

## ***Studio sulla valutazione della vigilanza/performance dei macchinisti***

### **Inquadramento generale dello studio**

La guida del treno è generalmente considerata una professione molto stressante, dal momento che comporta una complessa serie di mansioni che richiedono alti livelli di competenza, capacità, esperienza e responsabilità, non solo per ciò che riguarda l'elevato costo economico delle attività di trasporto, ma anche per i rischi connessi alla vita umana.

Il compito impone pertanto elevati livelli di vigilanza per lo svolgimento di un complesso insieme di attività che comportano notevoli abilità e l'applicazione attiva di specifiche conoscenze tecniche, nonché di funzioni cognitive (ad es. l'elaborazione di informazioni, il ragionamento logico-matematico, il prendere decisioni), comunicative e relazionali.

### ***I fattori di stress e di rischio connessi al lavoro***

Lo stress è una componente consueta della nostra esistenza e non è necessariamente un fenomeno negativo, essendo uno stimolo fisiologico di solito connesso con l'interazione tra la persona e il suo ambiente, inteso nell'accezione più larga del termine. Comunque esso può diventare un pericoloso fattore di rischio per la salute qualora venga percepito come uno squilibrio creatosi tra un eccesso di sollecitazioni poste all'individuo e le sue capacità a farvi fronte. Ciò altera l'equilibrio psico-fisico della persona, sollecitandone risposte di tipo fisico, psichico e comportamentale. Se tali risposte adattative falliscono, lo stress può avere delle conseguenze dannose sul benessere psico-fisico e sociale della persona, con alti costi sia per l'individuo che per la società.

Lo stress lavorativo può essere determinato da vari fattori, quali ad es. le richieste del compito, le condizioni ambientali, l'organizzazione del lavoro e le relazioni interpersonali. Il suo impatto sull'efficienza e soddisfazione lavorativa, nonché sulle condizioni di salute, può

differire notevolmente in relazione sia alle caratteristiche psico-fisiche e comportamentali delle persone, sia in funzione del supporto sociale ricevuto.

I più importanti fattori di stress di carattere operativo sono: difficoltà e complessità del compito, orari irregolari di lavoro, periodi prolungati di lavoro, pressione del tempo, alta responsabilità, paura delle conseguenze dell'errore, affidabilità e limitazione delle apparecchiature.

I maggiori fattori di stress legati all'organizzazione sono: lavoro a turni e notturno, livelli salariali, condizioni ambientali di lavoro (es. rumore, illuminazione, posture), relazioni con i superiori.

Una delle componenti dell'organizzazione del lavoro in grado di influenzare maggiormente la gravosità del compito è costituita dai turni di lavoro, in particolare dal lavoro notturno. La necessità di far fronte al compito con la stessa vigilanza e performance a qualsiasi ora del giorno e della notte è infatti una delle richieste peculiari del lavoro del Macchinista.

La perturbazione della struttura ritmica delle funzioni psico-fisiologiche, connessa alla modificazione del ritmo sonno/veglia, gioca un ruolo importante nell'influenzare la salute e la capacità lavorativa. Le persone possono soffrire in maniera più o meno intensa di una serie di sintomi comunemente conosciuti come sindrome del "jet-lag", caratterizzata da senso di affaticamento, letargia, disturbi del sonno e digestivi, rallentamento delle funzioni mentali e della performance.

Per quanto riguarda il sonno, una riduzione del numero delle ore di sonno si verifica sia durante il turno del mattino, dovuto ad un risveglio mattutino troppo precoce, sia durante i turni notturni, per l'inversione del normale ciclo "sonno-veglia". Dal punto di vista qualitativo, è stata registrata una interferenza rilevante nella distribuzione delle varie fasi di sonno. Nel sonno diurno, successivo al turno notturno, è stata osservata una riduzione della fase 2 e del sonno REM. Una significativa decurtazione di sonno REM si verifica anche durante i periodi di turno mattutino a causa del risveglio anticipato che amputa l'ultima parte del sonno. A lungo andare tali condizioni non solo possono determinare o favorire l'instaurarsi in maniera permanente di gravi disturbi del sonno, ma possono anche essere implicate nel manifestarsi di patologie neuro-psichiche, quali l'affaticamento cronico, modificazioni comportamentali, ansia e depressione persistenti, che spesso richiedono la somministrazione di farmaci psicotropi.

