
	83	0.000	06:54	07:19	3
	84	0.000	07:10	07:35	3
	85	0.000	no	no	no

Per quanto riguarda l'analisi delle fissazioni le reazioni sono state essenzialmente due: i partecipanti in condizioni sobrie o con bassi livelli di BAC hanno regolato la propria andatura osservando la fila di coni stradali e/o il ciglio interno della carreggiata, con una più evidente dispersione delle fissazioni; i partecipanti con un elevato livello di BAC hanno concentrato la propria attenzione principalmente sul ciglio interno della carreggiata (Figura 3.42). La dispersione delle fissazioni è nettamente inferiore rispetto al caso precedente, l'eccessivo carico di lavoro mentale e l'alterazione causata dall'alcol hanno indotto i partecipanti a focalizzare la propria attenzione in pochissimi punti, non essendo fisicamente in grado di gestire ulteriori informazioni.

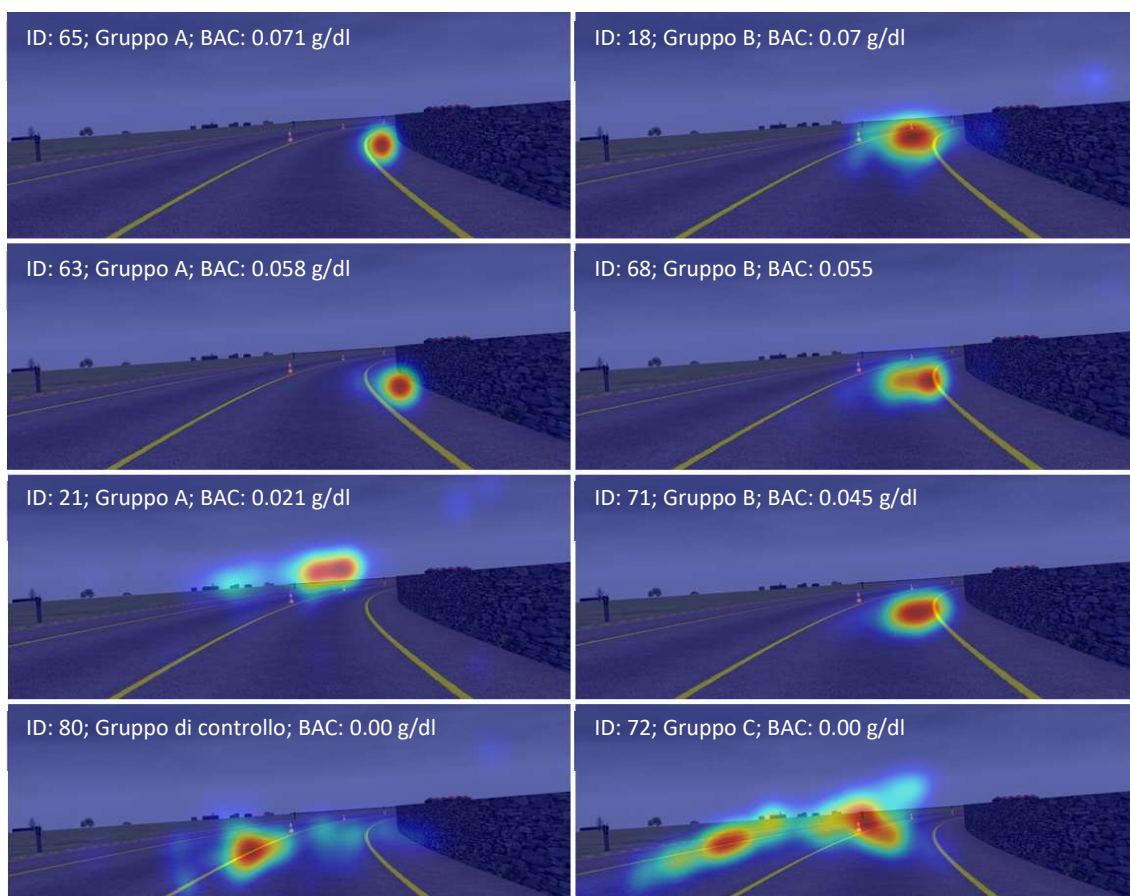


Figura 3.42 Heatmap schermo centrale del simulatore (in curva), partecipante 65 gruppo A, BAC = 0.071 g/dl.

Dall'analisi delle fissazioni vale quanto mostrato nell'articolo di Finley et al. (2017). A valori di BAC crescenti corrisponde un comportamento di guida che tende a focalizzare l'attenzione del guidatore sulla pavimentazione stradale, più precisamente sul centro della carreggiata (in rettilineo) e sui cigli (in curva). Il numero di chiusure delle palpebre è risultato essere maggiore in rettilineo, cioè in quella parte del tracciato in cui il *workload* è minore. In conclusione, si evince che i guidatori intossicati dall'alcol siano molto poco condizionati dagli elementi presenti nei margini della carreggiata (segnaletica, barriere, etc.), poiché incapaci di gestire contemporaneamente le informazioni derivanti da quest'ultimi e dalla geometria stradale. La scarsa numerosità di dati non ha permesso di evidenziare particolari differenze tra i gruppi A e B, limitando l'analisi agli effetti dell'alcol piuttosto che all'influenza dei solfiti aggiunti all'interno del vino commerciale.

4 Conclusioni

Ispirandosi a quanto presente in letteratura, l'esperimento ha cercato di replicare i risultati ottenuti e di dare una propria interpretazione sugli effetti causati dall'assunzione di vini con caratteristiche compositive profondamente diverse.

Il campione dell'esperimento è rappresentativo di una popolazione molto giovane. Il quantitativo di vino somministrato non ha mai generato sensazione di nausea, mal di testa o altri stati di malessere anche perché è stato considerato il limite imposto dalla legge per la guida. I partecipanti sono stati condizionati da diversi valori di concentrazione di alcol nel sangue, in funzione delle proprie capacità di metabolizzazione, ma comunque molto prossimi a 0.05 g/dl.

Dall'analisi emerge che il vino biodinamico ($M = 0.047$ g/dl; $DS = 0.018$ g/dl) ha prodotto dei valori di BAC molto più dispersi della sua controparte commerciale ($M = 0.049$ g/dl; $DS = 0.011$ g/dl). I livelli di BAC registrati al termine del test drive presentano valori superiori e meno dispersi di quelli registrati nel pre-guida: gruppo A ($M = 0.047$ g/dl; $DS = 0.015$ g/dl); gruppo B ($M = 0.055$ g/dl; $DS = 0.009$ g/dl). I due vini hanno quindi prodotto livelli di BAC perfettamente comparabili tra i due gruppi. Il picco di BAC potrebbe esser stato raggiunto durante la prova, ma dato che nella maggior parte dei casi il livello di BAC è rimasto lo stesso o è addirittura aumentato (prima e dopo la guida) se ne conclude con molta probabilità il picco di BAC è stato raggiunto dopo la prova, a 30-40 minuti dall'assunzione del vino.

Attraverso il protocollo sperimentale cieco semplice è stato possibile condizionare i partecipanti che non hanno compreso la tipologia di vino che gli è stata somministrata. Dal confronto delle medie dei gruppi emerge l'efficacia dell'effetto placebo. Le stime del contenuto d'alcol del vino dealcolato ($M = 2.32 / 5$ punti; $DS = 0.68$) sono molto simili a quelle dei vini del gruppo A ($M = 2.86 / 5$ punti; $DS = 0.78$) e del gruppo B ($M = 2.82 / 5$ punti; $DS = 0.72$). Con grande sorpresa, soltanto uno dei partecipanti del gruppo C ha riconosciuto l'assenza di alcol nel vino dealcolato, i restanti 10 hanno eseguito la prova in condizioni sobrie ma convinti di essere alterati dall'assunzione di vino alcolico. Questo ha portato ad un maggior coinvolgimento dei partecipanti del gruppo C, con dei profili di velocità moderati e uno stile di guida più prudente.

Conclusioni

I dati ottenuti dai sensori biometrici hanno mostrato alcune similitudini per i valori di variazione di temperatura, ottenute dai gruppi A e C e dai i gruppi B e di controllo. In particolare, si evince un tendenziale aumento di temperatura per i partecipanti del gruppo B e di controllo, per gli altri due gruppi la variazione di temperatura è modesta, in alcuni casi si manifesta addirittura un decremento di 1°C rispetto la temperatura di inizio del test. I valori di conduttanza cutanea dei partecipanti di tutti i gruppi sono perfettamente comparabili tra loro. Va comunque precisato che a causa di un malfunzionamento del sensore non è stato possibile registrare i dati di quattro partecipanti del gruppo B, uno del gruppo A e 3 del gruppo di controllo. Per quanto riguarda la frequenza cardiaca, 26 dei 44 partecipanti hanno manifestato un aumento di frequenza cardiaca. Dal confronto dei dati raccolti, non sono state osservate particolari differenze in merito a quest'ultimo parametro. Si è dimostrato che, per le quantità di vino somministrate e indipendentemente dalle caratteristiche organolettiche, parametri come la conduttanza (sudorazione) e la frequenza cardiaca non sono in alcun modo alterati dall'assunzione di un bicchiere della suddetta bevanda. Dal confronto tra i valori registrati all'inizio, durante e al termine della prova si è giunti alla conclusione che il test ha indotto le medesime alterazioni fisiologiche (in merito ai parametri osservati, unica eccezione per la variazione di temperatura) nei confronti di tutti i partecipanti, indipendentemente dal gruppo di appartenenza.

Particolarmente interessanti sono stati i risultati dei tempi di percezione e reazione uditivi pre-test. Il gruppo di controllo ha mostrato prestazioni nettamente superiori ai gruppi A e B, comprovate anche dall'analisi statistica dei dati (Tabella 4.1 e Tabella 4.2).

Tabella 4.1. Analisi statistica dei test cognitivi pre-guida tra il gruppo B e il gruppo di controllo

	BAC t = 20 min.	TR Visivo [ms]	TR Uditivo [ms]
SXM1-XM2	-	10.90	10.23
XM1-XM2	-	13.50	44.73
CI95 -	-	-9.23	23.39
CI95 +	-	36.23	66.07
<i>Null hypothesis non plausibile secondo il test dell'intervallo di confidenza</i>			
t value	-	1.239	4.373
G.D.L.	-	20	20
p value (5%)	-	0.2297	0.0003
<i>Null hypothesis non plausibile secondo il t test</i>			

Tabella 4.2. Analisi statistica dei test cognitivi pre-guida tra il gruppo A e il gruppo di controllo

	BAC t = 20 min.	TR Visivo [ms]	TR Uditivo [ms]
SXM1-XM2	-	14.15	21.40
XM1-XM2	-	10.17	52.11
CI95 -	-	-19.35	7.46
CI95 +	-	39.69	96.76
Null hypothesis improbabile secondo il test dell'intervallo di confidenza			
t value	-	0.719	2.435
G.D.L.		20	20
p value (5%)	-	0.4805	0.0244
Null hypothesis Improbabile Secondo Il T Test			

D'altra parte, i risultati uditivi post-test non hanno evidenziato la stessa discrepanza di prestazioni. Probabilmente il test ha in qualche modo migliorato il grado di attenzione dei partecipanti.

Il comportamento di guida in corrispondenza degli ostacoli puntuali ha necessitato l'aggregamento del gruppo A con il gruppo B e del gruppo C con il gruppo di controllo per l'analisi dei tempi di rilascio completo dell'acceleratore, di pressione del freno e, nel caso del furgone in sosta vietata, del tempo di sterzata. Nel caso del furgone parcheggiato in sosta vietata i tempi di rilascio dell'acceleratore dei gruppi A e B aggregati ($M = 0.93$ s; $DS = 0.41$ s) sono pressappoco gli stessi dei gruppi C e di controllo aggregati ($M = 1.02$ s; $SD = 0.44$ s), invece, per quanto riguarda i tempi di sterzata il gruppo A&B ($M = 4.72$ s; $DS = 1.59$ s) ha manifestato tempi di reazione di molto superiori a quelli del gruppo C & controllo ($M = 3.43$ s; $DS = 1.28$ s). La coda di veicolo ha evidenziato ulteriori differenze in termini di capacità cognitive: i tempi di rilascio dell'acceleratore del gruppo A&B ($M = 1.25$ s; $DS = 0.49$ s) presentano valori più alti e dispersi della sua controparte, il gruppo C & controllo ($M = 1.14$ s; $DS = 0.28$ s); i tempi di azione sul freno del gruppo A&B ($M = 2.93$ s; $DS = 1.20$ s) sono anche questi superiori e maggiormente dispersi di quelli del gruppo C & controllo ($M = 2.65$ s; $DS = 0.71$ s). Essendo l'intervallo delle velocità adottate dai partecipanti di tutti i gruppi, in corrispondenza degli ostacoli, il medesimo, si conclude che i partecipanti che hanno eseguito la prova in condizioni sobrie hanno evidenziato le prestazioni di guida superiori, con tempi di reazione minori che, nell'ambito della circolazione stradale, si traducono a loro volta in minori spazi percorsi.

Si è stabilito di escludere il gruppo di controllo (percentuale di superamento dei limiti di velocità su tutto il tracciato, PSL = 51.6%) dall'analisi dello stile di guida per via dei profili di velocità registrati, che denotano una condotta di guida aggressiva e poco osservante dei limiti. È possibile che i partecipanti di quest'ultimo si siano sentiti meno coinvolti dei partecipanti cui è stata somministrata una delle qualità di vino disponibili. In questo caso il gruppo di riferimento diventa il gruppo C, che ha moderato la propria velocità in modo consapevole e responsabile, dimostrando ancora una volta l'importanza dell'effetto placebo. Il numero di infrazioni commesse dal gruppo B (PSL = 55.1%) supera di gran lunga quelle dei gruppi A (PSL = 35.9%) e C (PSL = 38.3%), che al contrario hanno mantenuto dei profili di velocità moderati. Tale risultato evidenzia un comportamento di guida più aggressivo per i partecipanti che hanno ingerito il vino commerciale, che potrebbe ricondursi ad una disattenzione della segnaletica stradale o ad uno stile di guida già alla base più aggressivo. Si tende ad escludere la seconda ipotesi, visti i risultati delle rette di regressione della velocità media in funzione del BAC, positive in tutte le parti del tracciato per il gruppo B (par. 3.6.1, par. 3.6.2 e par. 3.6.3). Questa è l'unica differenza osservata tra i gruppi A e B. Non si esclude che per valori di BAC più alti tale differenza possa incrementare/ridursi, ma stando a quanto riportato in letteratura, resta improbabile che il contenuto di solfiti all'interno di un vino possa pregiudicare il grado di attenzione dei guidatori in una quota parte maggiore del quantitativo di alcol contenuto nello stesso.

I dati relativi al comportamento di guida in funzione delle caratteristiche del tracciato sono conformi a quanto presente in letteratura, mostrando un importante deficit di prestazioni per i guidatori condizionati dall'alcol. Va precisato che in alcune situazioni tale decremento è meno apprezzabile, probabilmente dovuto al basso quantitativo di vino somministrato. I valori di SDLP, ed in particolare le rette di regressione, sono comparabili a quelli riportati in letteratura. Tuttavia, visto l'obiettivo dell'esperimento, che si colloca in una iniziativa sul bere **responsabile** e **consapevole** con conseguenti minori quantitativi di alcol somministrati, si è osservato che l'azione sul volante è maggiormente condizionata dallo stile di guida personale piuttosto che dall'alterazione alcolica in sé.

Importantissima è stata l'analisi del comportamento di guida condizionato dalla presenza di vincoli laterali, che hanno impedito la fruizione della banchina o della corsia con direzione di marcia opposta. Dimostrando che i guidatori sono maggiormente inibiti dalla presenza di vincoli laterali posizionati sul confine sinistro della corsia, che li spinge ad allontanarsi maggiormente dall'ostacolo (Figura 4.1 e Figura 4.2). Dal confronto tra i gruppi si denota una minore dispersione delle posizioni all'interno della corsia da parte del gruppo A, che ha dimostrato un comportamento più affine ai gruppi C e di controllo. Inoltre, i valori di deviazione standard di velocità che sono stati registrati dai gruppi A e B sono superiori a quelli dei gruppi C e controllo proprio in corrispondenza del vincolo laterale sinistro (coni posizionati al centro della carreggiata).

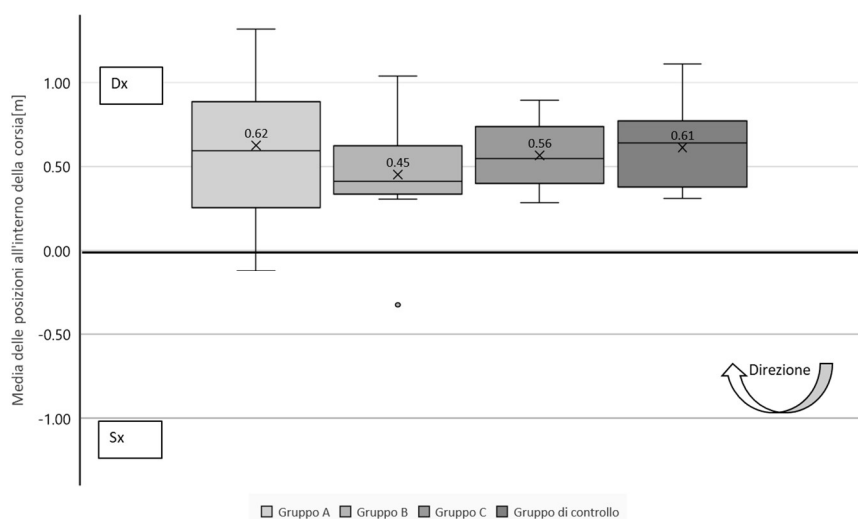


Figura 4.1. Media delle posizioni del veicolo all'interno della corsia in curva destrorsa con coni stradali al centro della carreggiata

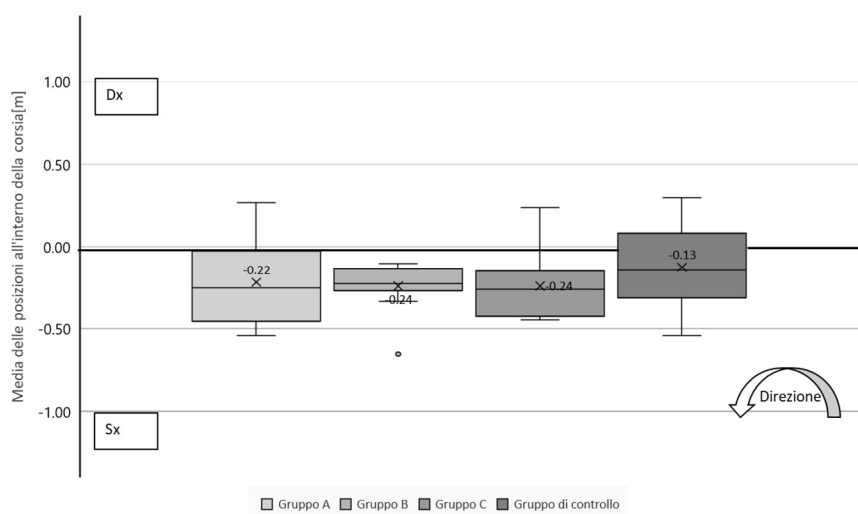


Figura 4.2. Media delle posizioni del veicolo all'interno della corsia in curva sinistrorsa senza banchina

L'analisi dei dati visivi (*heatmap*) è conforme ai risultati trovati in letteratura. Indipendentemente dalla qualità di vino (biodinamico o commerciale), i partecipanti che hanno manifestato valori di concentrazione di alcol nel sangue più elevati non sono stati in grado di gestire informazioni visive diverse dalla segnaletica orizzontale. L'affaticamento visivo è riscontrabile anche nel numero di chiusure delle palpebre registrate durante la guida, in ogni caso superiori per i gruppi A e B. Inoltre, si è dimostrato che in curva, cui corrisponde un livello di *workload* superiore, i partecipanti condizionati dall'alcol focalizzano lo sguardo quasi esclusivamente nel ciglio interno e riducono il numero di chiusure delle palpebre, prestando maggiore attenzione a tutte quelle situazioni potenzialmente più pericolose e meno familiari, ma allo stesso tempo ignorando tutto ciò che è “al di fuori” della carreggiata.

Bibliografia

- Donald L. Fisher, Matthew Rizzo, Jeff K. Caird, John D. Lee, (2011). *Handbook of driving simulation for engineering, medicine, and psychology*. CRC Press. Chapter 44.
- Du, H., Zhao, X., Zhang, G., & Rong, J. (2016). Effects of Alcohol and Fatigue on Driving Performance in Different Roadway Geometries. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 2584, pp. 88-96.
- Finley, M. D., Miles, J. D., & Park, E. S. (2017). Closed-Course Study to Examine the Effect of Alcohol Impairment on a Driver's Ability to Identify and Read Signs. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 2660, pp. 86-93.
- Helland, A., Jenssen, G. D., Lervåg, L. E., Westin, A. A., Moen, T., Sakshaug, K., ... & Slørdal, L. (2013). Comparison of driving simulator performance with real driving after alcohol intake: A randomised, single blind, placebo-controlled, cross-over trial. *Accident Analysis & Prevention*, 53, pp- 9-16.
- Leung, S., & Starmer, G. (2005). Gap acceptance and risk-taking by young and mature drivers, both sober and alcohol-intoxicated, in a simulated driving task. *Accident Analysis & Prevention*, 37(6), pp. 1056-1065.
- Marple-Horvat, D. E., Cooper, H. L., Gilbey, S. L., Watson, J. C., Mehta, N., Kaur-Mann, D., ... & Keil, D. (2008). Alcohol badly affects eye movements linked to steering, providing for automatic in-car detection of drink driving. *Neuropsychopharmacology*, 33(4), pp. 849-858.
- Umulis, D. M., Gürmen, N. M., Singh, P., & Fogler, H. S. (2005). A physiologically based model for ethanol and acetaldehyde metabolism in human beings. *Alcohol*, 35(1), pp. 3-12.
- Widmark, E. M. P. (1932). Die theoretischen Grundlagen und die praktische Verwendbarkeit der gerichtlich-medizinischen Alkoholbestimmung. *Urban & Schwarzenberg*.

Sitografia

<http://cognitivefun.net>

<http://www.alco-service.it/etilometro-personale-8000.html>

[http://www.salute.gov.it/portale/temi/p2_6.jsp?lingua=italiano&id=459&area=stiliVita
&menu=vuoto](http://www.salute.gov.it/portale/temi/p2_6.jsp?lingua=italiano&id=459&area=stiliVita&menu=vuoto)

http://www.treccani.it/enciclopedia/effetto-placebo-e-nocebo_%28XXI-Secolo%29/

<https://docs.pupil-labs.com>

[https://www.corriere.it/salute/14_giugno_30/mal-d-auto-conflitto-quello-che-l-occhio-
vede-l-orecchio-avverte-924b392e-003e-11e4-9185-2e4a12f9e1bf.shtml](https://www.corriere.it/salute/14_giugno_30/mal-d-auto-conflitto-quello-che-l-occhio-vede-l-orecchio-avverte-924b392e-003e-11e4-9185-2e4a12f9e1bf.shtml)

[https://www.eataly.net/it_it/magazine/eataly-racconta/differenze-vino-biologico-
biodinamico-naturale/.](https://www.eataly.net/it_it/magazine/eataly-racconta/differenze-vino-biologico-biodinamico-naturale/)

Allegati

Allegato 1. Modulo di presentazione

PRESENTAZIONE DELL'ATTIVITA' DI RICERCA

Torino, marzo 2018

Il Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture (DIATI) del Politecnico di Torino svolge attività di ricerca nell'ambito della Sicurezza Stradale. Recentemente è stato acquisito un Simulatore di Guida di supporto a questa attività, ed è stato costituito il *Laboratorio di Sicurezza Stradale e Simulazione*

(http://www.diatl.polito.it/il_dipartimento/strutture_interne/laboratori/sicurezza_stradale_e_simulazione_di_guida).

Le specifiche finalità della ricerca sono quelle di analizzare il comportamento del guidatore in funzione degli stimoli di varia natura (visivi, acustici, tattili) che riceve dall'ambiente stradale stando a bordo di un Simulatore in cui gli eventi di guida si sviluppano in un contesto virtuale molto simile a quello reale. L'uso di un Simulatore offre una serie di vantaggi: da un lato lo sperimentatore ha una totale capacità di controllo degli eventi e acquisisce dati di risposta del guidatore a costi inferiori rispetto a quelli connessi con l'uso di veicoli reali; dall'altro il campione di guidatori coinvolto nell'esperimento è soggetto a un rischio di incidente nullo.

La sperimentazione che ti viene proposta è finalizzata allo studio del comportamento del guidatore nei riguardi dell'attenzione visiva durante la guida condizionata all'assunzione di sostanze alcoliche.

L'esperimento prevede la compilazione di questionari informativi e la guida su un tracciato stradale. Per l'esecuzione degli esperimenti di guida, potresti essere equipaggiato con occhiali speciali (*eye-tracking glasses*): questi necessitano di una taratura specifica per ogni partecipante (che dovrà essere fatta preventivamente agli esperimenti di guida), e non sono sempre compatibili con gli occhiali da vista; per questo ti chiederei, se in possesso, di indossare le **lenti a contatto**.

Segnalo che la simulazione potrebbe generare lievi **stati di malessere**: nel qual caso l'esperimento potrà essere immediatamente interrotto quando lo riterrai opportuno.

I risultati saranno divulgati per soli scopi scientifici senza fini di lucro, saranno presentati in convegni e pubblicati su tesi di Laurea Magistrale e articoli di riviste scientifiche, in forma aggregata e rigorosamente anonima. L'accesso ai locali del Laboratorio ti sarà consentito solamente se accompagnato da soggetti autorizzati. Preciso, infine, che la partecipazione a questa attività è del tutto volontaria e non è previsto alcun compenso economico.

Nel caso in cui tu fossi interessato a partecipare, ti chiederei cortesemente di:

- non assumere sostanze alcoliche il giorno prima del test;
- se possibile, dormire almeno 8 ore la notte antecedente al test;
- se possibile, raggiungere il luogo del test (DIATI) non utilizzando la tua automobile, ma avvalendoti per esempio dei mezzi di trasporto pubblico;
- non fare colazione la mattina del test, se questo non fosse possibile per motivi di salute ti chiediamo di fare una colazione leggera, con alimenti privi di grassi;
- non consumare altre sostanze alcoliche per il resto della giornata;
- non mettersi alla guida nelle due ore successive al test.

QUESTIONARIO PER ATTIVITA' DI RICERCA CON L'USO DEL SIMULATORE DI GUIDA

Nome e Cognome

Sesso ☐ M ☐ F

Altezzam

Pesokg

Anno di nascita

Cellulare (o interno) e-mail

Anno di conseguimento della patente di guida

km percorsi in un anno (media)

Frequenza di utilizzo dell'auto (ore/settimana)

n° di incidenti in cui si è stati coinvolti (totale)

Livello di istruzione ☐ licenza media inferiore ☐ qualifica professionale triennale
 ☐ diploma scuole superiori ☐ laurea 1° livello o diploma universitario
 ☐ laurea 2° livello o vecchio ordinamento
 ☐ specializzazioni/master post-laurea 2° livello/dottorato

Familiarità con l'uso di software di guida (es. videogiochi) ☐ SI ☐ NO

Utilizzo di lenti da vista ☐ SI ☐ NO

Utilizzo di lenti a contatto ☐ SI ☐ NO

Precedenti episodi di crisi epilettiche (o epilessia in trattamento farmacologico) ☐ SI ☐ NO

Luogo e data Firma

INFORMATIVA SULLA PRIVACY

Gentile Signore/a,

ai sensi del D. Lgs. n. 196/2003 "Codice in materia di protezione dei dati personali", il trattamento delle informazioni che La riguardano sarà improntato ai principi di correttezza, liceità e trasparenza, tutelando la Sua riservatezza e i Suoi diritti.

Ai sensi dell'art. 13 del predetto decreto, Le forniamo le seguenti informazioni.

1. RACCOLTA DEI DATI.

La raccolta dei dati avviene attraverso la compilazione del "Questionario per attività di ricerca con l'uso del simulatore di guida". Si considerano sensibili "i dati personali idonei a rivelare l'origine razziale ed etnica, le convinzioni religiose, filosofiche o di altro genere, le opinioni politiche, l'adesione a partiti, sindacati, associazioni od organizzazioni a carattere religioso, filosofico, politico o sindacale, nonché i dati personali idonei a rivelare lo stato di salute e la vita sessuale".

La informiamo, in ogni caso, che eventuali dati sensibili da Lei volontariamente messi a disposizione nel suddetto questionario potranno essere oggetto di trattamento unicamente per le finalità di seguito indicate.

Il trattamento di eventuali dati sensibili relativi alla Sua persona sarà comunque subordinato al Suo espresso consenso, riportato in calce alla presente informativa.

2. FINALITA' DEL TRATTAMENTO.

Il trattamento dei dati personali – ivi compresi eventuali dati sensibili – raccolti tramite il suddetto questionario avviene unicamente per scopi di ricerca scientifica, consentendo ai soggetti autorizzati al trattamento di costruire un campione di guidatori con caratteristiche idonee all'attività in esame.

3. MODALITA' DEL TRATTAMENTO.

Il trattamento dei dati si svolgerà in conformità con quanto previsto dal D. Lgs. n. 196/2003 e sarà effettuato sia manualmente, con supporti cartacei, sia con l'ausilio di mezzi informatizzati. I dati saranno conservati sia in archivi cartacei sia in archivi elettronici. In ogni caso il trattamento dei dati avverrà con logiche strettamente correlate alle finalità indicate e con modalità che garantiscano la sicurezza e la riservatezza dei dati medesimi, attraverso l'adozione di misure idonee ad impedire l'alterazione, la cancellazione, la distruzione, l'accesso non autorizzato o il trattamento non consentito o non conforme alle finalità della raccolta.

4. COMUNICAZIONE E DIFFUSIONE DEI DATI.

I dati personali acquisiti saranno trattati solamente dai soggetti autorizzati – ricercatori, responsabili e incaricati del trattamento – con modalità manuali e/o automatizzate, tali da garantire la sicurezza e la riservatezza degli stessi. In ogni caso, i Suoi dati personali non saranno soggetti a diffusione. Come espresso all'art. 8 dell'All. A4 del D. Lgs. n. 196/2003, "è consentito diffondere i dati anche mediante pubblicazione dei risultati statistici soltanto in forma aggregata ovvero secondo modalità che non rendano identificabili gli interessati neppure tramite dati identificativi indiretti".

6. DURATA DEL TRATTAMENTO.

Il trattamento dei dati è effettuato per il tempo necessario al conseguimento degli scopi per cui sono stati raccolti.

CONSENSO

Letta l'informativa, acconsento al trattamento dei miei dati personali ed, espressamente, al trattamento di eventuali dati sensibili, per il conseguimento delle su esposte finalità.

☐ Acconsento ☐ Non acconsento

Inoltre, acconsento al trattamento dei risultati delle esperienze di guida svolte e alla loro pubblicazione su tesi di Laurea Magistrale e/o pubblicazioni scientifiche in forma aggregata e rigorosamente anonima.

☐ Acconsento ☐ Non acconsento

Luogo e data Firma

Allegato 2. Questionario pre-guida

QUESTIONARIO PER ATTIVITA' DI RICERCA CON L'USO DEL SIMULATORE DI GUIDA
QUESTIONARIO PRE-GUIDA

Nome e Cognome

Numero identificativo del test

Giorno

Ora

È attualmente in buona salute?

☐ SI

☐ NO

Se no, di cosa soffre?

.....

Ha assunto medicinali nelle precedenti 24h?

☐ SI

☐ NO

Se si, quali? (è sufficiente la categoria)

.....

È affetto da malattie croniche (asma, diabete, ansia, allergia...)?

☐ SI

☐ NO

Se si, quali?

.....

Precedenti episodi di crisi epilettica (o epilessia in trattamento farmacologico)

☐ SI

☐ NO

Quanto tempo fa ha consumato l'ultimo pasto?oreminuti

Ha fatto colazione stamane?

☐ SI, leggera e priva di grassi

☐ SI, una colazione ordinaria

☐ NO

Ha assunto bevande alcoliche negli ultimi 7 giorni?

☐ SI

☐ NO

Ha assunto bevande alcoliche nelle precedenti 24h?

☐ SI

☐ NO

Ha raggiunto il luogo del test (DIATI) utilizzando la propria automobile?

☐ SI

☐ NO

Quante ore ha dormito la notte precedente?

.....

Utilizza dispositivi per la correzione visiva?

☐ SI

☐ NO

Attualmente li indossa?

☐ SI

☐ NO

Se si, quali?

☐ Occhiali

☐ Lenti a contatto

Valuti il quantitativo di alcol contenuto nel vino appena bevuto con un punteggio da 1 a 5 punti:

Allegato 3. Questionario post-guida

QUESTIONARIO PER ATTIVITA' DI RICERCA CON L'USO DEL SIMULATORE DI GUIDA QUESTIONARIO DI POST-SIMULAZIONE

Nome e Cognome

Numero identificativo del test

Giorno

Ora

Indicare se attualmente percepisce uno o più dei seguenti sintomi:

- | | | | | |
|----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| - Generale disagio | ☐ per nulla | ☐ lieve | ☐ moderato | ☐ intenso |
| - Fatica | ☐ per nulla | ☐ lieve | ☐ moderato | ☐ intenso |
| - Mal di testa | ☐ per nulla | ☐ lieve | ☐ moderato | ☐ intenso |
| - Stanchezza visiva | ☐ per nulla | ☐ lieve | ☐ moderato | ☐ intenso |
| - Difficoltà nella messa a fuoco | ☐ per nulla | ☐ lieve | ☐ moderato | ☐ intenso |
| - Incremento di salivazione | ☐ per nulla | ☐ lieve | ☐ moderato | ☐ intenso |
| - Incremento di sudorazione | ☐ per nulla | ☐ lieve | ☐ moderato | ☐ intenso |
| - Nausea | ☐ per nulla | ☐ lieve | ☐ moderato | ☐ intenso |
| - Difficoltà di concentrazione | ☐ per nulla | ☐ lieve | ☐ moderato | ☐ intenso |
| - Intontimento | ☐ per nulla | ☐ lieve | ☐ moderato | ☐ intenso |
| - Visione offuscata | ☐ per nulla | ☐ lieve | ☐ moderato | ☐ intenso |
| - Capogiro (a occhi aperti) | ☐ per nulla | ☐ lieve | ☐ moderato | ☐ intenso |
| - Capogiro (a occhi chiusi) | ☐ per nulla | ☐ lieve | ☐ moderato | ☐ intenso |
| - Vertigini | ☐ per nulla | ☐ lieve | ☐ moderato | ☐ intenso |
| - Sensibilità di stomaco | ☐ per nulla | ☐ lieve | ☐ moderato | ☐ intenso |
| - Disturbi digestivi | ☐ per nulla | ☐ lieve | ☐ moderato | ☐ intenso |
| - Altro | | | | |

Quanto hanno influito i seguenti aspetti sulla sua esperienza di guida?

- | | | | | |
|---------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| - Presenza delle camere | ☐ per nulla | ☐ lieve | ☐ moderato | ☐ intenso |
| - Surriscaldamento delle camere | ☐ per nulla | ☐ lieve | ☐ moderato | ☐ intenso |

Da quali elementi è stato condizionato il suo comportamento di guida (velocità e traiettoria)?

- ☐ Presenza della segnaletica orizzontale
 ☐ Presenza del muro a lato
☐ Presenza di elementi sulla banchina
☐ Altro.....

Allegati

Sulla base della precedente domanda, le è rimasta impressa una situazione particolare? ☐ SI ☐ NO
Se SI, ne fornisca una breve descrizione.

.....

.....

.....

.....

In alcune situazioni ha provato particolare difficoltà a guidare in termini di controllo del veicolo e scelta della traiettoria?

☐ SI ☐ NO

Se SI, per quale motivo?

.....

.....

.....

.....

Per guidatori alla prima esperienza con il simulatore di guida

Esprimere un giudizio sull'interazione con i dispositivi audio-visivi e meccanici:

- | | | | |
|--|----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| - Riproduzione del campo visivo | ☐ pessimo | ☐ buono | ☐ ottimo |
| - Percezione degli specchietti | ☐ pessimo | ☐ buono | ☐ ottimo |
| - Veridicità degli effetti sonori | ☐ pessimo | ☐ buono | ☐ ottimo |
| - Veridicità della strumentazione di bordo | ☐ pessimo | ☐ buono | ☐ ottimo |
| - Risposta del volante | ☐ pessimo | ☐ buono | ☐ ottimo |
| - Risposta del cambio | ☐ pessimo | ☐ buono | ☐ ottimo |
| - Percezione dell'acceleratore | ☐ pessimo | ☐ buono | ☐ ottimo |
| - Percezione del freno | ☐ pessimo | ☐ buono | ☐ ottimo |

Di quali elementi/strumenti si è servito per valutare la velocità di marcia?

☐ Contachilometri

☐ Monitor laterali

☐ Altro:

Familiarità con l'uso di software di guida (es. videogiochi).

Se SI, ha avuto un approccio simile?

☐ per nulla

☐ poco-lieve

☐ abbastanza-moderata

☐ molto

In relazione all'esperienza avuta, parteciperebbe ad altri esperimenti di simulazione?

☐ SI

☐ NO

Allegato 4. Modulo di raccolta dati

**QUESTIONARIO PER ATTIVITA' DI RICERCA CON L'USO DEL SIMULATORE DI GUIDA
MONITORAGGIO PERFORMANCE: TEST COGNITIVI**

Nome e Cognome.....

ORA Pre-Guida

N. Code

ORA Post-Guida

Ora somm.....

n. Prova	PRE-GUIDA		POST-GUIDA	
	Test Visivo	Test Uditivo	Test Visivo	Test Uditivo
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
Tempo Medio				

BAC

BAC

Batt. Card. % O

Batt. Card. % O.....

Allegato 5. Protocollo riassuntivo

PROTOCOLLO

7:30

- ACCENDERE SIMULATORE (prima pc sotto il sedile poi pc dietro i monitor);
- ACCENDERE TUTTI I MONITOR;
- CALIBRARE CAMBIO E PEDALI (pannello di controllo → dispositivi e stampanti → game control sett.);
- Preparare etilometro e beccucci;
- Collegare cavo HDMI al monitor;
- AVVIARE SCANNER STUDIO:
 - CONF. MANAGER → VISIBILITÀ_VINO(1.4) → APPLY → OK;
 - FILE → OPEN SCENARIO → PISTA8.SCE;
 - FILE → OPEN SCENARIO → TRACCIATO_AI-NM-VINO.SCE.

8:00 / 9:00 / 10:00

- 1- GIRO DI PROVA DEL TRACCIATO (5 min. di orologio);
- 2- SOMMINISTRAZIONE VINO, segnare orario;

8:10 / 9:10 / 10:10

- 3- Compilazione questionario pre-guida (ALLEGATO 2);
- 4- Impostare sorgente HDMI 4;
- 5- INSTALLAZIONE E CALIBRAZIONE EYE-TRACKING;
- 6- Installazione sensori biometrici;
- 7- Sensibilizzazione sul comportamento di guida;

8:30 / 9:30 / 10:30

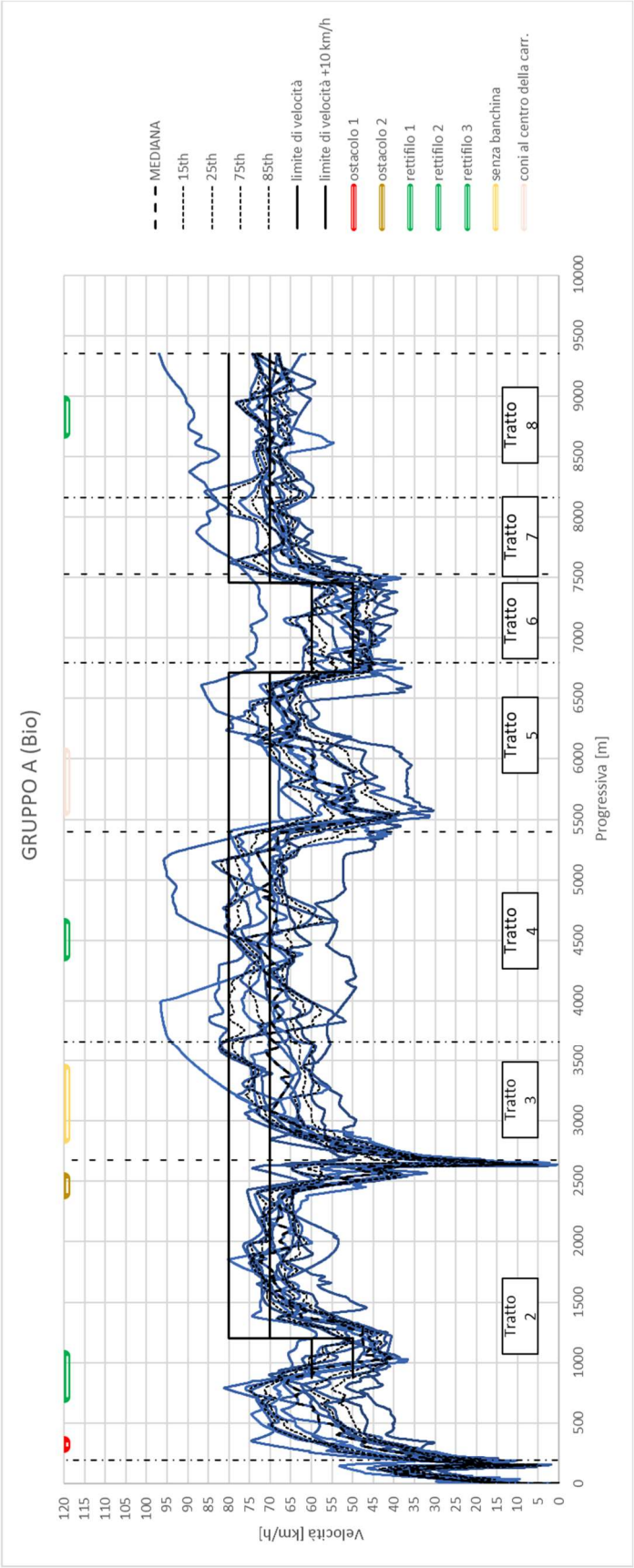
- 8- TEST DI PERCEZIONE E REAZIONE VISIVO E UDITIVO, segnare orario e risultati;
- 9- MISURARE PULSAZIONI, segnare risultati;
- 10- MISURARE BAC CON ETILOMETRO, segnare risultato;
- 11- CALIBRAZIONE EYE-TRACKING;
- 12- Impostare sorgente HDMI 1;
- 13- AVVIARE REGISTRAZIONE CON PUPIL CAPTURE;
- 14- AVVIARE REGISTRAZIONE SENSORI BIOMETRICI;
- 15- AVVIARE SIMULAZIONE;
- 16- Prova puntamento eye-tracking su elementi stradali;

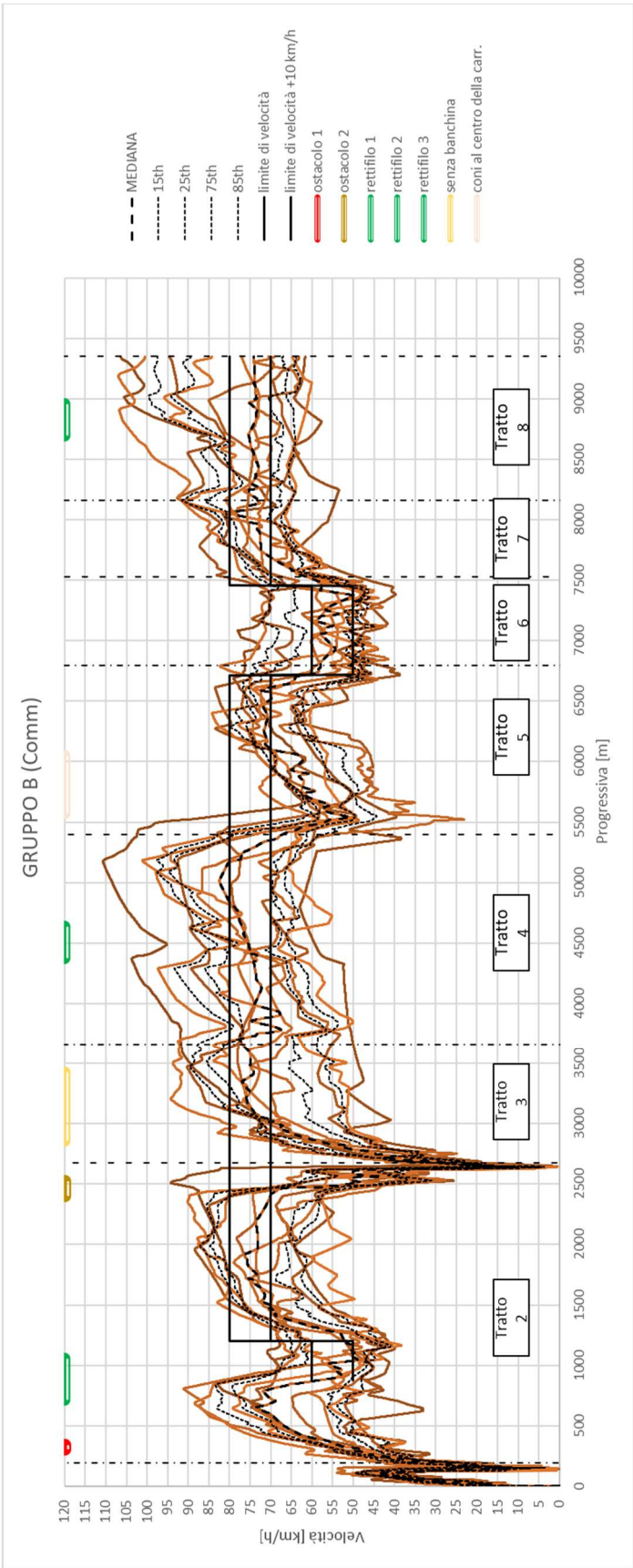
8:47 / 9:47 / 10:47

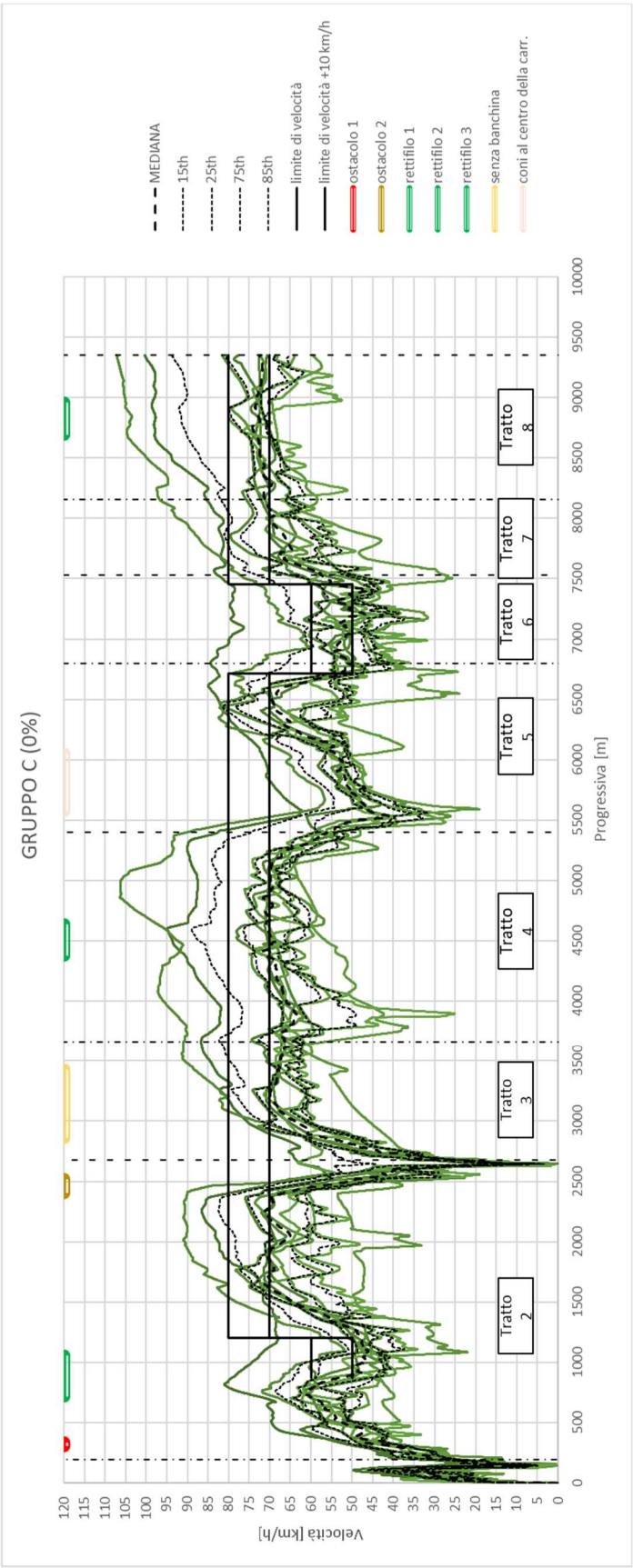
- 17- Prova puntamento eye-tracking su marker;
- 18- SPEGNERE SIMULAZIONE;
- 19- MISURARE BAC CON ETILOMETRO, segnare risultato;
- 20- TEST DI PERCEZIONE E REAZIONE VISIVO E UDITIVO (impostare sorgente HDMI 4), segnare orario e risultati;

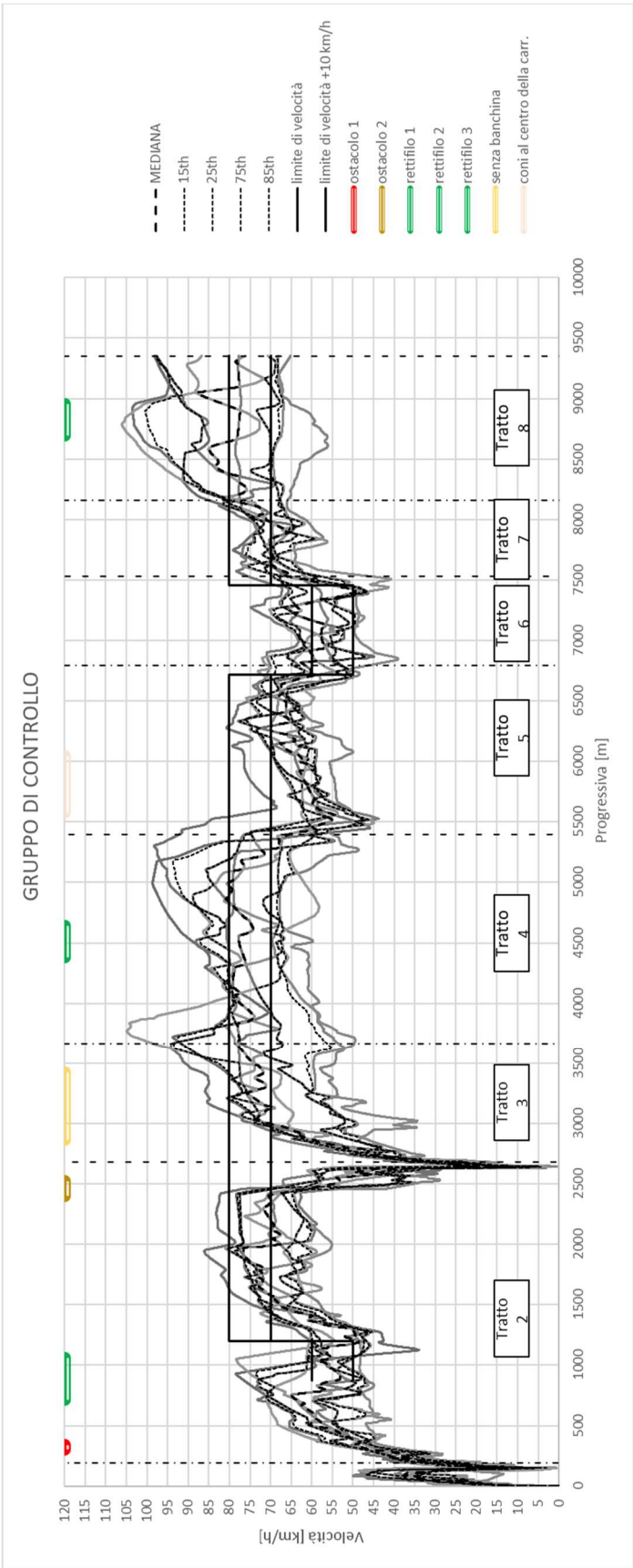
Compilazione questionario post-guida (ALLEGATO 3).

Allegato 6. Profili di velocità

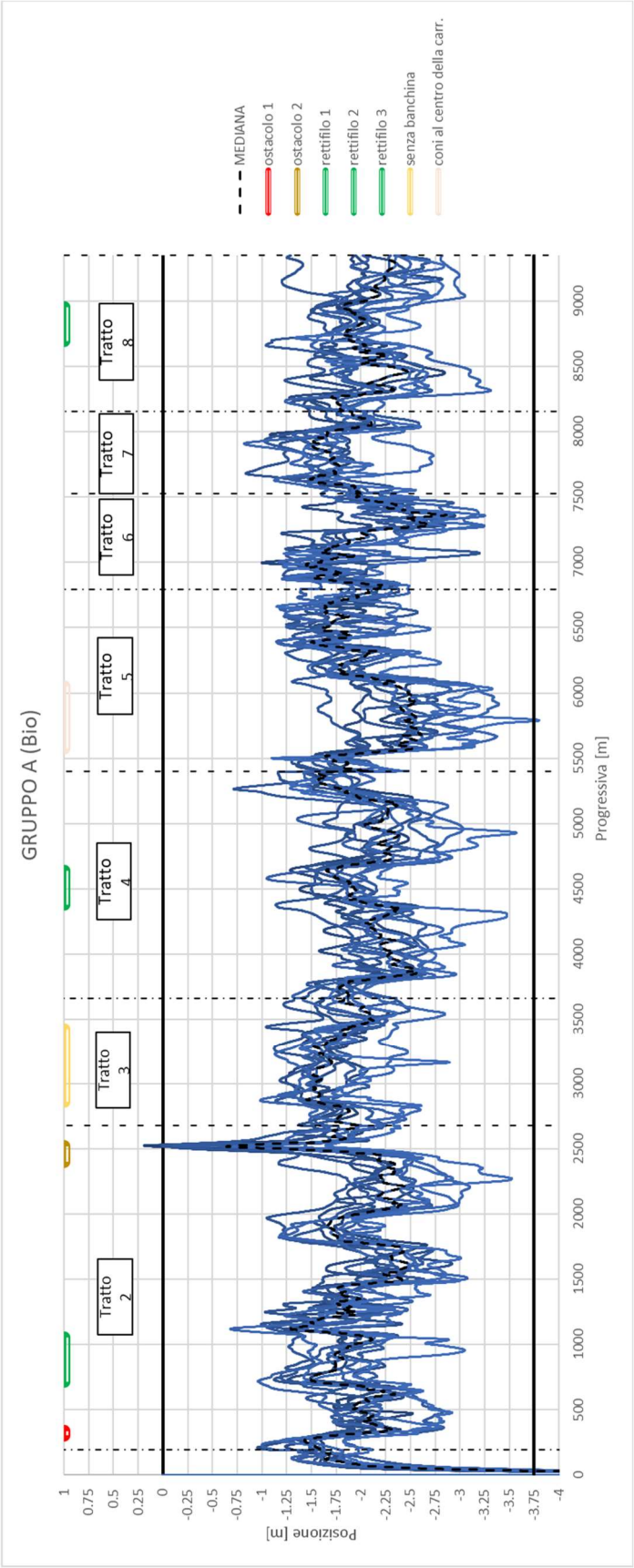


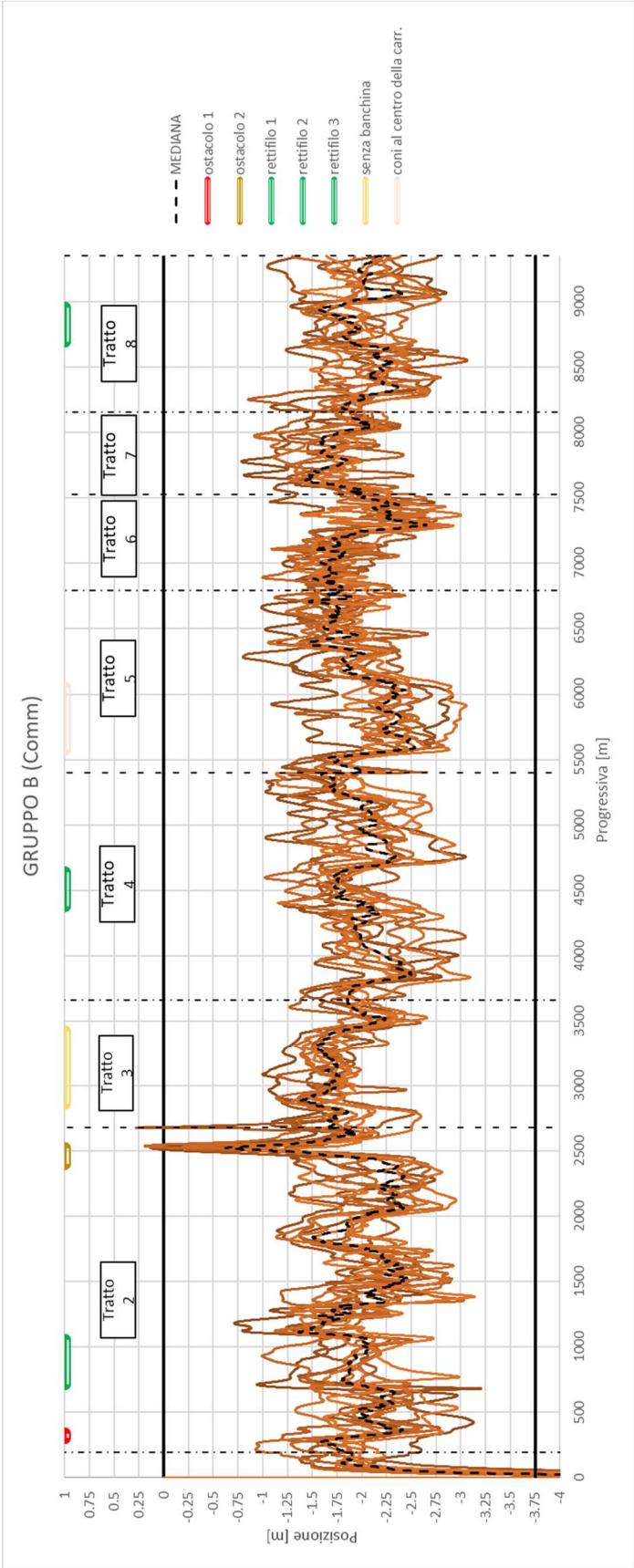


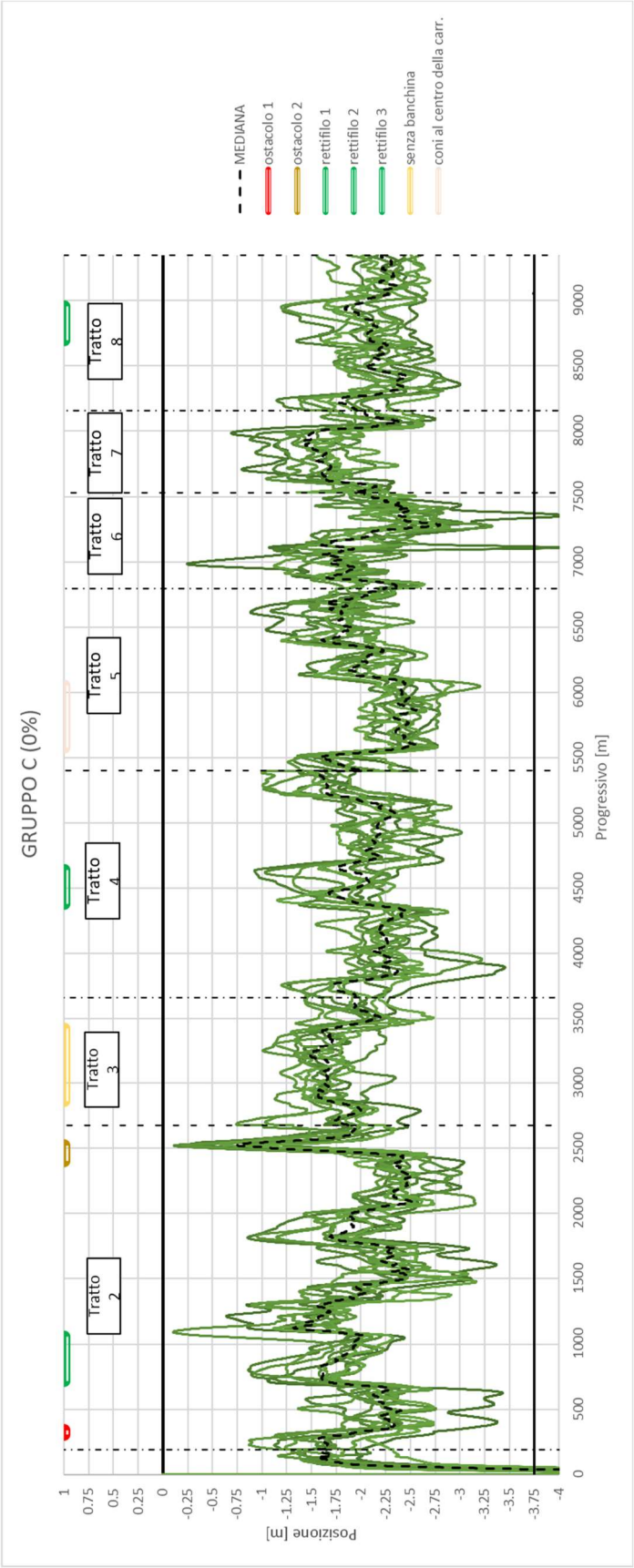


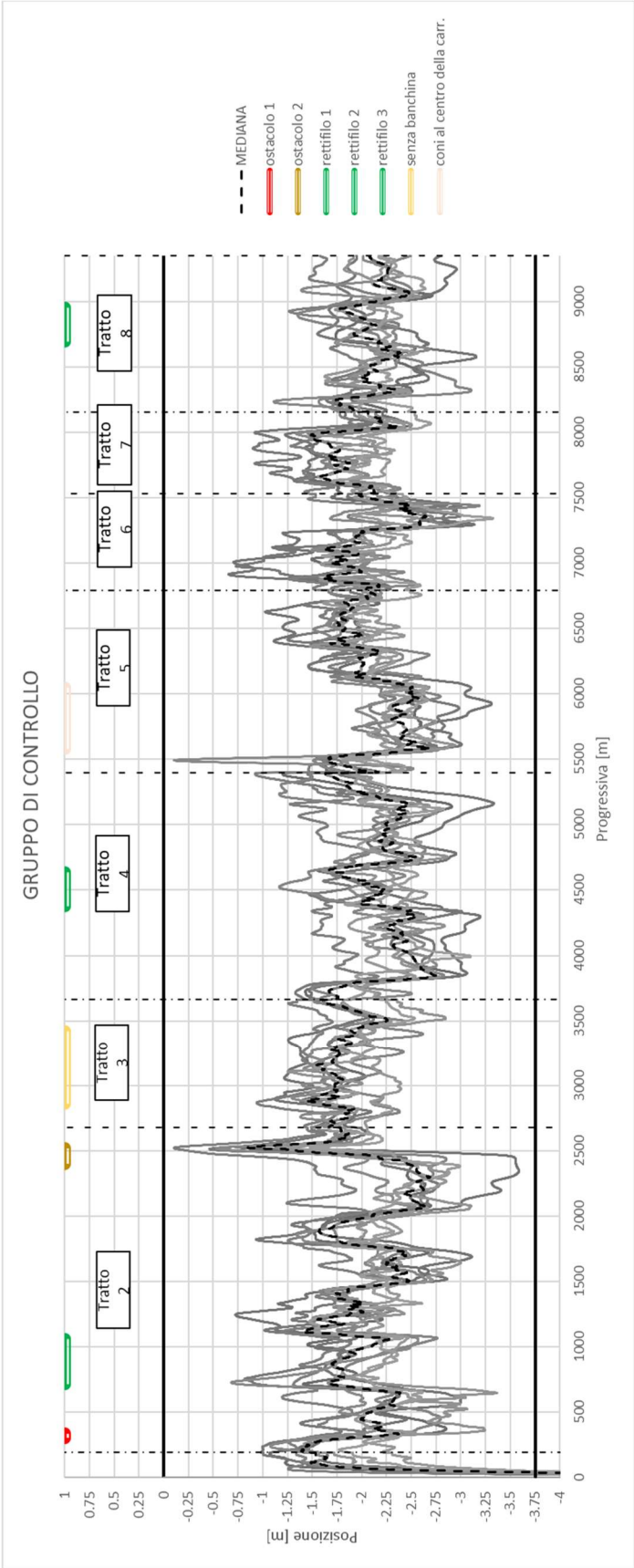


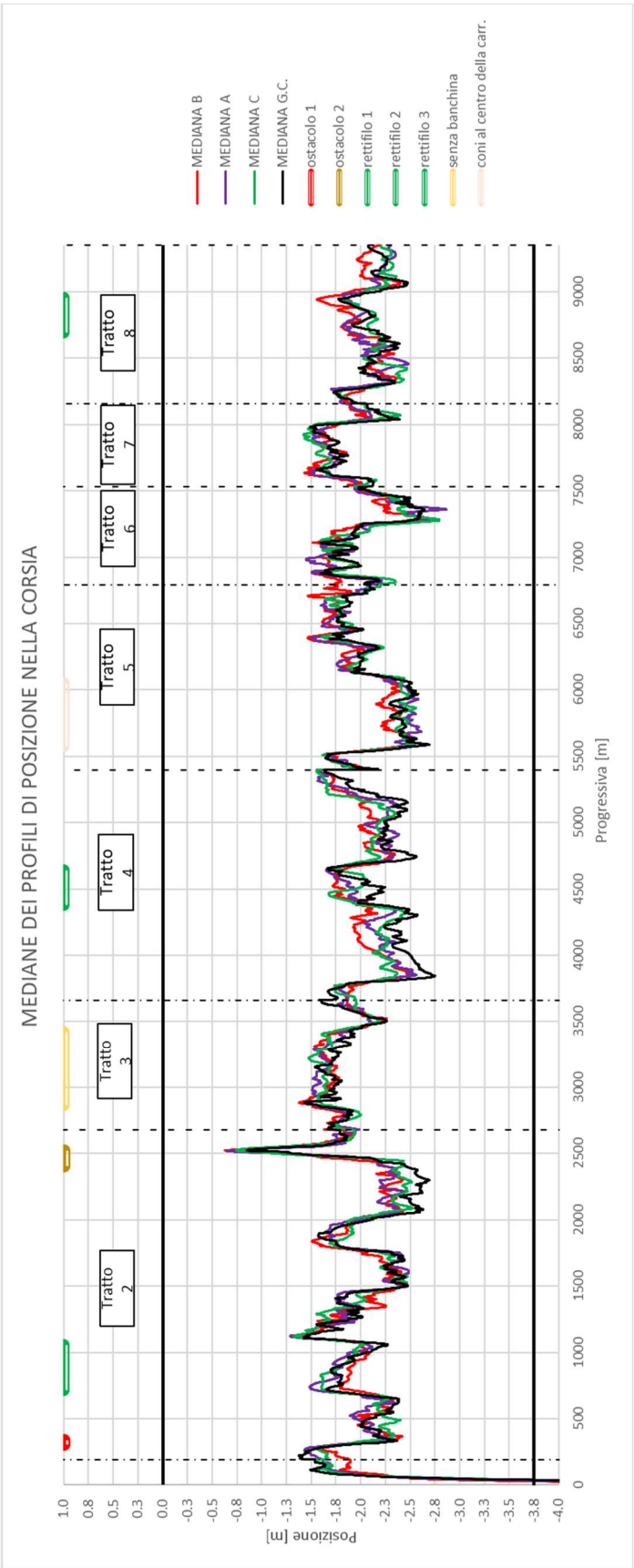
Allegato 7. Profili di posizione nella corsia









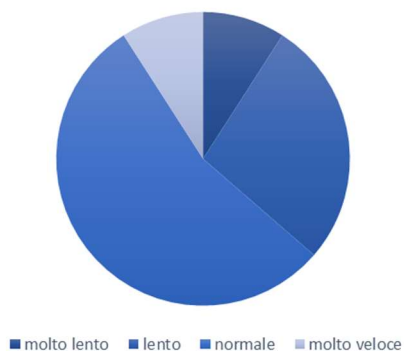


Allegato 8. Percentili dei profili di velocità

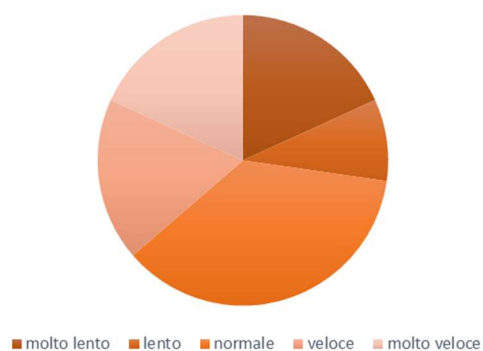
		Gruppo A (Bio)				
		Mediana	15th perc	25th perc	75th perc	85th perc
		km/h	km/h	km/h	km/h	km/h
<i>1° Rettifilo</i>	Media	58.9	48.5	52.5	65.1	67.6
	Dev. St.	7.3	4.8	6.7	5.2	5.4
<i>Senza banchina</i>	Media	66.0	59.2	61.8	70.8	72.2
	Dev. St.	2.5	2.0	1.8	3.5	3.7
<i>Coni al centro della carreggiata</i>	Media	56.6	47.3	51.4	60.8	64.2
	Dev. St.	3.2	2.6	2.1	3.2	2.8
<i>Velocità media nel 2° e 3° rettifilo [km/h]</i>	Media	71.5	65.5	67.6	75.2	76.3
	Dev. St.	1.9	4.8	3.8	1.9	2.4
		Gruppo B (Comm.)				
		Mediana	15th perc	25th perc	75th perc	85th perc
		km/h	km/h	km/h	km/h	km/h
<i>1° Rettifilo</i>	Media	60.5	47.6	50.7	72.1	75.7
	Dev. St.	7.9	1.8	3.1	6.4	6.8
<i>Senza banchina</i>	Media	72.2	52.8	59.9	76.0	79.4
	Dev. St.	4.6	2.0	3.1	4.7	6.1
<i>Coni al centro della carreggiata</i>	Media	61.0	50.2	53.9	64.7	65.9
	Dev. St.	2.6	1.8	2.6	3.8	3.3
<i>Velocità media nel 2° e 3° rettifilo [km/h]</i>	Media	74.9	64.8	68.4	84.9	89.5
	Dev. St.	1.1	4.5	3.0	4.4	6.0
		Gruppo C (0%)				
		Mediana	15th perc	25th perc	75th perc	85th perc
		km/h	km/h	km/h	km/h	km/h
<i>1° Rettifilo</i>	Media	53.2	44.7	47.8	59.4	64.0
	Dev. St.	5.5	3.4	5.6	2.5	3.4
<i>Senza banchina</i>	Media	66.4	59.7	61.4	69.2	74.5
	Dev. St.	3.4	3.4	3.6	2.8	4.3
<i>Coni al centro della carreggiata</i>	Media	50.8	46.3	48.3	53.6	58.5
	Dev. St.	2.3	4.6	3.6	2.9	3.2
<i>Velocità media nel 2° e 3° rettifilo [km/h]</i>	Media	71.7	66.7	68.5	76.8	89.1
	Dev. St.	2.1	5.7	4.4	1.0	6.5
		Gruppo di controllo				
		Mediana	15th perc	25th perc	75th perc	85th perc
		km/h	km/h	km/h	km/h	km/h
<i>1° Rettifilo</i>	Media	57.3	49.7	51.5	67.1	69.9
	Dev. St.	3.6	2.3	2.2	4.3	4.0
<i>Senza banchina</i>	Media	70.4	55.5	58.0	73.7	75.0
	Dev. St.	4.0	3.9	4.4	4.5	4.7
<i>Coni al centro della carreggiata</i>	Media	60.8	57.4	58.6	64.5	65.5
	Dev. St.	1.5	2.5	2.2	2.6	2.3
<i>Velocità media nel 2° e 3° rettifilo [km/h]</i>	Media	77.3	67.5	69.7	84.8	92.4
	Dev. St.	1.6	3.6	3.1	4.1	5.6

Gruppo	ID	BAC [g/dl]	Velocità media nel 2° e 3° rettifilo [km/h]	Velocità media S.B. [km/h]	Velocità media C.C.C. [km/h]	Stile di guida rettifilo	Stile di guida S.B.	Stile di guida C.C.C.
A	40	0.023	66.0	58.5	58.0	lento	molto lento	normale
	43	0.062	61.4	53.7	49.5	molto lento	molto lento	lento
	21	0.021	74.5	63.7	36.3	normale	normale	molto lento
	4	0.038	66.3	69.3	51.9	lento	normale	normale
	65	0.071	72.0	68.8	67.9	normale	normale	molto veloce
	63	0.058	84.9	69.3	66.2	molto veloce	normale	molto veloce
	50	0.037	74.8	70.7	46.5	normale	normale	molto lento
	48	0.059	69.0	63.5	59.1	normale	normale	normale
	73	0.059	74.9	71.1	58.6	normale	veloce	normale
	66	0.039	67.1	61.3	56.6	lento	lento	normale
	70	0.055	74.1	75.5	59.4	normale	molto veloce	normale
B	64	0.060	97.2	77.2	65.0	molto veloce	veloce	veloce
	39	0.037	59.6	47.6	51.9	molto lento	molto lento	lento
	8	0.043	86.1	79.0	56.0	veloce	veloce	normale
	17	0.048	65.6	54.2	48.6	lento	lento	molto lento
	18	0.070	75.1	73.3	64.9	normale	normale	veloce
	20	0.049	79.0	74.6	64.5	normale	normale	normale
	58	0.050	70.4	67.3	44.7	normale	normale	molto lento
	68	0.055	74.5	69.3	64.9	normale	normale	veloce
	69	0.060	94.5	87.7	69.4	molto veloce	molto veloce	molto veloce
	71	0.045	85.4	73.3	61.6	veloce	normale	normale
	22	0.058	64.0	50.9	55.4	molto lento	molto lento	normale
C	28							
	34	0.000	95.7	78.0	68.6	molto veloce	molto veloce	molto veloce
	36	0.000	71.6	67.5	52.6	normale	normale	normale
	78	0.000	74.6	64.7	51.9	normale	normale	normale
	47	0.000	70.6	69.4	51.6	normale	veloce	normale
	51	0.000	98.8	78.7	60.9	molto veloce	molto veloce	molto veloce
	61	0.000	71.7	61.2	45.5	normale	lento	molto lento
	14	0.000	69.2	49.5	50.1	normale	molto lento	normale
	72	0.000	67.7	65.7	45.1	lento	normale	molto lento
	67	0.000	66.9	63.9	46.5	lento	normale	lento
	82	0.000	68.9	60.7	50.5	normale	lento	normale
C.G.	75							
	76	0.000	88.0	74.7	62.4	veloce	veloce	normale
	77	0.000	93.9	79.0	73.6	molto veloce	molto veloce	molto veloce
	86	0.000	82.0	57.8	61.3	normale	lento	normale
	79	0.000	79.0	73.9	57.5	normale	veloce	lento
	80	0.000	61.4	53.6	53.9	molto lento	molto lento	molto lento
	81	0.000	68.0	50.2	65.6	lento	molto lento	molto veloce
	87	0.000	0.0	0.0	0.0			
	83	0.000	70.0	72.1	60.6	normale	normale	normale
	84	0.000	78.9	71.3	59.5	normale	normale	normale
	85	0.000	85.6	66.2	62.0	veloce	normale	normale

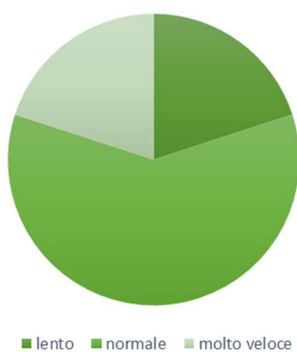
**Stile di guida:
gruppo A**



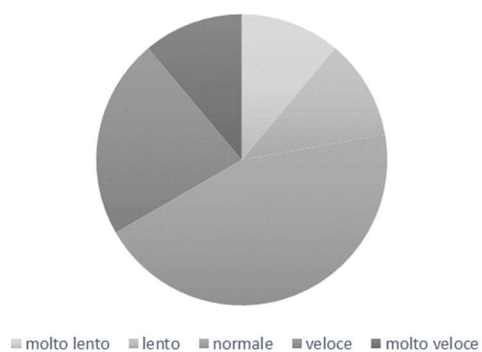
**Stile di guida:
gruppo B**



**Stile di guida:
gruppo C**

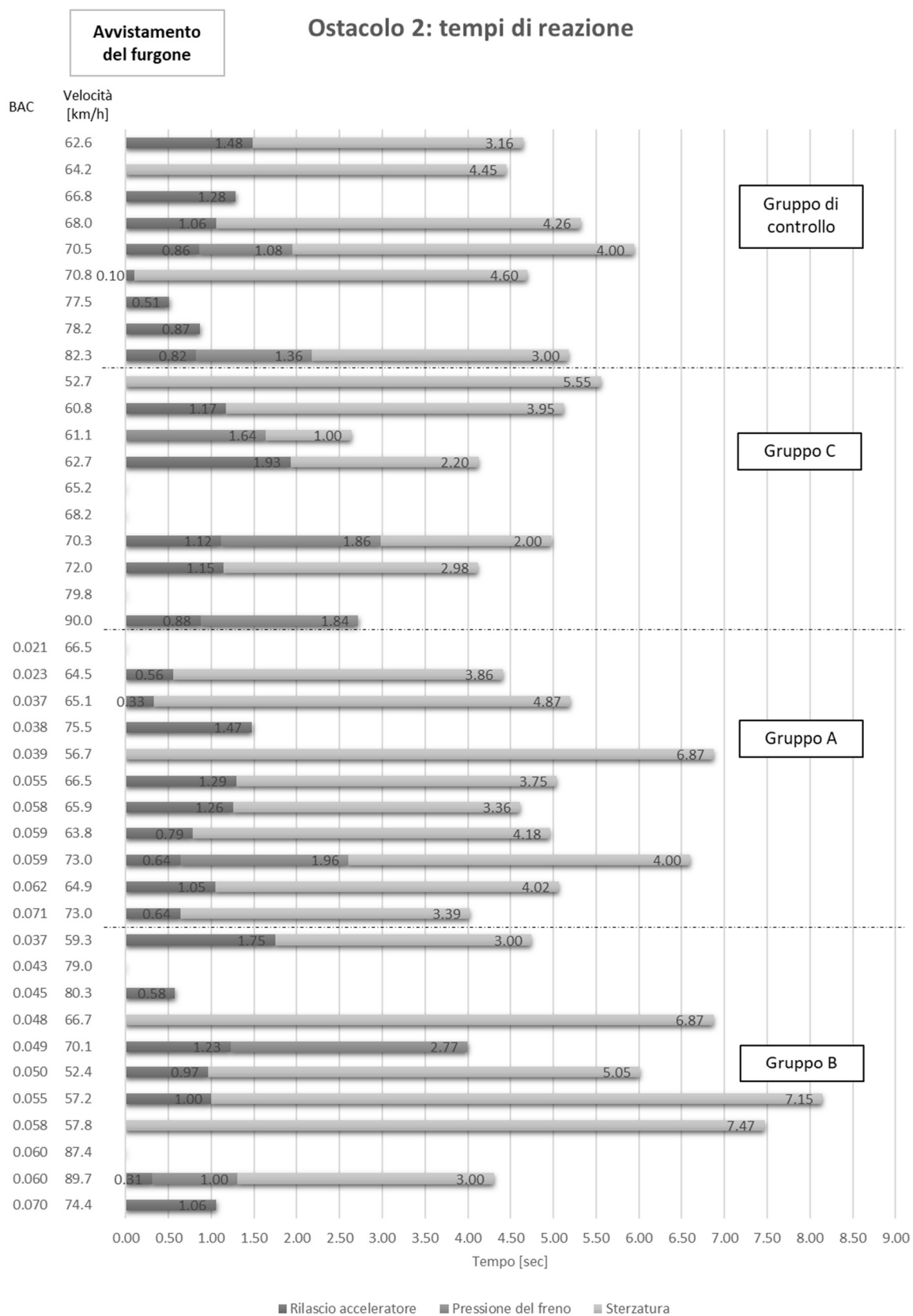


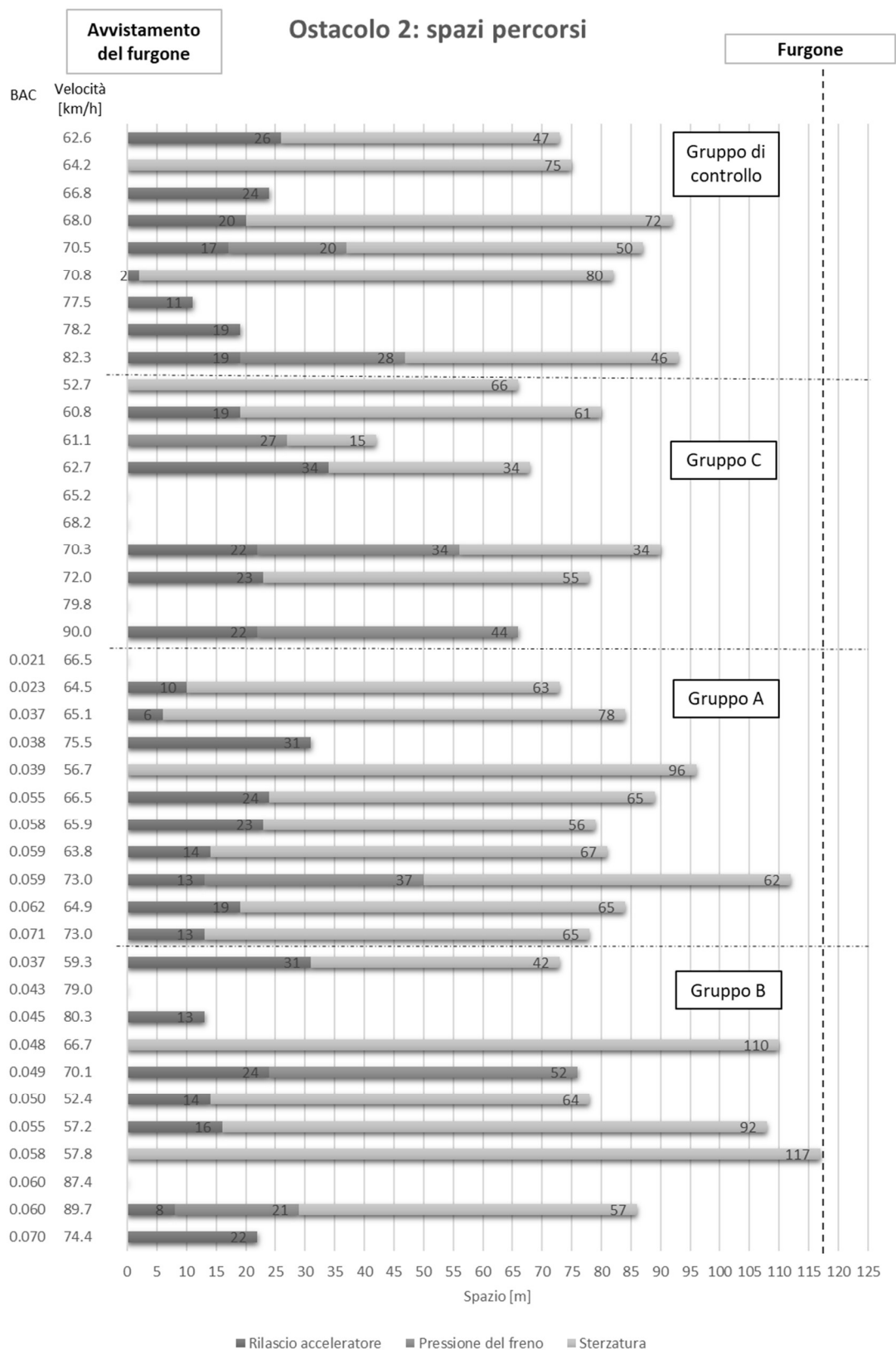
**Stile di guida: gruppo di
controllo**



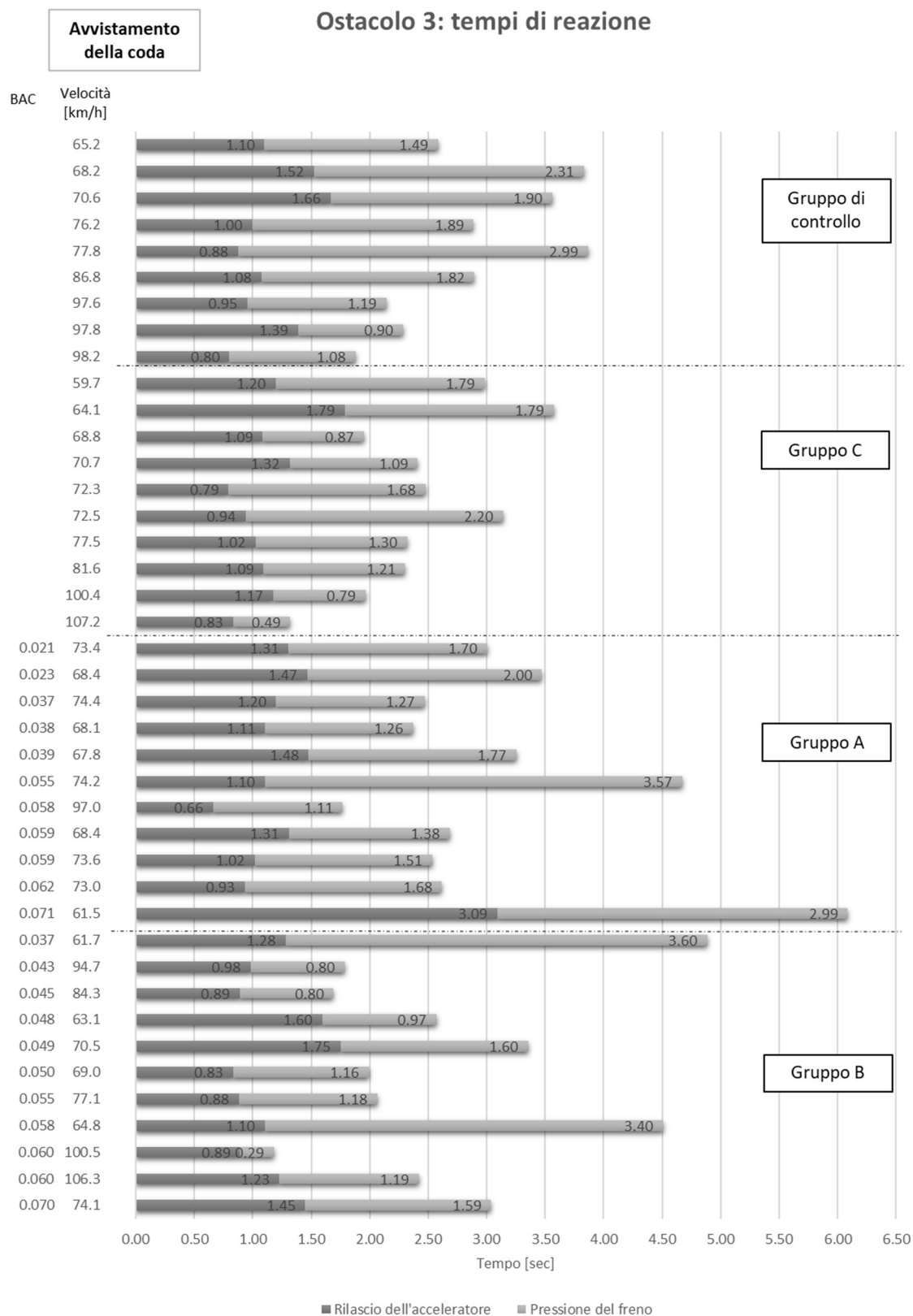
Allegato 9. Dati dei tempi di percezione e reazione

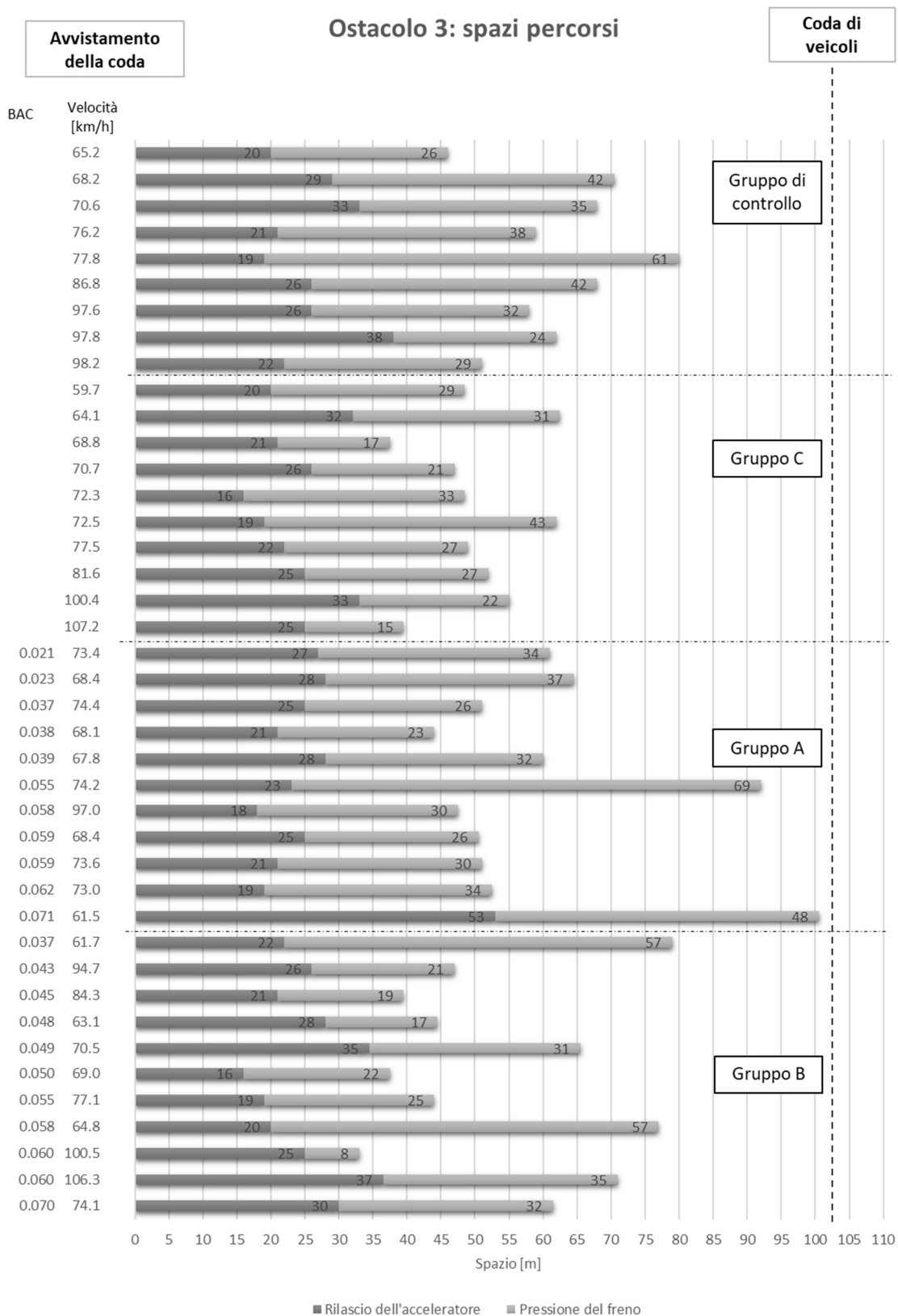
Gruppo	ID	Velocità a 2403 m [km/h]	Rilascio acceleratore		Pressione del freno		Sterzata		Distanza dall'ostacolo 2 [m]
			Tempo [s]	Spazio [m]	Tempo [s]	Spazio [m]	Tempo [s]	Spazio [m]	
A	40	64.5	0.56	10			4.41	73	3.9
	43	64.9	1.05	19			5.07	84	3.2
	21	66.5							3.7
	4	75.5	1.47	31					3.1
	65	73.0	0.64	13			4.03	78	3.8
	63	65.9	1.26	23			4.61	79	2.7
	50	65.1	0.33	6			5.20	84	3.3
	48	63.8	0.79	14			4.96	81	2.3
	73	73.0	0.64	13	1.96	37	6.60	112	2.8
	66	56.7					6.87	96	3.0
	70	66.5	1.29	24			5.04	89	2.1
	64	87.4							3.9
B	39	59.3	1.75	31			4.75	73	3.2
	8	79.0							3.5
	17	66.7					6.87	110	2.5
	18	74.4	1.06	22					2.7
	20	70.1	1.23	24	2.77	52	3.99	76	3.5
	58	52.4	0.97	14			6.02	78	3.5
	68	57.2	1.00	16			8.15	108	2.9
	69	89.7	0.31	8	1.00	21	4.31	86	2.9
	71	80.3	0.58	13					3.0
	22	57.8					7.47	117	2.4
	28								
	34	79.8							2.8
C	36	70.3	1.12	22	1.86	34	4.98	90	2.5
	78	72.0	1.15	23			4.12	78	3.4
	47	65.2							2.7
	51	90.0	0.88	22	1.84	44			3.6
	61	68.2							3.5
	14	52.7					5.55	66	3.5
	72	60.8	1.17	19			5.13	80	2.9
	67	62.7	1.93	34			4.13	68	3.0
	82	61.1			1.64	27	2.64	42	2.8
	75								
	76	78.2	0.87	19					2.90
	77	82.3	0.82	19	1.36	28	5.18	93	2.9
G.C.	86	62.6	1.48	26			4.64	73	3.2
	79	77.5	0.51	11					3.6
	80	70.5	0.86	17	1.08	20	5.94	87	2.6
	81	66.8	1.28	24					3.2
	87								
	83	68.0	1.06	20			5.32	92	2.47
	84	70.8	0.10	2			4.70	82	2.5
	85	64.2					4.45	75	2.3





Gruppo	ID	Velocità a 9350 m [km/h]	Rilascio acceleratore		Pressione del freno		Arresto del veicolo	
			Tempo [s]	Spazio [m]	Tempo [s]	Spazio [m]	Tempo [s]	Spazio [m]
A	40	68.4	1.47	28	2.00	37	10.45	53
	43	73.0	0.93	19	1.68	34	10.71	74
	21	73.4	1.31	27	1.70	34	22.04	51
	4	68.1	1.11	21	1.26	23	40.37	67
	65	61.5	3.09	53	2.99	48	3.74	26
	63	97.0	0.66	18	1.11	30	6.57	78
	50	74.4	1.20	25	1.27	26	7.82	69
	48	68.4	1.31	25	1.38	26	12.77	64
	73	73.6	1.02	21	1.51	30	12.62	73
	66	67.8	1.48	28	1.77	32	8.23	64
	70	74.2	1.10	23	3.57	69	5.48	35
B	64	106.3	1.23	37	1.19	35	8.24	62
	39	61.7	1.28	22	3.60	57	13.46	40
	8	94.7	0.98	26	0.80	21	8.24	75
	17	63.1	1.60	28	0.97	17	10.57	81
	18	74.1	1.45	30	1.59	32	8.43	63
	20	70.5	1.75	35	1.60	31	5.55	50
	58	69.0	0.83	16	1.16	22	15.74	92
	68	77.1	0.88	19	1.18	25	11.41	84
	69	100.5	0.89	25	0.29	8	5.63	76
	71	84.3	0.89	21	0.80	19	12.83	71
	22	64.8	1.10	20	3.40	57	31.41	43
C	28							
	34	100.4	1.17	33	0.79	22	5.77	63
	36	70.7	1.32	26	1.09	21	10.97	77
	78	77.5	1.02	22	1.30	27	18.83	75
	47	72.5	0.94	19	2.20	43	13.48	61
	51	107.2	0.83	25	0.49	15	29.67	87
	61	81.6	1.09	25	1.21	27	8.56	71
	14	72.3	0.79	16	1.68	33	19.83	77
	72	59.7	1.20	20	1.79	29	10.72	71
	67	64.1	1.79	32	1.79	31	4.95	50
	82	68.8	1.09	21	0.87	17	11.08	73
G.C.	75							
	76	98.2	0.80	22	1.08	29	7.84	71
	77	97.8	1.39	38	0.90	24	7.22	62
	86	97.6	0.95	26	1.19	32	19.76	64
	79	77.8	0.88	19	2.99	61	3.93	32
	80	65.2	1.10	20	1.49	26	13.46	78
	81	68.2	1.52	29	2.31	42	6.12	56
	87							
	83	76.2	1.00	21	1.89	38	6.02	61
	84	86.8	1.08	26	1.82	42	9.24	50
	85	70.6	1.66	33	1.90	35	8.33	53





Allegato 11. Dati dei test cognitivi

Gruppo	ID	Dati registrati dall'etilometro	Media TR visivi [ms]	DS TR visivi[ms]	Media TR uditivi[ms]	DS TR uditivi[ms]
		BAC t = 20 min.				
A	40	0.021	354	25	220	36
	43	0.066	335	20	223	49
	21	0.017	331	72	209	40
	4	0.037	348	36	188	29
	65	0.071	333	46	196	20
	63	0.056	291	23	187	26
	50	0.033	311	18	181	16
	48	0.059	347	18	262	84
	73	0.067	325	33	292	158
	66	0.04	331	49	248	135
	70	0.053	463	89	420	152
B	64	0.058	379	54	225	24
	39	0.031	320	44	185	31
	8	0.037	308	38	230	59
	17	0.043	300	44	213	73
	18	0.064	332	27	205	36
	20	0.046	387	46	231	32
	58	0.041	368	59	238	67
	68	0.056	356	63	248	31
	69	0.063	372	60	233	36
	71	0.044	313	111	230	52
	22	0.058	371	31	307	54
C	28	0	399	171	198	41
	34	0	345	61	222	34
	36	0	293	33	172	26
	78	0	356	58	217	40
	47	0	328	25	189	17
	51	0	325	71	208	24
	61	0	328	72	215	39
	14	0	431	119	355	83
	72	0	303	38	247	61
	67	0	343	76	224	29
	82	0	313	28	223	72
G.C.	75	0	312	37	184	34
	76	0	337	54	208	48
	77	0	357	67	200	27
	86	0	309	43	175	36
	79	0	344	65	182	19
	80	0	341	79	193	39
	81	0	310	47	185	23
	87	0	344	95	176	24
	83	0	350	88	157	29
	84	0	318	80	188	24
	85	0	336	78	206	57

Gruppo	ID	Durata del test [min.]	Dati registrati dall'etilometro	Media TR visivi [ms]	DS TR visivi[ms]	Media TR uditivi[ms]	DS TR uditivi[ms]
BAC fine test							
A	40	21	0.025	364	49	201	29
	43	21	0.057	311	17	214	19
	21	22	0.024	343	58	223	59
	4	19	0.038	350	44	213	36
	65	19	0.071	311	18	214	47
	63	21	0.059	293	90	221	36
	50	17	0.041	307	18	177	27
	48	20	0.058	348	52	219	35
	73	18	0.05	330	29	234	57
	66	17	0.037	311	41	232	81
B	70	15	0.057	379	44	281	60
	64	10	0.062	361	37	178	27
	39	16	0.043	266	87	223	72
	8	11	0.049	314	40	203	45
	17	15	0.053	304	47	213	72
	18	15	0.076	353	92	223	61
	20	16	0.051	395	64	255	63
	58	12	0.058	435	136	219	61
	68	16	0.054	330	46	214	35
	69	13	0.056	377	66	222	27
C	71	12	0.045	330	42	207	40
	22	20	0.058	424	59	312	75
	28	17	0	317	43	197	26
	34	18	0	338	39	221	45
	36	17	0	284	24	199	40
	78	15	0	346	32	236	55
	47	18	0	309	102	191	16
	51	16	0	302	38	180	46
	61	20	0	349	46	220	20
	14	20	0	363	76	305	95
G.C.	72	20	0	307	47	216	53
	67	20	0	330	23	204	34
	82	17	0	300	43	215	28
	75	12	0	320	64	190	27
	76	22	0	304	16	194	26
	77	15	0	357	34	199	24
	86	12	0	296	68	197	37
	79	12	0	361	129	186	35
	80	18	0	330	54	173	23
	81	15	0	316	39	248	86
	87	19	0	346	56	243	121
	83	15	0	320	95	246	118
	84	13	0	310	50	191	29
	85	17	0	311	27	184	21

Gruppo	Id	Variazione dei tempi di reazione		
		Δ BAC	Δ RT visivi [ms]	Δ RT uditivi [ms]
A	40	-0.009	10	-19
	43	0.004	-24	-9
	21	-0.013	12	14
	4	-0.006	2	26
	65	-0.005	-22	19
	63	-0.008	2	34
	50	-0.012	-4	-4
	48	-0.004	1	-43
	73	0.013	6	-58
	66	-0.001	-19	-16
	70	-0.008	-84	-139
	64	-0.007	18	-47
B	39	-0.016	-53	38
	8	-0.015	6	-27
	17	-0.014	4	0
	18	-0.016	21	18
	20	-0.009	8	24
	58	-0.020	68	-19
	68	-0.002	-26	-34
	69	0.004	5	-10
	71	-0.004	16	-23
	22	-0.005	54	5
	28	-	-82	-1
	34	-	-7	-1
C	36	-	-9	26
	78	-	-11	19
	47	-	-19	1
	51	-	-23	-28
	61	-	20	6
	14	-	-68	-50
	72	-	3	-31
	67	-	-13	-20
	82	-	-13	-8
	75	-	9	6
	76	-	-33	-14
	77	-	1	-1
G.C.	86	-	-14	22
	79	-	17	5
	80	-	-11	-20
	81	-	6	63
	87	-	2	67
	83	-	-30	89
	84	-	-7	3
	85	-	-24	-22

ID	/	Test cognitivo	n. trial									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
39		TR visivo pre-test [ms]	327	417	350	307	312	350	307	275	277	273
		TR uditivo pre-test [ms]	213	159	143	222	165	221	162	153	206	203
		TR visivo post-test [ms]	304	307	283	28	278	279	273	282	355	275
		TR uditivo post-test [ms]	177	216	174	161	177	383	234	228	311	168
8		TR visivo pre-test [ms]	300	285	308	396	297	274	349	265	299	307
		TR uditivo pre-test [ms]	252	250	207	181	382	183	195	202	233	215
		TR visivo post-test [ms]	295	292	380	292	322	296	392	297	276	298
		TR uditivo post-test [ms]	203	203	203	198	233	153	166	165	314	195
58		TR visivo pre-test [ms]	458	329	315	325	357	308	379	459	423	324
		TR uditivo pre-test [ms]	199	205	420	259	237	202	188	233	217	217
		TR visivo post-test [ms]	404	355	763	395	320	358	400	399	588	370
		TR uditivo post-test [ms]	198	198	192	202	160	216	226	189	226	385
69		TR visivo pre-test [ms]	401	383	322	515	327	339	316	409	346	364
		TR uditivo pre-test [ms]	198	213	278	217	192	207	211	296	263	251
		TR visivo post-test [ms]	500	340	341	332	324	317	423	338	472	387
		TR uditivo post-test [ms]	227	264	247	220	170	217	217	202	251	209
17		TR visivo pre-test [ms]	347	277	370	275	359	273	272	313	268	247
		TR uditivo pre-test [ms]	181	261	140	177	170	196	398	196	174	232
		TR visivo post-test [ms]	294	283	309	384	266	391	270	264	273	307
		TR uditivo post-test [ms]	218	157	161	189	164	398	243	220	159	218
18		TR visivo pre-test [ms]	317	360	340	349	328	299	287	316	369	356
		TR uditivo pre-test [ms]	179	184	185	208	290	181	235	217	165	206
		TR visivo post-test [ms]	306	296	300	307	380	306	385	593	286	370
		TR uditivo post-test [ms]	229	269	182	276	339	162	165	162	256	187
51		TR visivo pre-test [ms]	365	309	284	262	491	277	283	294	389	292
		TR uditivo pre-test [ms]	192	223	226	195	216	184	226	176	252	187
		TR visivo post-test [ms]	385	293	349	269	298	286	309	282	277	268
		TR uditivo post-test [ms]	182	116	156	161	155	183	262	252	188	145
67		TR visivo pre-test [ms]	313	321	304	554	295	320	341	339	341	301
		TR uditivo pre-test [ms]	248	226	249	219	214	283	218	188	198	200
		TR visivo post-test [ms]	318	321	330	330	317	357	341	312	297	376
		TR uditivo post-test [ms]	225	196	212	200	166	253	207	256	151	178
72		TR visivo pre-test [ms]	385	272	291	257	332	275	284	302	338	298
		TR uditivo pre-test [ms]	219	261	174	259	267	391	220	175	250	250
		TR visivo post-test [ms]	316	280	284	310	266	325	269	425	270	320
		TR uditivo post-test [ms]	195	194	204	195	200	191	360	189	190	241
14		TR visivo pre-test [ms]	438	290	390	622	568	361	317	479	544	300
		TR uditivo pre-test [ms]	330	394	326	423	430	218	368	386	220	455
		TR visivo post-test [ms]	339	321	529	465	373	306	330	300	311	351
		TR uditivo post-test [ms]	498	273	314	318	348	416	209	212	240	223
28		TR visivo pre-test [ms]	275	327	291	569	804	391	289	278	307	455
		TR uditivo pre-test [ms]	179	231	164	190	179	165	300	178	198	191
		TR visivo post-test [ms]	319	299	308	420	292	289	279	363	304	298
		TR uditivo post-test [ms]	241	199	167	184	165	175	189	215	200	231

ID	/	Test cognitivo	n. trial									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
47		TR visivo pre-test [ms]	339	323	342	301	346	293	364	298	318	353
		TR uditivo pre-test [ms]	190	171	191	206	205	166	170	207	209	178
		TR visivo post-test [ms]	329	335	317	303	312	31	334	361	371	397
		TR uditivo post-test [ms]	190	161	174	209	193	203	172	201	196	208
61		TR visivo pre-test [ms]	356	342	494	316	242	291	382	266	301	291
		TR uditivo pre-test [ms]	217	210	245	196	168	175	187	195	275	277
		TR visivo post-test [ms]	350	412	366	334	324	296	289	433	342	339
		TR uditivo post-test [ms]	234	194	218	212	227	180	226	230	239	240
34		TR visivo pre-test [ms]	386	366	434	340	279	299	290	446	323	288
		TR uditivo pre-test [ms]	242	196	189	216	247	185	236	237	183	289
		TR visivo post-test [ms]	374	337	288	391	290	326	300	350	395	328
		TR uditivo post-test [ms]	324	200	187	210	258	196	193	240	168	230
36		TR visivo pre-test [ms]	321	368	275	292	249	283	290	310	268	274
		TR uditivo pre-test [ms]	227	164	159	165	142	197	152	163	161	193
		TR visivo post-test [ms]	283	276	277	347	286	283	283	254	269	280
		TR uditivo post-test [ms]	221	165	205	159	213	222	193	282	179	146
65		TR visivo pre-test [ms]	303	443	317	296	335	317	294	321	384	323
		TR uditivo pre-test [ms]	189	187	215	211	195	202	234	182	171	171
		TR visivo post-test [ms]	345	316	303	325	287	310	320	287	320	297
		TR uditivo post-test [ms]	235	214	335	169	193	207	181	212	214	184
40		TR visivo pre-test [ms]	334	380	318	335	343	382	398	346	360	342
		TR uditivo pre-test [ms]	269	190	195	215	190	228	203	297	207	204
		TR visivo post-test [ms]	349	351	415	336	321	343	367	346	481	328
		TR uditivo post-test [ms]	192	210	219	244	216	172	162	177	238	175
43		TR visivo pre-test [ms]	356	336	311	351	315	351	344	317	357	310
		TR uditivo pre-test [ms]	226	232	158	194	211	273	214	195	333	193
		TR visivo post-test [ms]	323	291	298	280	339	317	317	324	315	306
		TR uditivo post-test [ms]	207	208	191	197	216	189	238	244	219	230
63		TR visivo pre-test [ms]	319	302	270	268	283	261	321	317	298	275
		TR uditivo pre-test [ms]	229	176	182	231	167	193	180	193	161	156
		TR visivo post-test [ms]	44	319	287	300	352	316	327	347	297	341
		TR uditivo post-test [ms]	210	189	177	175	238	283	232	245	203	257
21		TR visivo pre-test [ms]	301	282	287	322	331	303	331	529	298	330
		TR uditivo pre-test [ms]	217	183	236	215	181	165	210	227	297	162
		TR visivo post-test [ms]	340	408	307	300	318	314	462	298	291	392
		TR uditivo post-test [ms]	219	211	232	141	274	147	187	264	339	214
4		TR visivo pre-test [ms]	426	327	380	360	344	315	306	366	330	326
		TR uditivo pre-test [ms]	215	168	201	217	164	148	160	234	199	170
		TR visivo post-test [ms]	318	313	293	307	373	406	382	340	422	350
		TR uditivo post-test [ms]	283	192	171	214	188	181	213	204	216	269
48		TR visivo pre-test [ms]	341	379	337	346	370	353	318	342	334	347
		TR uditivo pre-test [ms]	249	223	225	225	251	218	500	247	239	247
		TR visivo post-test [ms]	320	474	346	314	355	287	325	387	341	327
		TR uditivo post-test [ms]	207	189	272	207	201	189	238	216	285	188

ID	/	Test cognitivo	n. trial									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
85		TR visivo pre-test [ms]	313	325	272	276	307	328	532	309	401	294
		TR uditivo pre-test [ms]	160	217	161	273	199	165	199	189	161	336
		TR visivo post-test [ms]	357	283	290	313	313	362	299	290	307	300
		TR uditivo post-test [ms]	238	169	180	189	175	162	197	172	175	183
87		TR visivo pre-test [ms]	292	284	283	421	287	334	267	455	275	540
		TR uditivo pre-test [ms]	150	177	171	168	213	179	177	218	150	155
		TR visivo post-test [ms]	302	317	330	454	424	299	366	363	312	288
		TR uditivo post-test [ms]	164	151	206	228	172	189	181	219	384	532
84		TR visivo pre-test [ms]	290	514	247	251	286	317	292	312	278	389
		TR uditivo pre-test [ms]	152	184	221	181	168	164	226	195	205	181
		TR visivo post-test [ms]	279	306	269	380	302	264	283	418	311	291
		TR uditivo post-test [ms]	189	238	160	195	174	143	229	181	203	198
79		TR visivo pre-test [ms]	323	444	323	320	310	488	314	296	309	316
		TR uditivo pre-test [ms]	174	162	208	153	189	201	172	179	207	170
		TR visivo post-test [ms]	345	302	311	722	304	331	327	317	363	289
		TR uditivo post-test [ms]	169	216	189	193	180	181	203	190	105	237
76		TR visivo pre-test [ms]	300	295	427	339	309	311	296	353	437	303
		TR uditivo pre-test [ms]	186	191	201	221	174	181	197	340	186	201
		TR visivo post-test [ms]	319	328	318	290	301	299	279	288	299	318
		TR uditivo post-test [ms]	162	172	190	186	165	212	195	248	206	206
80		TR visivo pre-test [ms]	284	314	553	299	322	287	340	370	322	321
		TR uditivo pre-test [ms]	170	135	168	181	206	179	200	285	197	207
		TR visivo post-test [ms]	406	284	281	322	308	405	406	317	294	277
		TR uditivo post-test [ms]	146	137	193	181	169	171	161	207	201	165
75		TR visivo pre-test [ms]	398	305	292	309	295	282	282	312	353	288
		TR uditivo pre-test [ms]	208	169	157	247	154	164	170	235	159	174
		TR visivo post-test [ms]	296	280	349	265	395	269	463	304	291	290
		TR uditivo post-test [ms]	206	192	183	174	164	233	188	176	151	230
83		TR visivo pre-test [ms]	401	277	279	311	320	326	479	305	277	521
		TR uditivo pre-test [ms]	166	168	144	223	170	138	135	157	116	148
		TR visivo post-test [ms]	371	364	320	283	106	358	268	288	365	472
		TR uditivo post-test [ms]	362	157	144	220	137	170	500	310	177	278
82		TR visivo pre-test [ms]	344	305	317	296	334	343	266	318	333	274
		TR uditivo pre-test [ms]	190	198	170	210	174	204	201	191	402	294
		TR visivo post-test [ms]	353	283	393	281	246	270	298	293	305	282
		TR uditivo post-test [ms]	214	185	229	206	278	230	225	199	180	206
78		TR visivo pre-test [ms]	336	357	335	424	340	290	380	318	303	481
		TR uditivo pre-test [ms]	293	246	179	165	216	206	203	214	184	265
		TR visivo post-test [ms]	314	384	388	360	292	361	346	367	313	330
		TR uditivo post-test [ms]	368	234	219	170	191	247	241	262	184	244
77		TR visivo pre-test [ms]	355	325	309	323	328	531	338	386	301	370
		TR uditivo pre-test [ms]	177	236	214	184	250	184	175	182	215	179
		TR visivo post-test [ms]	353	315	407	359	333	357	417	373	316	341
		TR uditivo post-test [ms]	227	216	213	179	221	174	159	198	220	184

ID	/	Test cognitivo	n. trial									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50		TR visivo pre-test [ms]	303	311	358	298	300	325	304	303	308	301
		TR uditivo pre-test [ms]	189	154	168	204	187	205	183	171	170	179
		TR visivo post-test [ms]	319	303	284	315	305	315	308	284	294	345
		TR uditivo post-test [ms]	171	174	165	163	253	182	161	169	167	166
70		TR visivo pre-test [ms]	415	468	403	519	669	377	421	437	390	534
		TR uditivo pre-test [ms]	462	478	383	452	747	342	419	254	476	183
		TR visivo post-test [ms]	367	340	368	398	418	369	451	301	357	424
		TR uditivo post-test [ms]	372	226	205	388	269	321	267	246	259	258
66		TR visivo pre-test [ms]	324	313	350	322	315	267	290	434	300	391
		TR uditivo pre-test [ms]	253	206	160	620	162	199	255	193	194	236
		TR visivo post-test [ms]	308	272	290	346	386	296	370	276	285	283
		TR uditivo post-test [ms]	203	212	310	167	247	420	147	169	216	227
73		TR visivo pre-test [ms]	348	303	338	331	287	309	403	309	309	309
		TR uditivo pre-test [ms]	268	195	212	193	701	201	397	184	275	295
		TR visivo post-test [ms]	313	302	312	326	322	321	362	328	316	400
		TR uditivo post-test [ms]	194	253	181	151	231	224	328	257	317	206
68		TR visivo pre-test [ms]	310	499	333	395	329	322	305	417	298	354
		TR uditivo pre-test [ms]	242	225	291	212	231	222	270	271	220	295
		TR visivo post-test [ms]	327	312	315	433	303	296	290	322	393	308
		TR uditivo post-test [ms]	278	241	228	178	169	192	227	206	243	180
71		TR visivo pre-test [ms]	359	425	372	340	345	261	304	26	386	316
		TR uditivo pre-test [ms]	235	196	165	207	242	330	193	225	309	201
		TR visivo post-test [ms]	424	314	304	317	271	290	333	359	347	336
		TR uditivo post-test [ms]	275	203	190	179	230	266	166	196	216	153
20		TR visivo pre-test [ms]	362	357	447	373	406	339	359	403	344	478
		TR uditivo pre-test [ms]	290	220	270	197	190	236	249	222	207	229
		TR visivo post-test [ms]	358	399	407	388	381	318	500	511	341	349
		TR uditivo post-test [ms]	232	240	313	274	191	238	241	242	163	272
64		TR visivo pre-test [ms]	478	374	358	328	366	299	432	424	339	391
		TR uditivo pre-test [ms]	222	192	190	227	257	240	208	220	234	262
		TR visivo post-test [ms]	317	400	389	348	369	331	311	359	428	357
		TR uditivo post-test [ms]	174	158	170	175	186	241	165	205	153	154
22		TR visivo pre-test [ms]	390	371	413	349	354	426	333	339	378	354
		TR uditivo pre-test [ms]	286	298	288	239	267	391	254	329	314	403
		TR visivo post-test [ms]	351	441	373	376	422	551	465	456	386	421
		TR uditivo post-test [ms]	462	226	272	248	288	287	273	420	321	321
81		TR visivo pre-test [ms]	287	271	261	290	310	349	411	286	281	357
		TR uditivo pre-test [ms]	194	178	172	217	218	164	161	154	207	185
		TR visivo post-test [ms]	340	357	256	296	296	374	284	358	317	286
		TR uditivo post-test [ms]	244	409	180	177	172	173	253	311	362	195
86		TR visivo pre-test [ms]	299	285	280	248	358	292	281	377	365	309
		TR uditivo pre-test [ms]	165	195	158	197	146	260	144	138	175	176
		TR visivo post-test [ms]	287	160	295	279	276	290	286	371	424	291
		TR uditivo post-test [ms]	149	201	175	241	151	179	269	204	197	206

Allegato 12. Dati estrapolati dal simulatore

RETTIFILO					
Gruppo	ID	Media LP [m]	SDLP [m]	Velocità media nel 2° e 3° rettifilo [km/h]	DS velocità 2° e 3° rettifilo [km/h]
A	40	-0.09	0.22	66	3
	43	-0.07	0.19	61	7
	21	0.05	0.20	74	3
	4	-0.32	0.18	66	5
	65	-0.31	0.27	72	4
	63	-0.06	0.26	85	5
	50	0.14	0.11	75	3
	48	-0.10	0.31	69	2
	73	-0.08	0.27	75	2
	66	0.06	0.19	67	2
	70	0.44	0.35	74	5
	64	-0.29	0.20	97	4
	39	-0.21	0.19	60	1
	8	-0.01	0.22	86	3
B	17	0.19	0.18	66	2
	18	0.26	0.22	75	2
	20	-0.04	0.30	79	4
	58	-0.42	0.27	70	2
	68	0.01	0.28	74	1
	69	-0.01	0.27	95	11
	71	0.01	0.18	85	7
	22	0.24	0.30	64	2
C	28				
	34	0.27	0.41	96	3
	36	0.10	0.13	72	1
	78	-0.55	0.29	75	2
	47	0.13	0.26	71	1
	51	-0.13	0.24	99	6
	61	-0.08	0.42	72	6
	14	-0.29	0.31	69	3
	72	0.03	0.24	68	11
	67	0.24	0.17	67	4
	82	0.00	0.25	69	4
	75				
	76	-0.01	0.20	88	2
	77	0.13	0.32	94	9
G.C.	86	-0.23	0.31	82	6
	79	-0.10	0.30	79	1
	80	-0.08	0.38	61	3
	81	0.16	0.42	68	1
	87				
	83	0.16	0.25	70	2
	84	0.37	0.18	79	5
	85	0.33	0.17	86	19

CURVA SENZA BANCHINA

Gruppo	ID	Media LP [m]	SDLP [m]	Velocità media [km/h]	DS Velocità [km/h]
A	40	-0.46	0.11	58	1
	43	-0.06	0.14	54	3
	21	-0.16	0.14	64	1
	4	-0.54	0.13	69	3
	65	-0.25	0.14	69	4
	63	-0.30	0.14	69	5
	50	-0.02	0.10	71	6
	48	-0.40	0.10	63	2
	73	-0.52	0.15	71	5
	66	0.27	0.24	61	5
	70	0.05	0.31	75	7
B	64	-0.65	0.12	77	6
	39	-0.17	0.22	48	3
	8	-0.23	0.15	79	9
	17	-0.17	0.11	54	3
	18	-0.27	0.15	73	2
	20	-0.25	0.27	75	2
	58	-0.10	0.30	67	3
	68	-0.34	0.14	69	7
	69	-0.23	0.17	88	6
	71	-0.13	0.07	73	6
	22	-0.14	0.14	51	2
C	28				
	34	-0.23	0.13	78	4
	36	-0.14	0.11	67	3
	78	-0.35	0.15	65	6
	47	0.24	0.13	69	3
	51	-0.30	0.10	79	7
	61	-0.42	0.30	61	4
	14	-0.45	0.20	49	4
	72	-0.43	0.07	66	5
	67	-0.20	0.17	64	2
	82	-0.15	0.16	61	2
G.C.	75				
	76	-0.11	0.17	75	5
	77	-0.54	0.10	79	8
	86	-0.15	0.12	58	5
	79	-0.39	0.17	74	3
	80	0.22	0.23	54	3
	81	-0.23	0.21	50	8
	87				
	83	-0.18	0.17	72	7
	84	0.30	0.12	71	3
	85	-0.06	0.14	66	2

**CURVA CON CONI STRADALI SUL CENTRO DELLA
CARREGGIATA**

Gruppo	ID	Media LP [m]	SDLP [m]	Velocità media [km/h]	DS Velocità [km/h]
A	40	0.51	0.09	58	3
	43	0.11	0.07	49	3
	21	0.58	0.18	36	2
	4	0.25	0.18	52	2
	65	-0.12	0.15	68	0
	63	0.82	0.14	66	2
	50	0.68	0.08	47	6
	48	0.89	0.22	59	4
	73	1.32	0.16	59	1
	66	0.59	0.10	57	5
	70	1.25	0.22	59	7
B	64	0.90	0.09	65	3
	39	-0.33	0.20	52	5
	8	0.62	0.19	56	4
	17	0.41	0.16	49	4
	18	0.40	0.16	65	4
	20	0.34	0.35	64	5
	58	0.48	0.11	45	4
	68	0.43	0.26	65	5
	69	0.36	0.13	69	2
	71	1.04	0.08	62	5
	22	0.31	0.20	55	2
C	28				
	34	0.74	0.12	69	3
	36	0.42	0.09	53	5
	78	0.32	0.12	52	3
	47	0.58	0.07	52	2
	51	0.70	0.13	61	3
	61	0.89	0.13	46	5
	14	0.46	0.11	50	2
	72	0.51	0.14	45	9
	67	0.74	0.16	46	3
	82	0.28	0.13	51	3
G.C.	75				
	76	0.67	0.07	62	4
	77	1.11	0.19	74	3
	86	0.87	0.13	61	2
	79	0.31	0.12	57	3
	80	0.51	0.17	54	1
	81	0.34	0.18	66	2
	87				
	83	0.65	0.19	61	3
	84	0.41	0.11	60	3
	85	0.64	0.10	62	0

Allegato 13. Analisi statistica

Gruppo B vs Gruppo A				
	Δ BAC	Δ TR visivo [ms]	Δ TR uditivo [ms]	Δ frequenza cardiaca
SXM1-XM2	0.003117831	12.87	16.76	2.97
XM1-XM2	-0.005	21.95	11.11	-2.45
CI95 -	-0.011367431	-4.90	-23.86	-8.64
CI95 +	0.001640158	48.81	46.07	3.73
t	-1.560	1.705	0.663	-0.828
G.D.L.	20	20	20	20
p value (5%)	0.1344	0.1037	0.5149	0.4174

Gruppo B vs Gruppo C				
	Δ BAC	Δ TR visivo [ms]	Δ TR uditivo [ms]	Δ frequenza cardiaca
SXM1-XM2	-	13.33	10.44	3.09
XM1-XM2	-	31.01	1.17	-2.55
CI95 -	-	3.20	-20.60	-8.99
CI95 +	-	58.82	22.95	3.90
t	-	2.326	0.112	-0.824
G.D.L.	-	20	20	20
p value (5%)	-	0.0306	0.9119	0.4197

Gruppo B vs Gruppo di controllo				
	Δ BAC	Δ TR visivo [ms]	Δ TR uditivo [ms]	Δ frequenza cardiaca
SXM1-XM2	-	11.06	13.90	3.78
XM1-XM2	-	18.72	-24.76	-0.55
CI95 -	-	-4.36	-53.75	-8.43
CI95 +	-	41.80	4.24	7.33
t	-	1.692	-1.781	-0.144
G.D.L.	-	20	20	20
p value (5%)	-	0.1062	0.0901	0.8869

Group A vs Group C				
	Δ BAC	Δ TR visivo [ms]	Δ TR uditivo [ms]	Δ frequenza cardiaca
SXM1-XM2	-	12.14	16.25	2.57
XM1-XM2	-	9.05	-9.94	-0.09
CI95 -	-	-16.27	-43.83	-5.45
CI95 +	-	34.38	23.96	5.27
t	-	0.746	-0.612	-0.035
G.D.L.	-	20	20	20
p value (5%)	-	0.4643	0.5474	0.9724

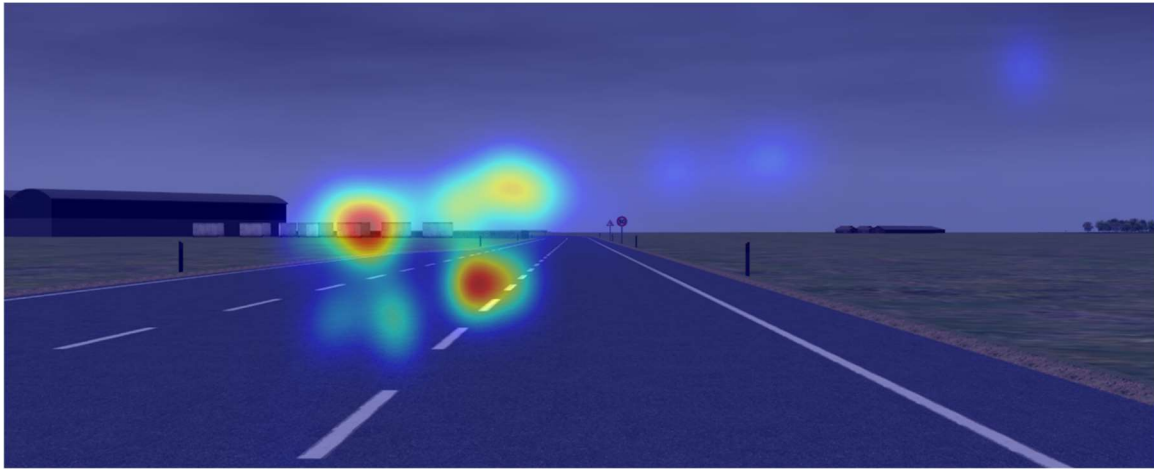
Group A vs Control group				
	Δ BAC	Δ TR visivo [ms]	Δ TR uditivo [ms]	Δ frequenza cardiaca
SXM1-XM2	-	9.59	18.66	3.37
XM1-XM2	-	-3.24	-35.86	1.91
CI95 -	-	-23.25	-74.79	-5.12
CI95 +	-	16.78	3.06	8.93
t	-	-0.337	-1.922	0.567
G.D.L.	-	20	20	20
p value (5%)	-	0.7396	0.069	0.577

Group C vs Group Control group				
	Δ BAC	Δ TR visivo [ms]	Δ TR uditivo [ms]	Δ frequenza cardiaca
SXM1-XM2	-	10.20	13.27	3.48
XM1-XM2	-	-12.29	-25.93	2.00
CI95 -	-	-33.57	-53.62	-5.25
CI95 +	-	8.99	1.76	9.25
t	-	-1.205	-1.953	0.575
G.D.L.	-	20	20	20
p value (5%)	-	0.2424	0.0650	0.5717

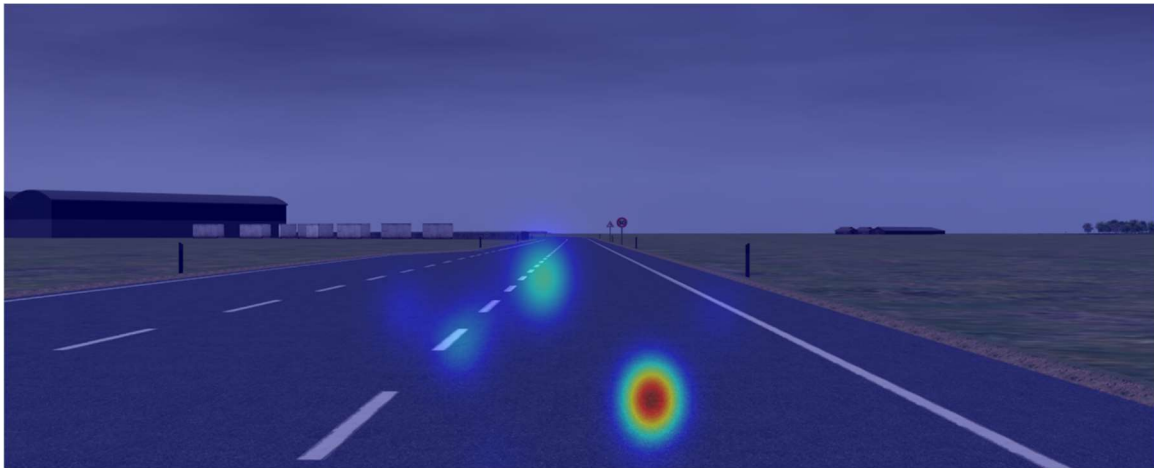
Group A&B vs Group C& Control group				
	Δ BAC	Δ TR visivo [ms]	Δ TR uditivo [ms]	Δ frequenza cardiaca
SXM1-XM2	-	8.47	10.88	2.26
XM1-XM2	-	13.89	-17.35	-0.32
CI95 -	-	-3.21	-39.30	-4.87
CI95 +	-	30.98	4.60	4.24
t	-	1.639	-1.595	-0.141
G.D.L.	-	20	20	20
t critic	-	0.1168	0.1264	0.8893

Group A&B vs Group C& Control group						
	BAC t = 20 min.	Δ TR visivo [ms]	Δ TR uditivo[ms]	BAC end test	Δ TR visivo [ms]	Δ TR uditivo[ms]
SXM1-XM2	-	10.35	14.00	-	10.13	9.01
XM1-XM2	-	6.99	29.42	-	19.24	12.08
CI95 -	-	-13.89	1.17	-	-1.21	-6.10
CI95 +	-	27.88	57.68	-	39.69	30.25
t	-	0.675	2.101	-	1.899	1.341
G.D.L.	-	42	42	-	42	42
t critic	-	0.5034	0.0417	-	0.0644	0.1871

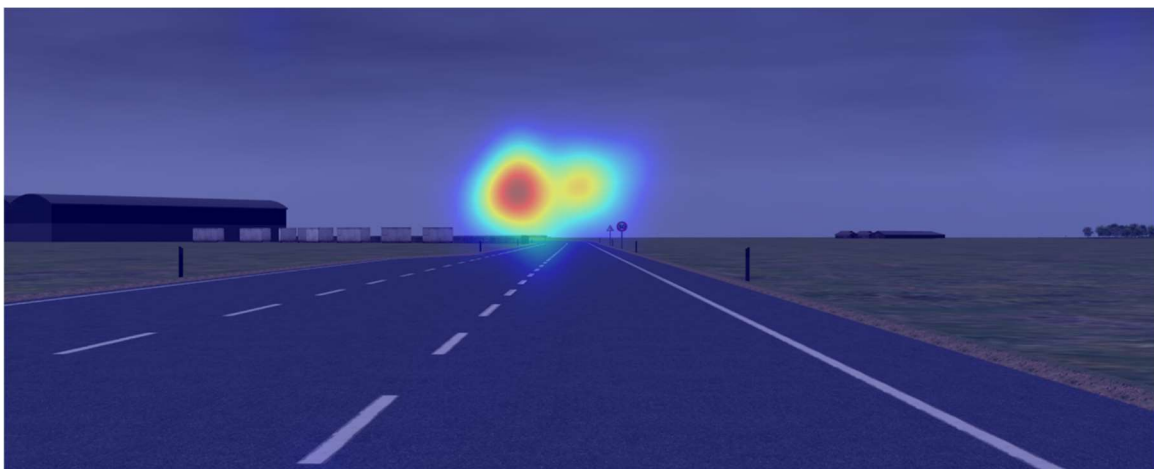
Allegato 14. Heatmap



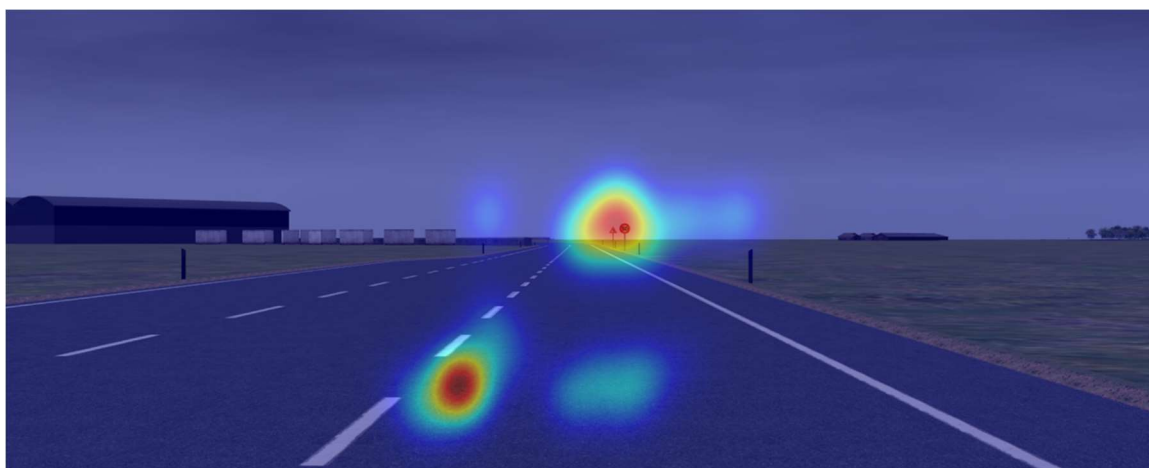
ID: 21 Group A BAC:0.021 g/dl



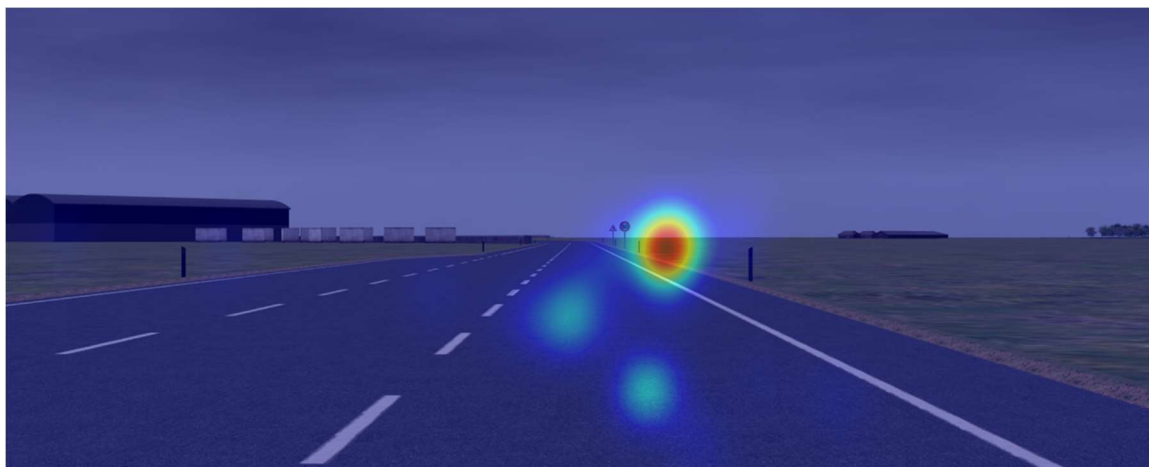
ID: 40 Group A BAC:0.023 g/dl



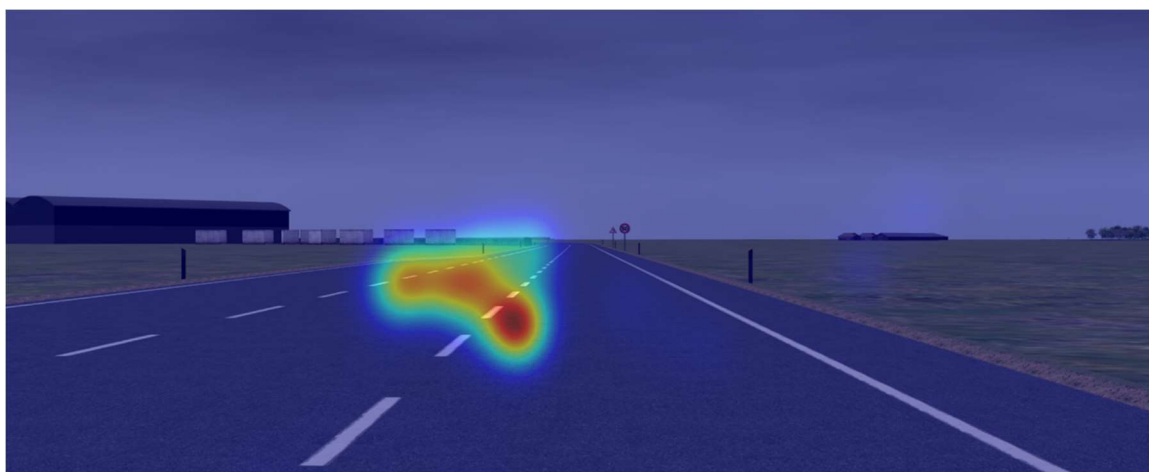
ID: 43 Group A BAC:0.062 g/dl



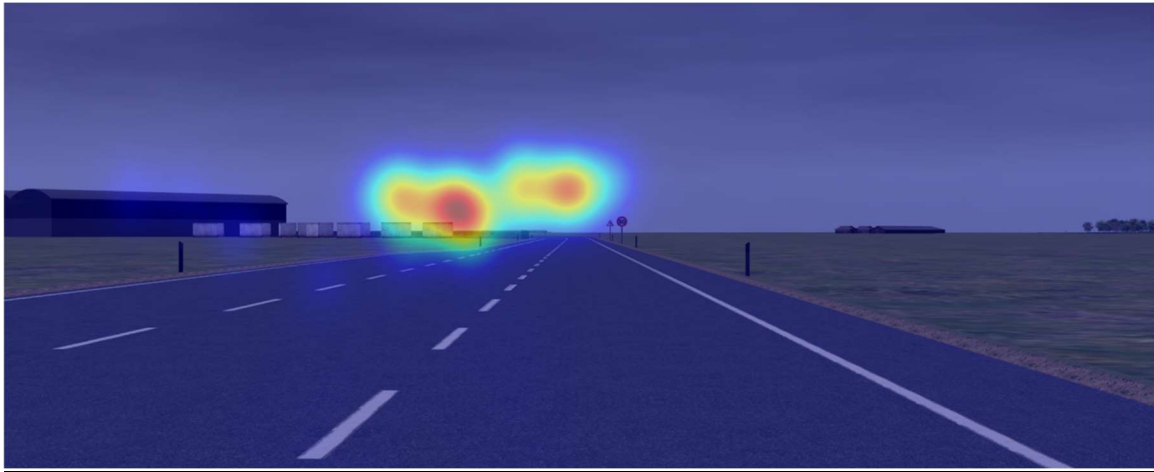
ID: 48 **Group A** **BAC:0.059 g/dl**



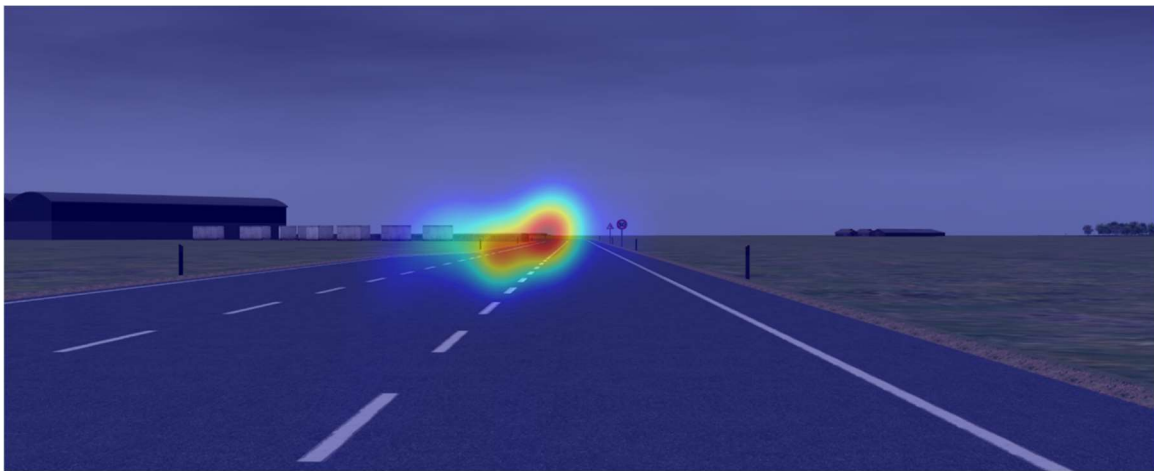
ID: 63 **Group A** **BAC:0.058 g/dl**



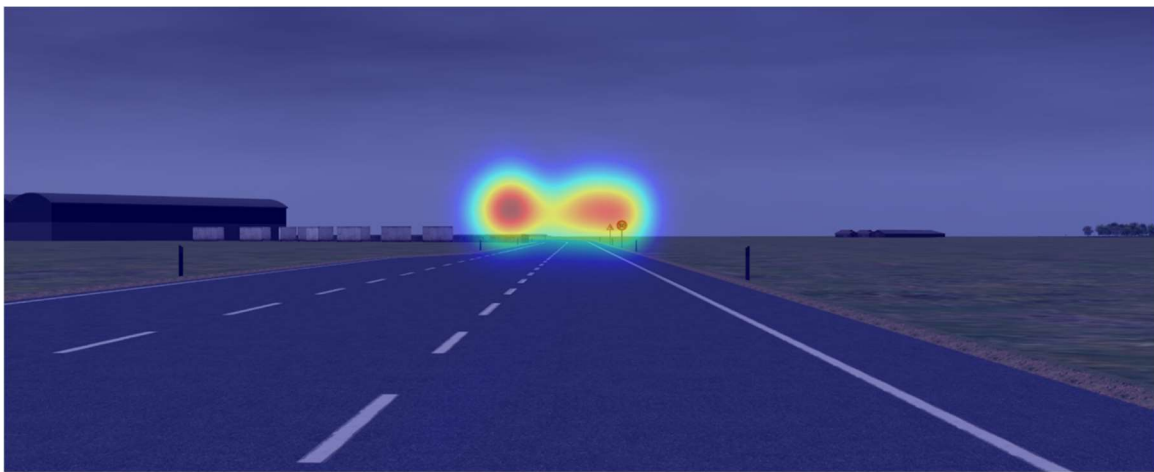
ID: 65 **Group A** **BAC:0.071 g/dl**



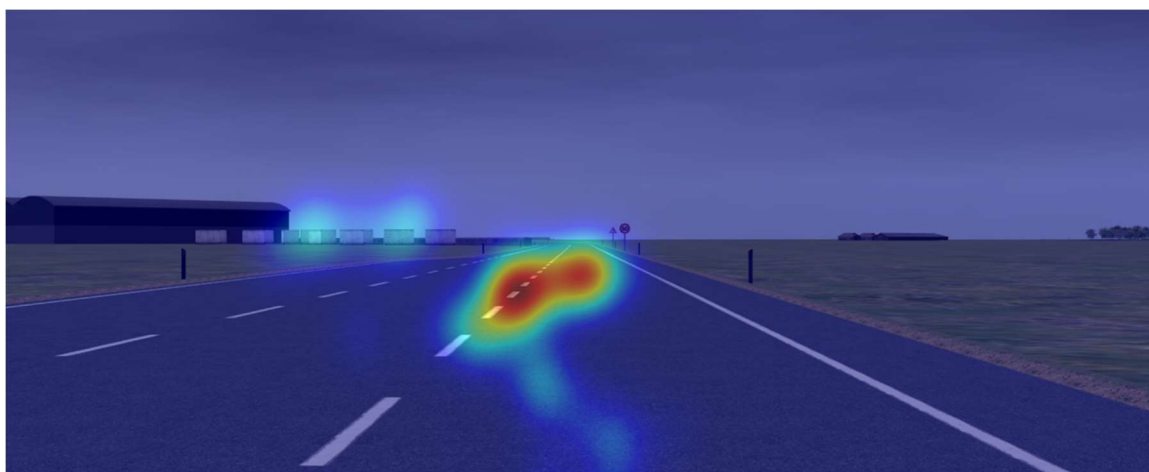
ID: 17 Group B BAC:0.048 g/dl



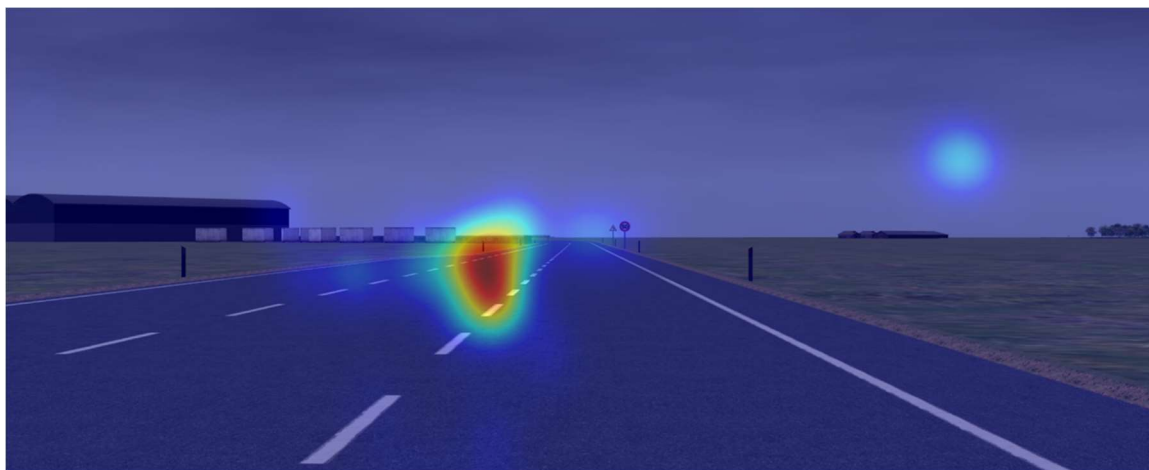
ID: 18 Group B BAC:0.07 g/dl



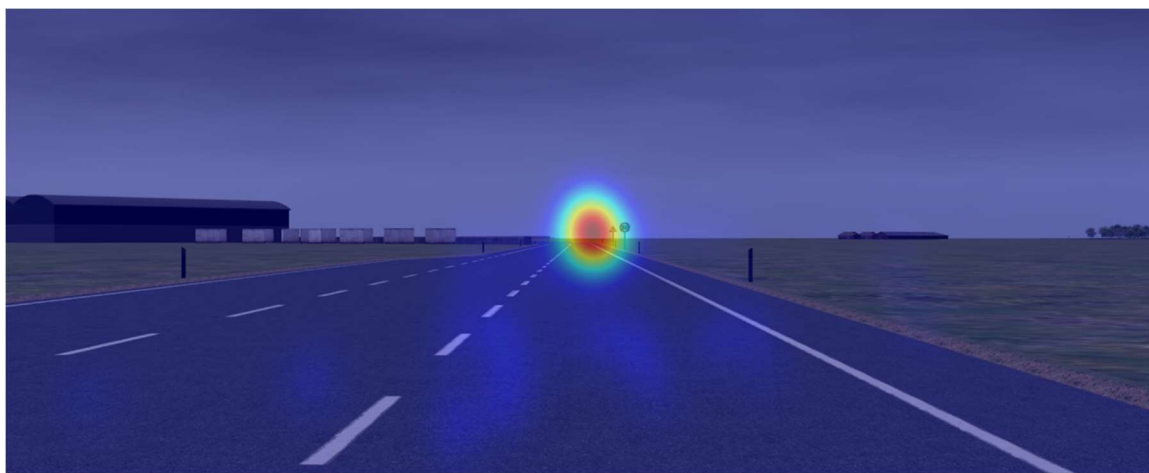
ID: 20 Group B BAC:0.049 g/dl



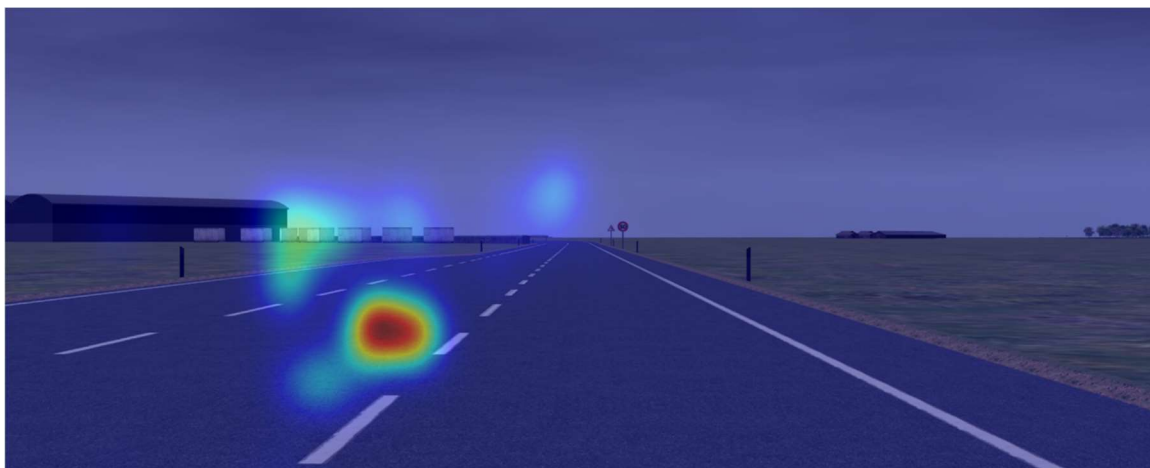
ID: 22 Group B BAC:0.058 g/dl



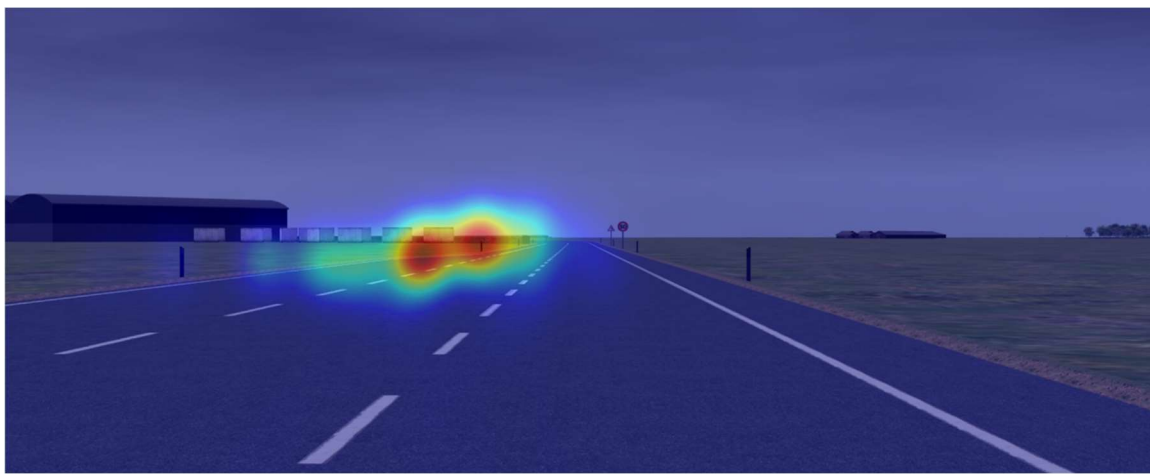
ID: 68 Group B BAC:0.055 g/dl



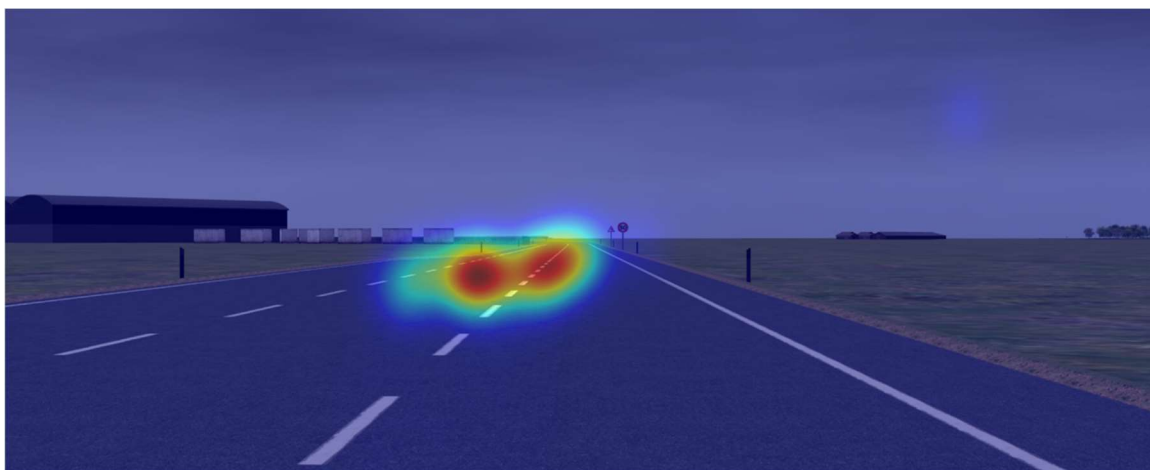
ID: 71 Group B BAC:0.045 g/dl



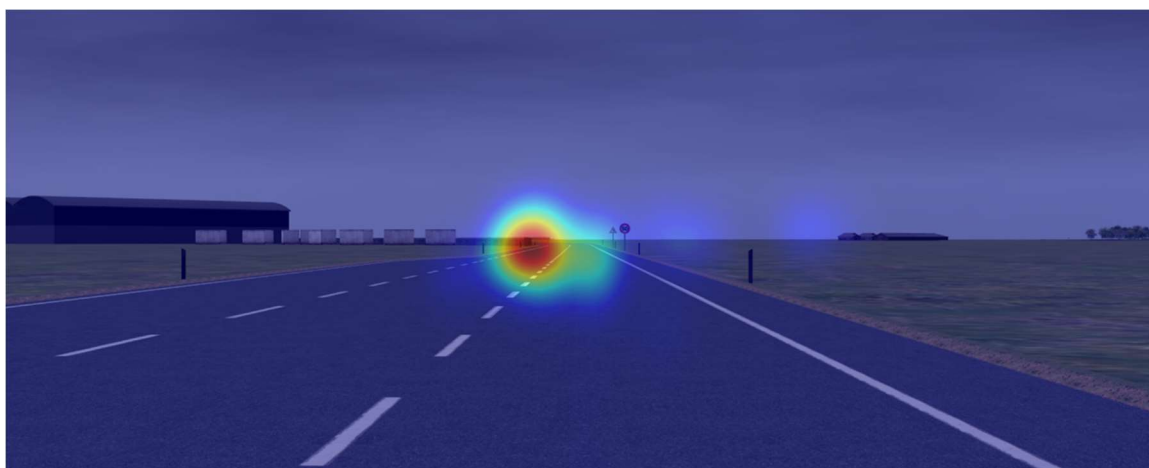
ID: 14 Group C BAC:0.00 g/dl



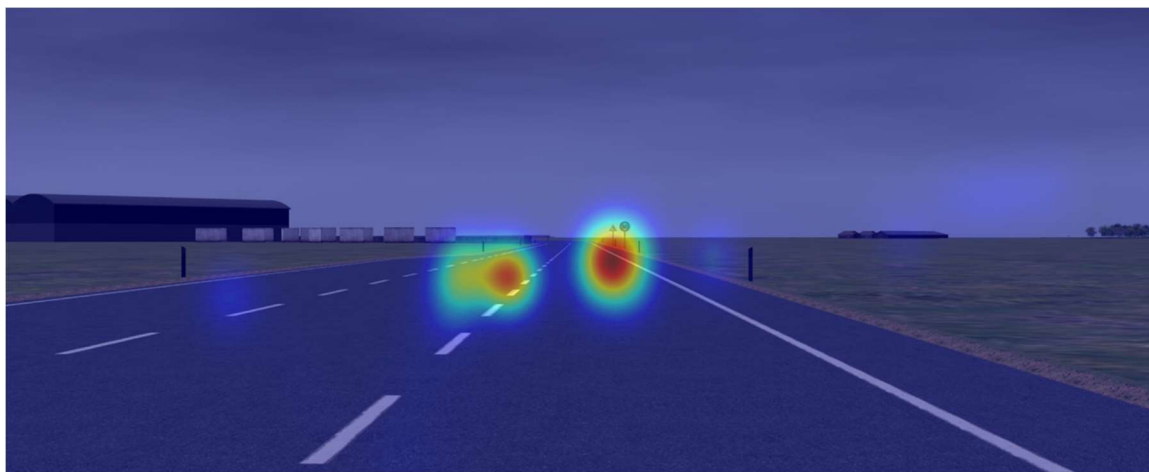
ID: 34 Group C BAC:0.00 g/dl



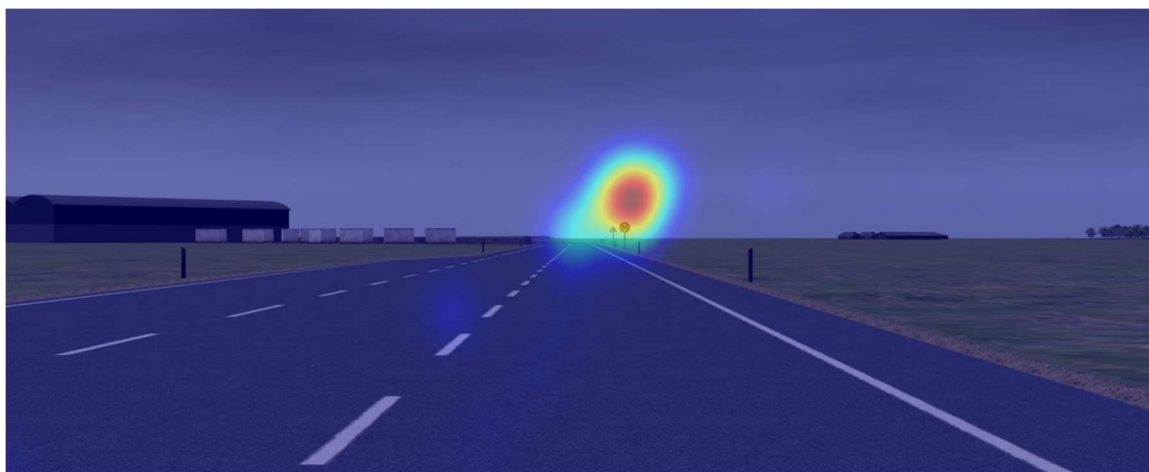
ID: 47 Group C BAC:0.00 g/dl



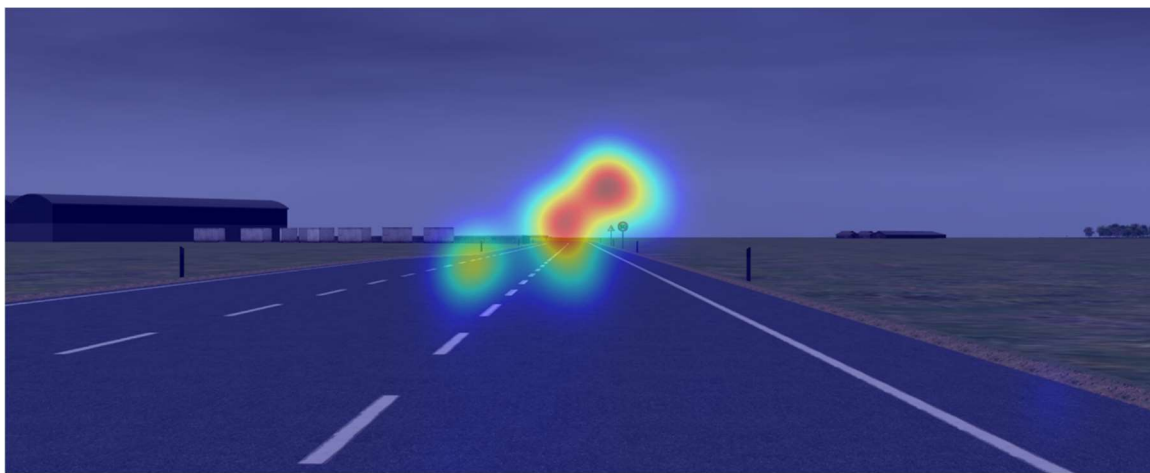
ID: 51 Group C BAC:0.00 g/dl



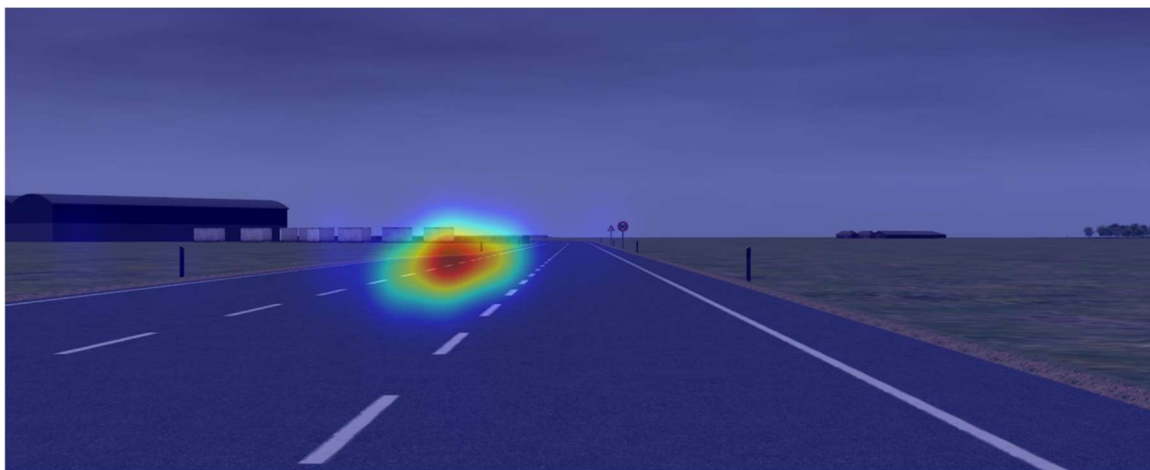
ID: 61 Group C BAC:0.00 g/dl



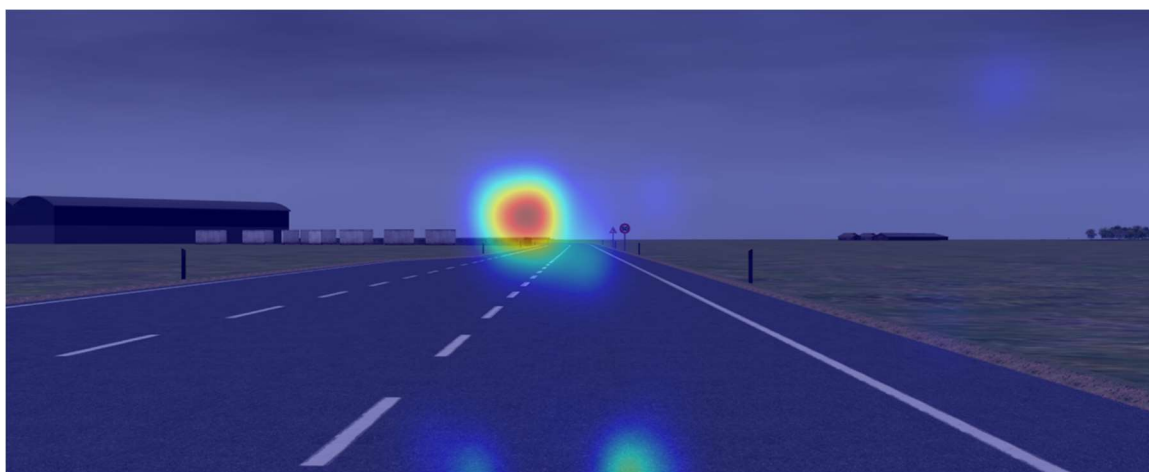
ID: 67 Group C BAC:0.00 g/dl



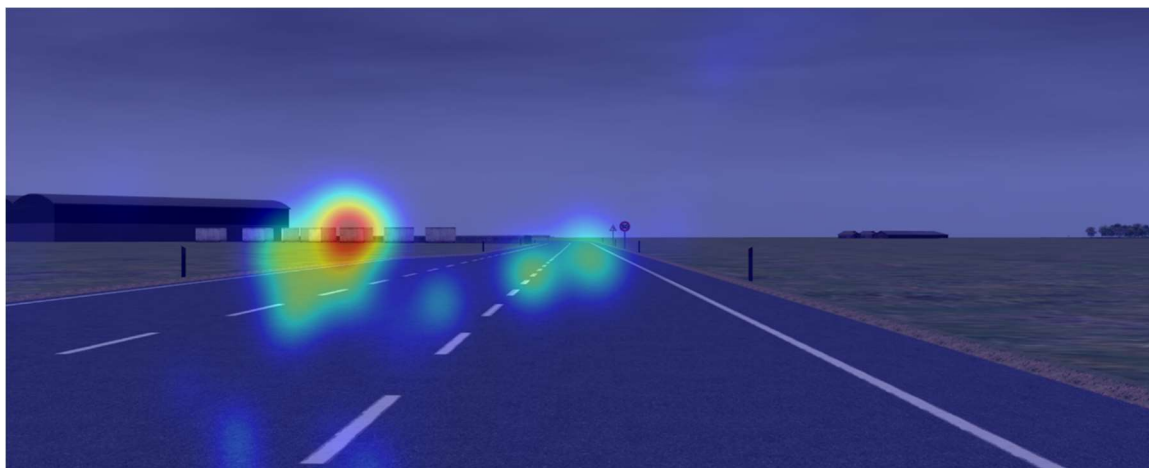
ID: 72 **Group C** **BAC:0.00 g/dl**



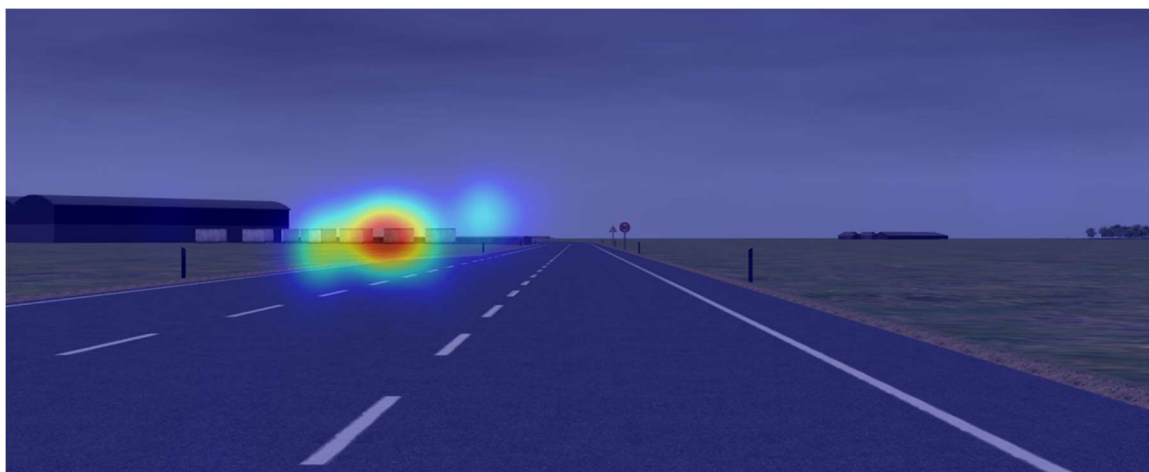
ID: 78 **Group C** **BAC:0.00 g/dl**



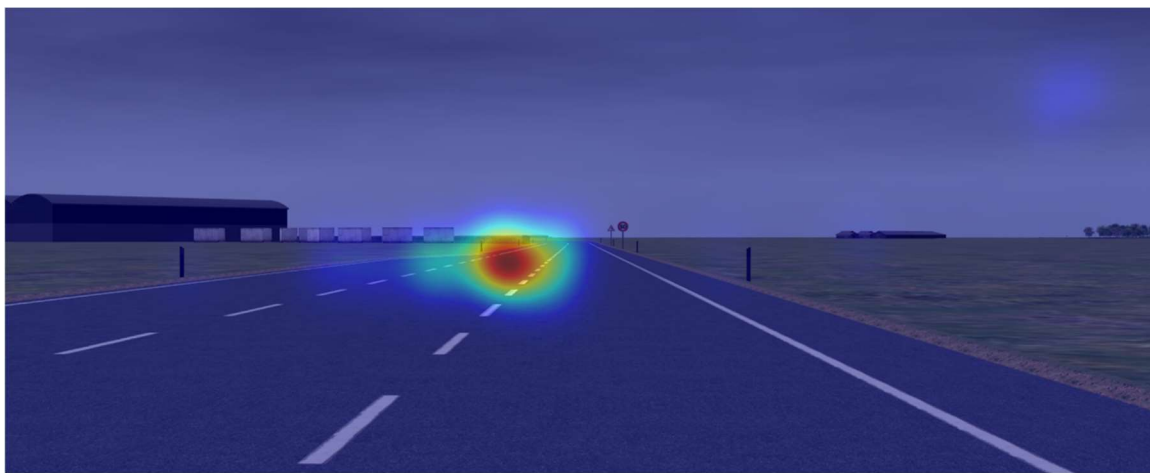
ID: 76 **Control group** **BAC:0.00 g/dl**



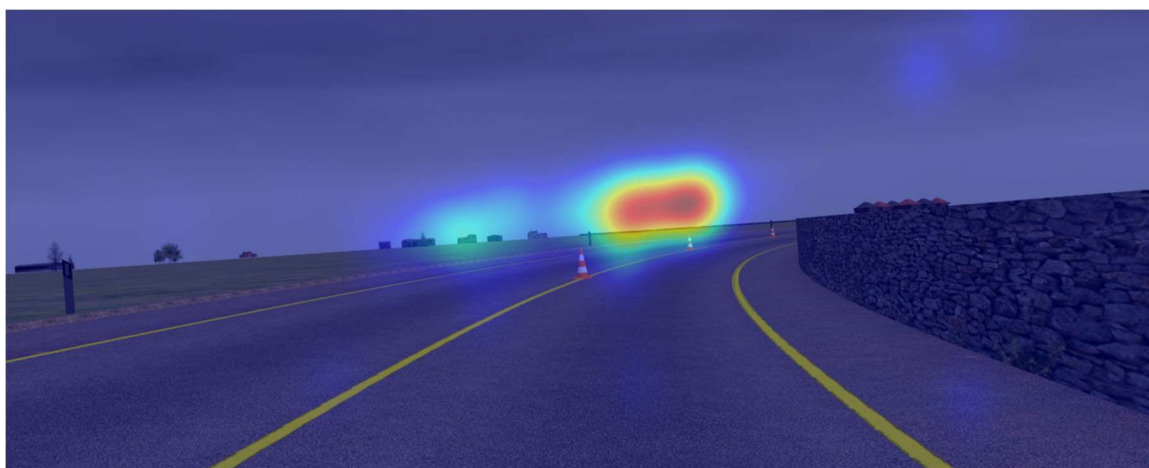
ID: 80 **Control group** **BAC:0.00 g/dl**



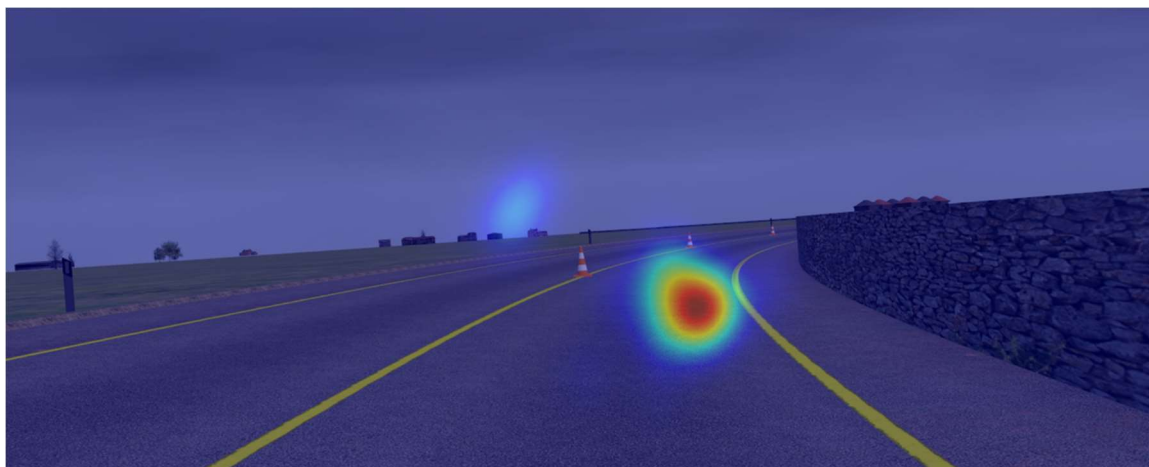
ID: 83 **Control group** **BAC:0.00 g/dl**



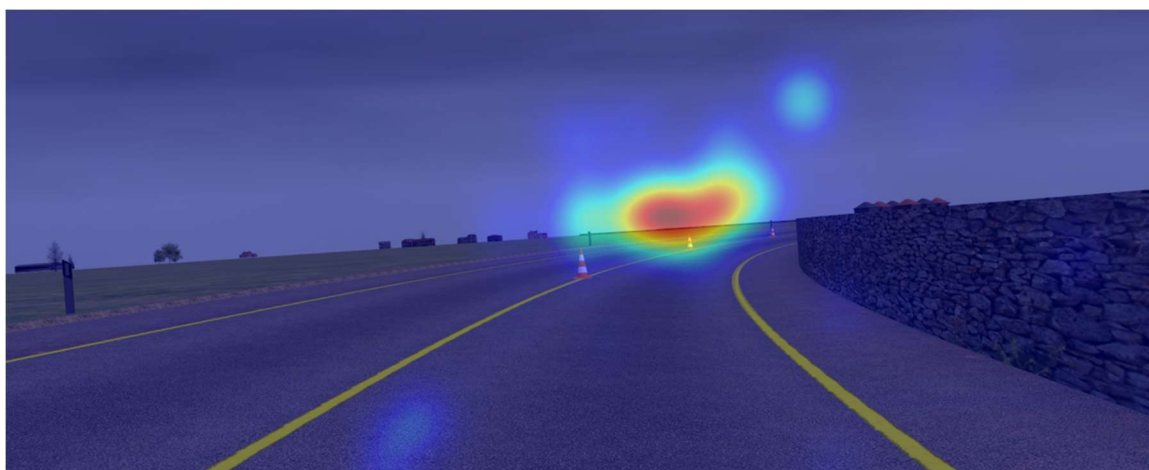
ID: 84 Control group BAC:0.00 g/dl



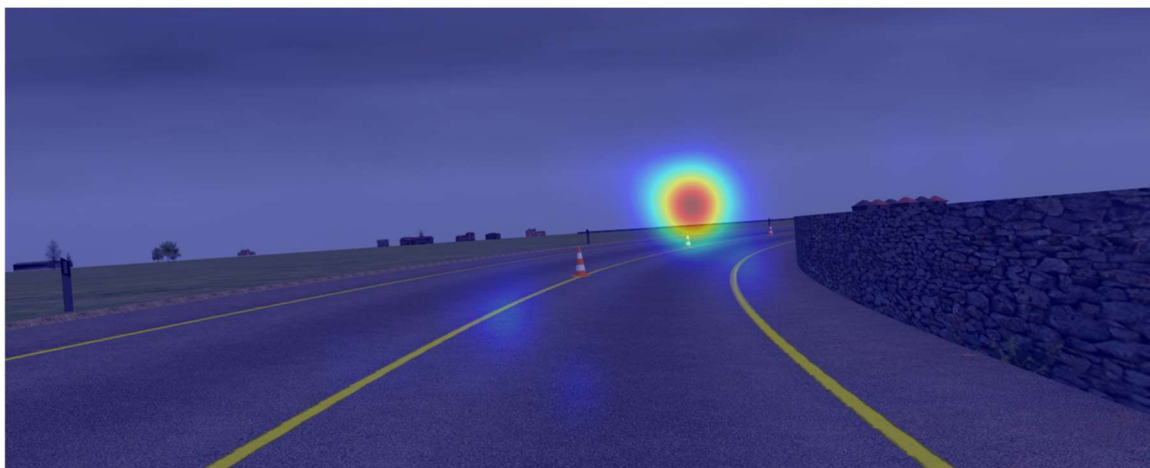
ID: 21 **Group A** **BAC:0.021 g/dl**



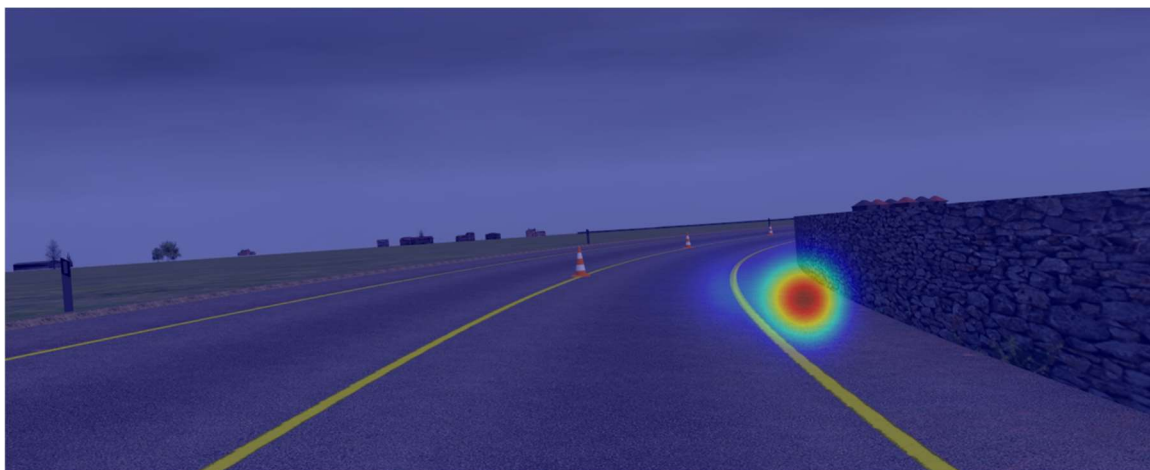
ID: 40 **Group A** **BAC:0.023 g/dl**



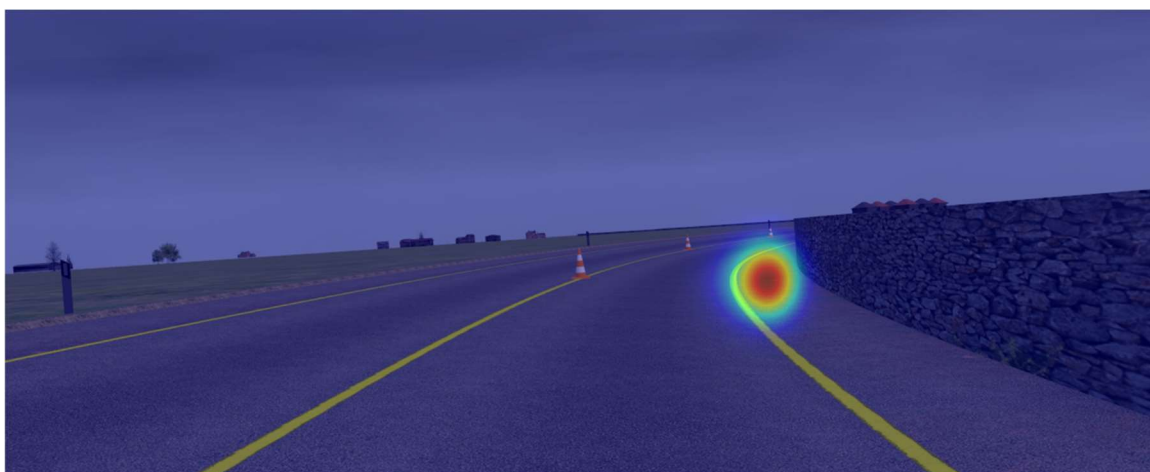
ID: 43 **Group A** **BAC:0.062 g/dl**



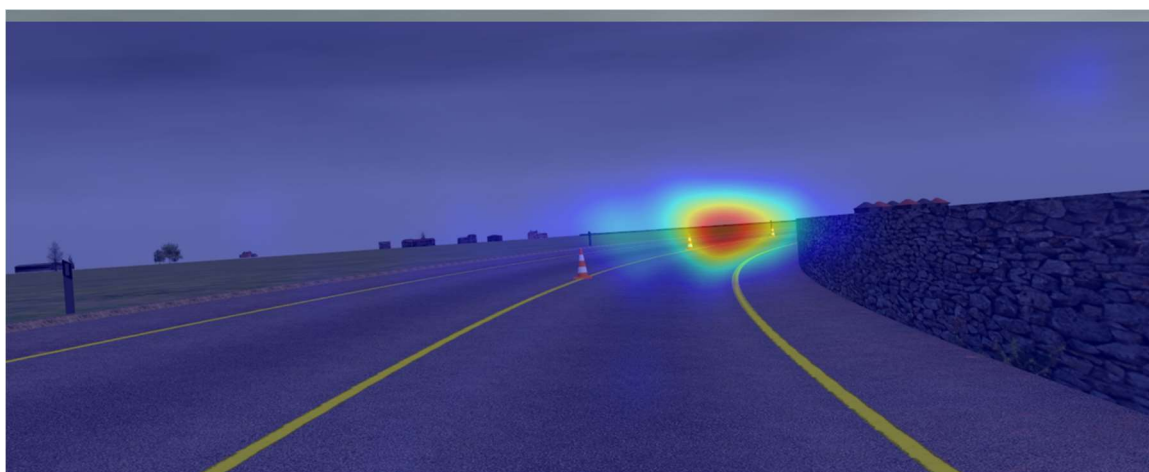
ID: 48 **Group A** **BAC:0.059 g/dl**



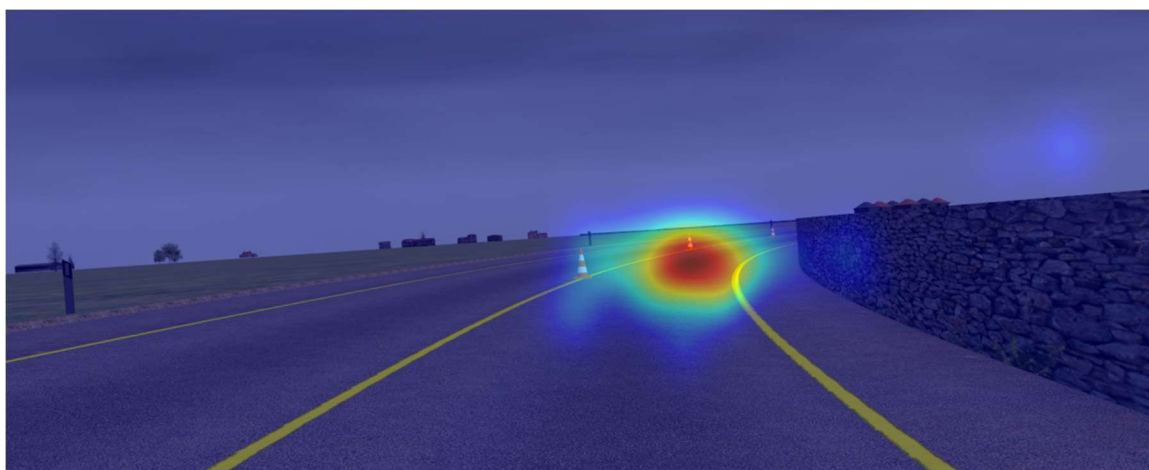
ID: 63 **Group A** **BAC:0.058 g/dl**



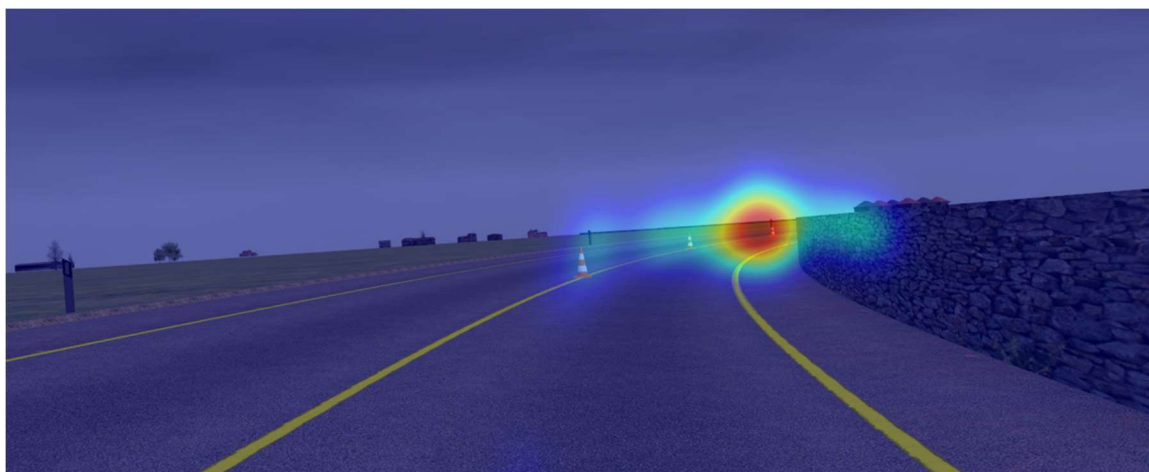
ID: 65 **Group A** **BAC:0.071 g/dl**



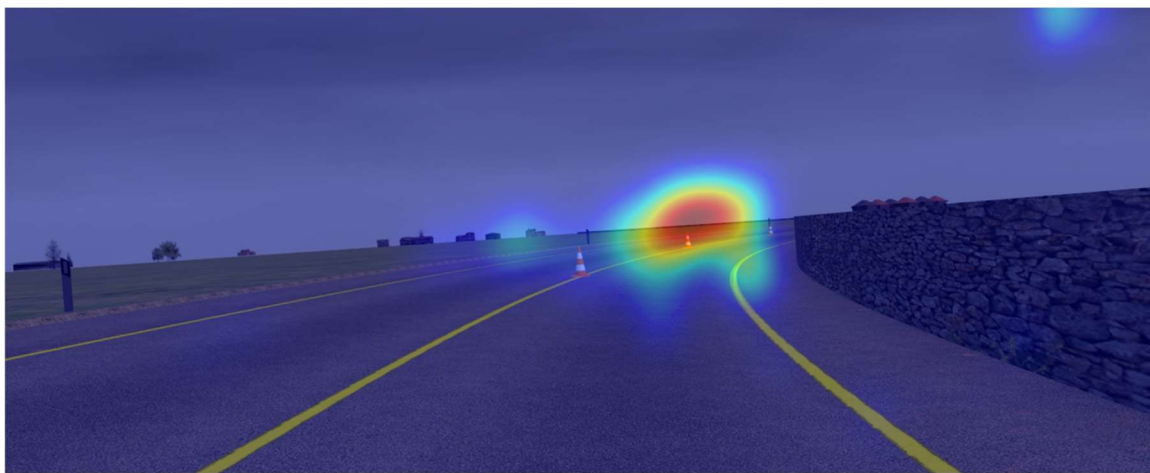
ID: 17 **Group B** **BAC:0.048 g/dl**



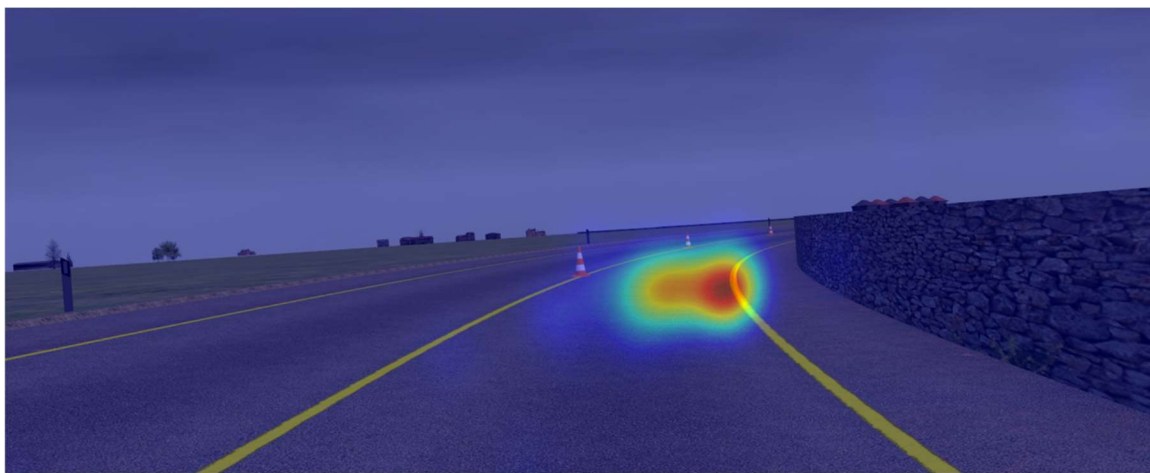
ID: 18 **Group B** **BAC:0.07 g/dl**



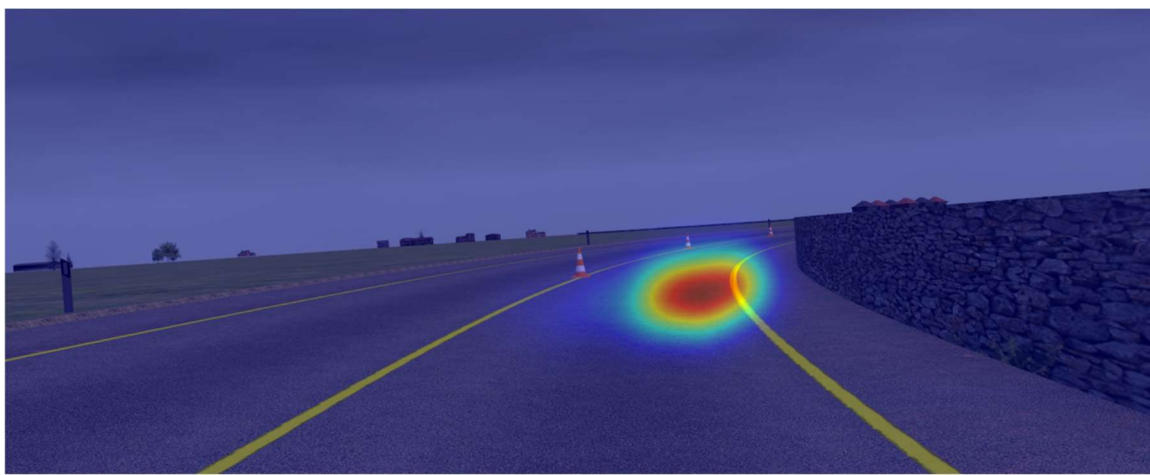
ID: 20 **Group B** **BAC:0.049 g/dl**



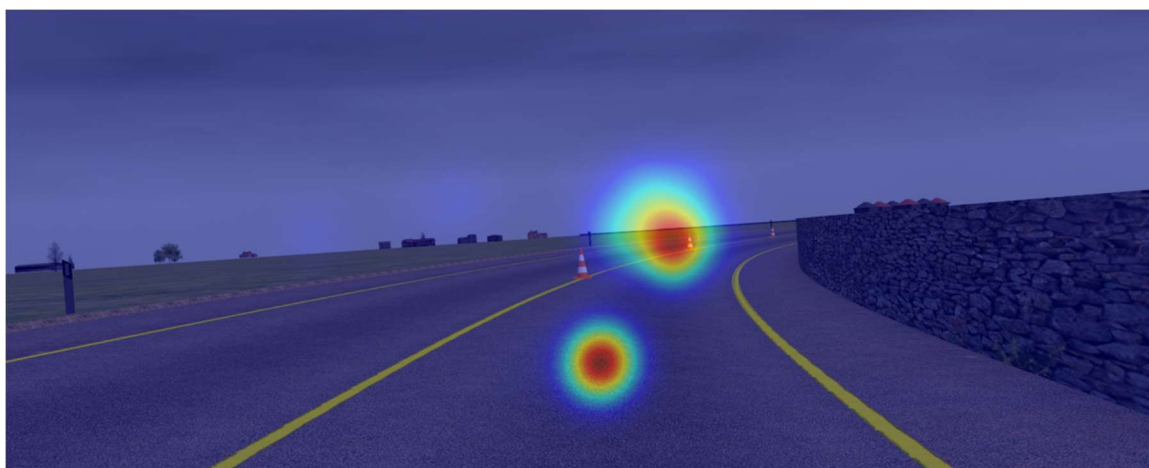
ID: 22 **Group B** **BAC:0.058 g/dl**



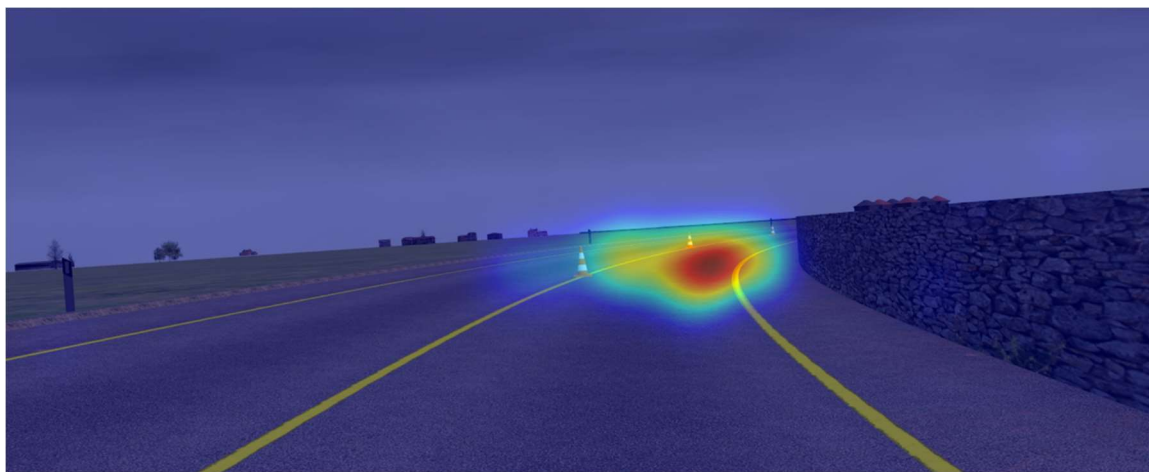
ID: 68 **Group B** **BAC:0.055 g/dl**



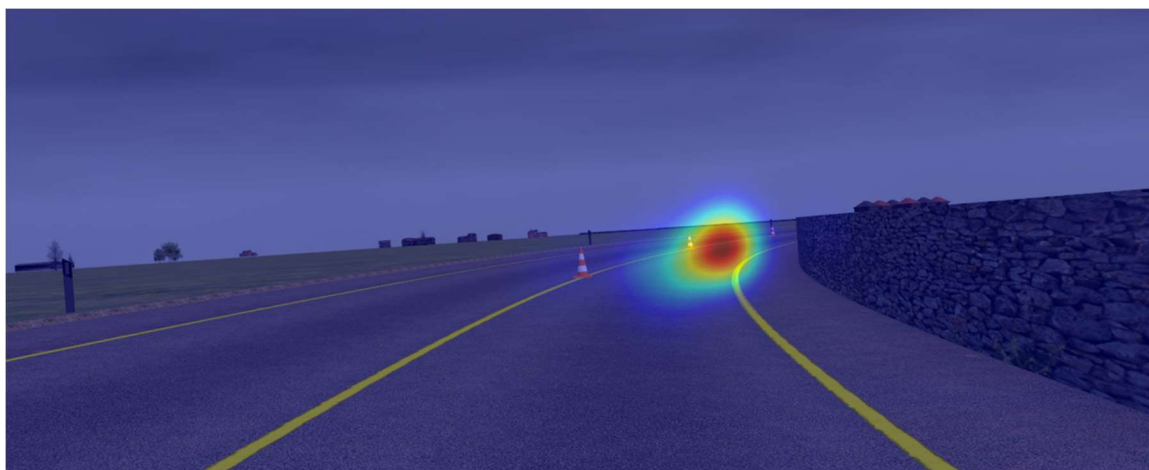
ID: 71 **Group B** **BAC:0.045 g/dl**



ID: 14 Group C BAC:0.00 g/dl



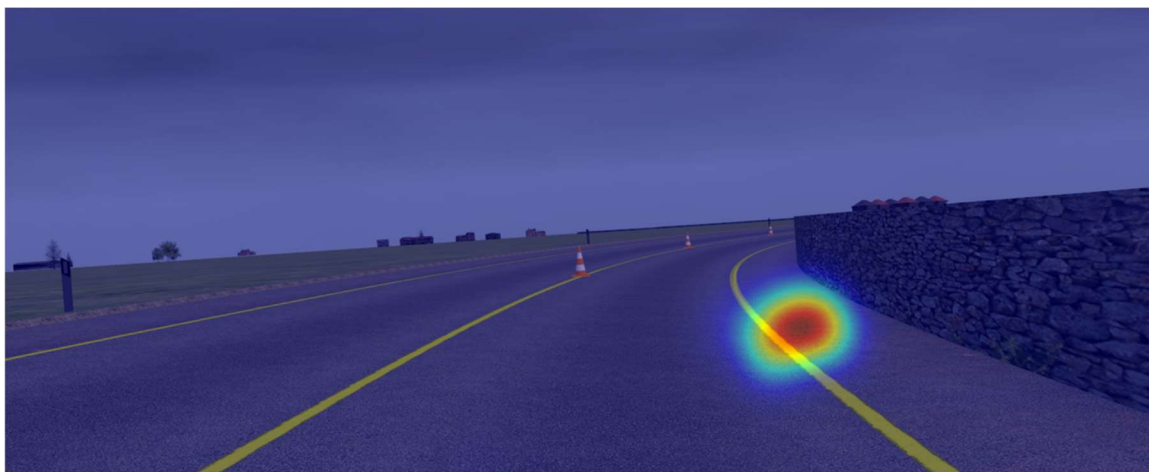
ID: 34 Group C BAC:0.00 g/dl



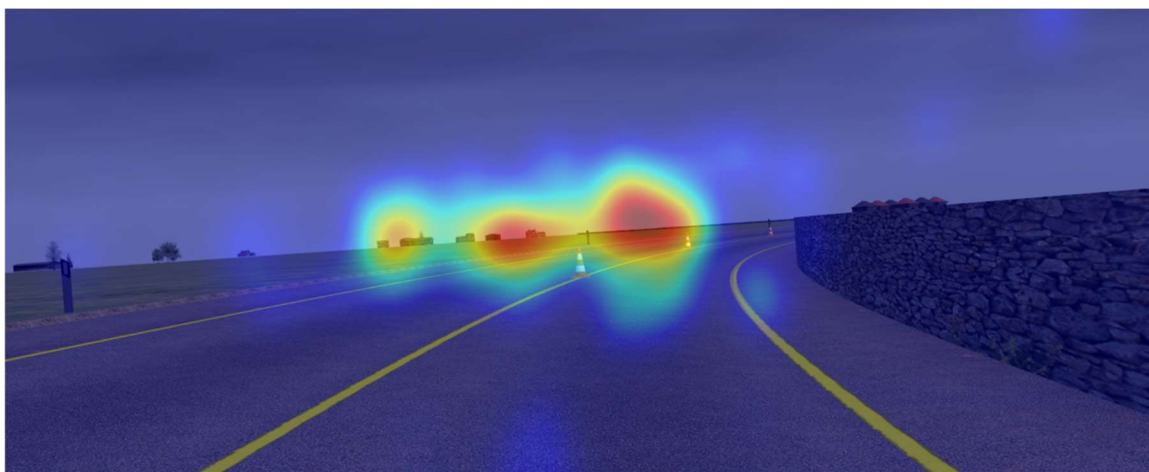
ID: 47 Group C BAC:0.00 g/dl



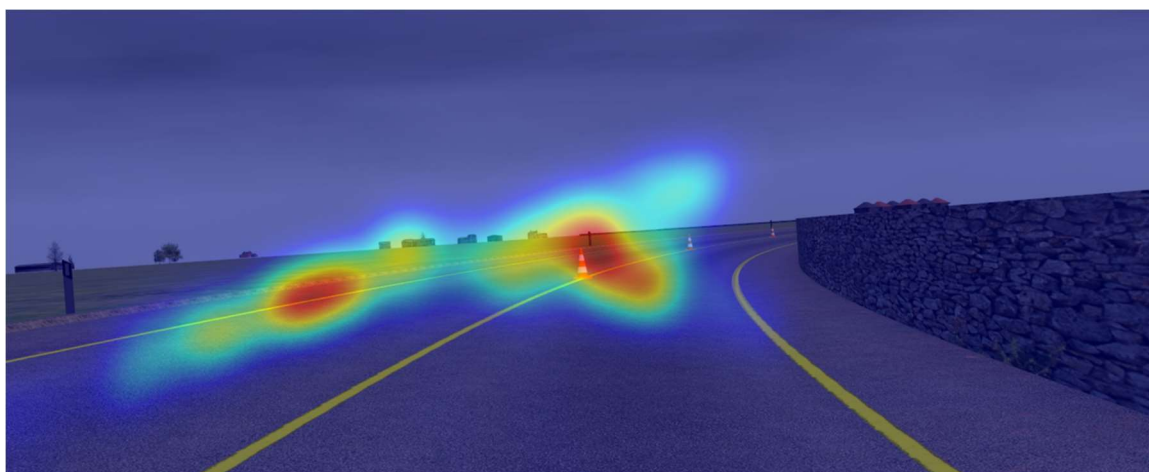
ID: 51 **Group C** **BAC:0.00 g/dl**



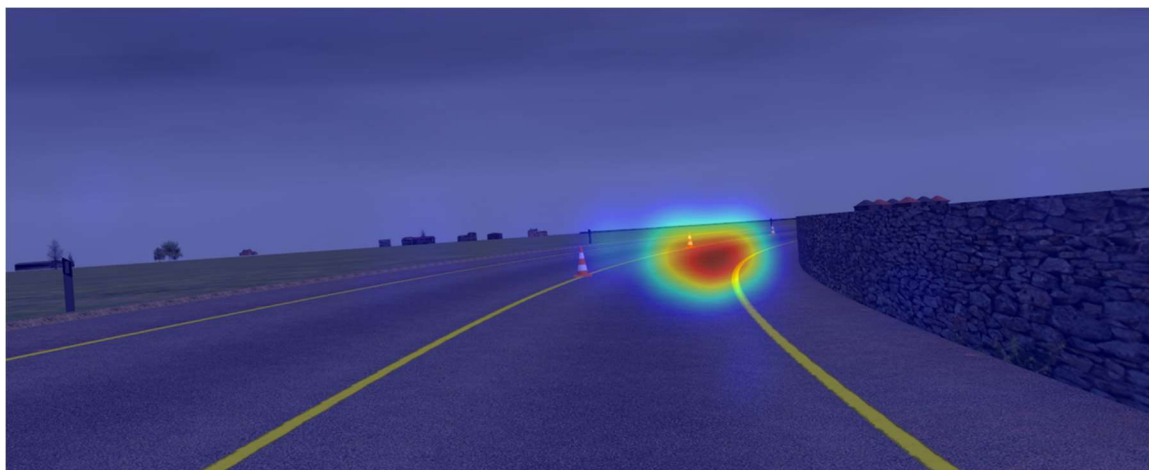
ID: 61 **Group C** **BAC:0.00 g/dl**



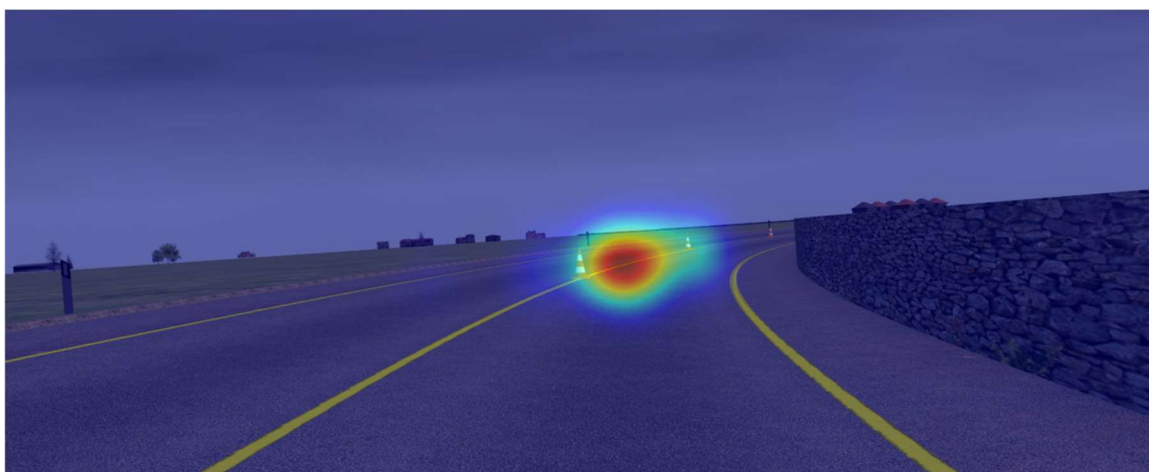
ID: 67 **Group C** **BAC:0.00 g/dl**



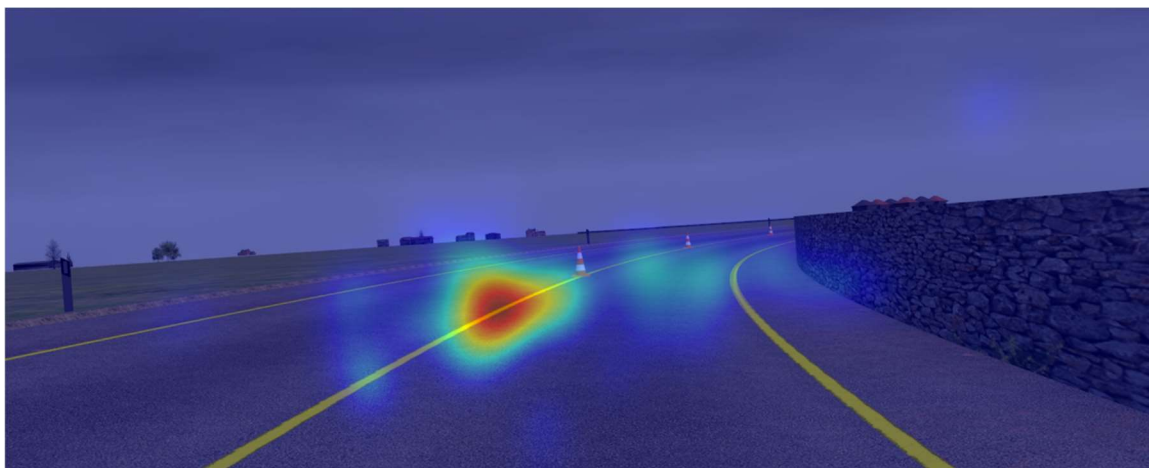
ID: 72 Group C BAC:0.00 g/dl



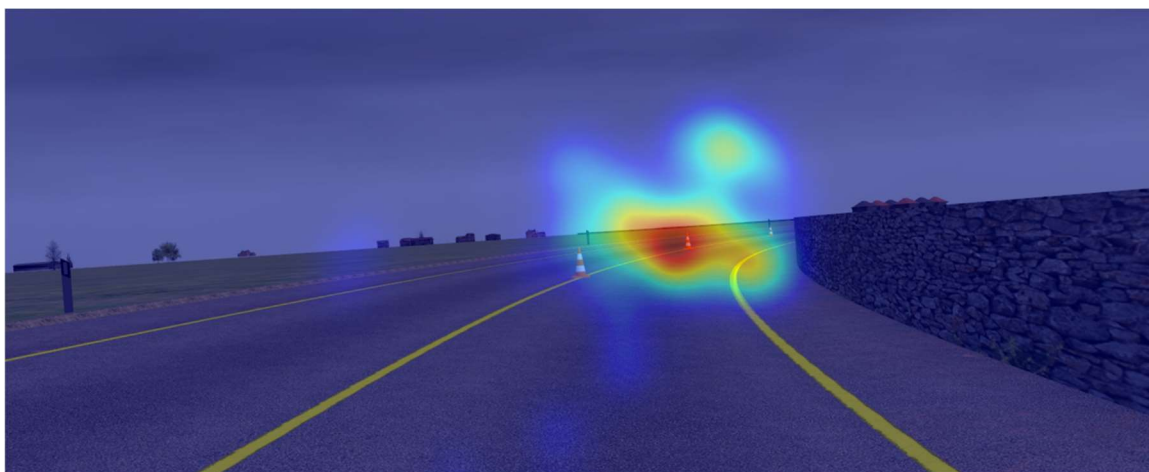
ID: 78 Group C BAC:0.00 g/dl



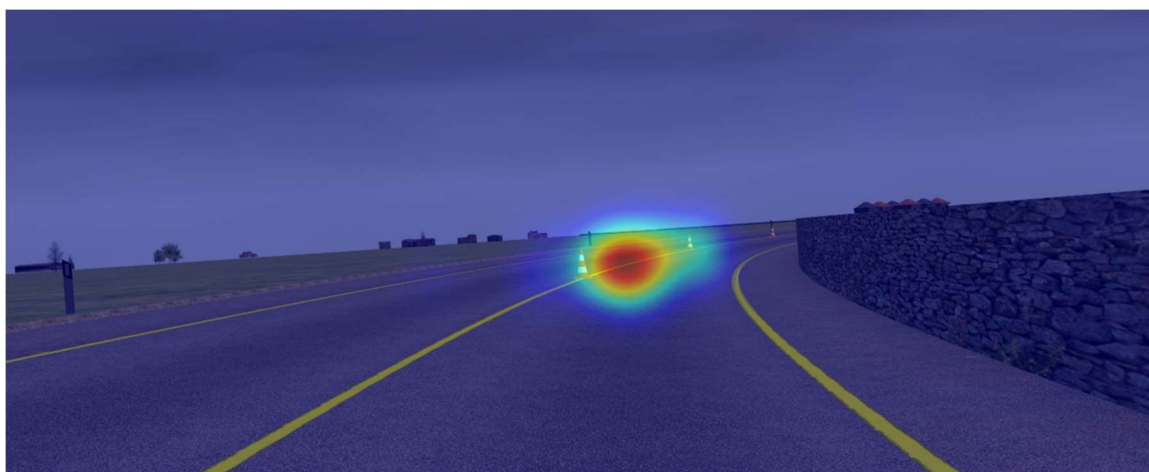
ID: 76 **Control group** **BAC:0.00 g/dl**



ID: 80 **Control group** **BAC:0.00 g/dl**



ID: 83 **Control group** **BAC:0.00 g/dl**



ID: 84 **Control group** **BAC:0.00 g/dl**