La diminuzione circadiana della performance psicofisica di notte, in associazione al deficit di sonno e a un più forte senso di affaticamento, riduce l'efficienza lavorativa e aumenta la possibilità di errori e incidenti. Gli studi riguardanti gli incidenti lavorativi fra i turnisti sono comunque abbastanza controversi: alcune indagini hanno riportato più incidenti nei turni notturni, altre in quelli diurni, altre ancora segnalano come gli incidenti siano meno frequenti, ma più gravi nei turni notturni. Oltre all'interferenza di molte altre variabili, i differenti riscontri possono essere spiegati considerando, da una parte, i diversi settori e situazioni lavorative esaminate (a minore o maggiore rischio di incidenti, misure di sicurezza, compiti specifici) e, dall'altra, tenendo in considerazione che le condizioni sono raramente, o quasi mai, le stesse di giorno e di notte. Infatti, l'incremento di sonnolenza e la conseguente riduzione della performance psicofisica durante la notte non sono necessariamente associate ad una più alta frequenza di incidenti, dato che possono interagire molti altri fattori legati all'organizzazione del lavoro. Parecchi studi hanno infatti rilevato come le ore di punta per gli incidenti durante i turni diurni siano intorno alle 10.00-11.00 e alle 15.00-16.00, quando la curva della performance presenta i suoi livelli più alti (ma anche l'attività lavorativa è al suo massimo). Tuttavia, considerando il turno del mattino, vi sono segnalazioni (anche tra i macchinisti) di maggiori episodi di sonnolenza e di associazione tra frequenza di incidenti e orari troppo anticipati di inizio. E' stato inoltre valutato che il rischio di incidente in uno stabilimento nucleare è maggiore del 70% in caso di turni di 12 ore rispetto ai turni di 8 ore.

E' importante inoltre tenere in considerazione che le prestazioni professionali dei Macchinisti possono diminuire in alcuni momenti del giorno in relazione ad un eccessivo carico di lavoro, ma possono altresì calare nel corso delle ore notturne, anche in presenza di un carico di lavoro molto ridotto. Infatti la mancanza di stimoli derivante da un ridotto carico di lavoro può ulteriormente aumentare la caduta fisiologica dell'efficienza mentale e fisica che intercorre nelle ore notturne. Ciò può costituire un serio pericolo in caso di situazioni di improvvisa emergenza. D'altro canto viene frequentemente riportato che, paradossalmente, molti errori spesso succedono in periodi di lavoro con bassa intensità o scarsa complessità di traffico. Ciò testimonia dello sforzo richiesto all'organismo per adattare le risposte fisiologiche volte a garantire elevati livelli di vigilanza e performance anche in condizioni di bassa stimolazione ("underload").

E' opportuno, quindi, approfondire questo importante aspetto, soprattutto in relazione all'introduzione di nuove tecnologie, che richiedono più attenzione e vigilanza, ma meno

attività fisica, e possono quindi essere più soggette a errori rispetto ai compiti manuali. Il cosiddetto "errore umano" può essere infatti connesso al sonno, o a fattori legati al sonno, come pure ai meccanismi oscillatori dell'attenzione, della vigilanza e della performance.

E' altresì importante tenere in considerazione che le risposte psico-fisiologiche dell'individuo ("strain") dipendono anche dalle sue "risorse", definite sia in termini di caratteristiche personali che di strategie comportamentali. Secondo il modello interpretativo dello stress proposto da Karasek ("demand-control-support"), è maggiormente probabile che alti livelli di stress si manifestino in quelle attività lavorative in cui vi siano elevate sollecitazioni psicologiche associate a scarsa possibilità decisionale e inadeguato supporto sociale ("high strain job"). Al contrario, le mansioni che impongono elevati carichi psicologici, ma che consentono anche un alto potere decisionale e un adeguato supporto sociale, sono maggiormente in grado di determinare un comportamento attivo, che stimola l'apprendimento, la motivazione e l'efficienza lavorativa, riducendo quindi gli effetti negativi dello stress.

Le conseguenze sulla performance lavorativa e sul benessere psico-fisico della persona possono differire grandemente tra i diversi individui anche in funzione di molteplici fattori di carattere personale, quali ad es. l'età, lo stile di vita, gli eventi esistenziali, l'esperienza e l'anzianità di lavoro, la personalità (ad es. introversione, ansia, nevroticismo), le caratteristiche comportamentali (umore, mattutinità, abitudini di sonno), le attitudini, la motivazione, le condizioni di salute fisica e mentale. Anche molti altri fattori connessi con le condizioni sociali possono avere una notevole influenza in tal senso, in particolare: il livello socio-economico, le condizioni abitative, il pendolarismo, gli atteggiamenti della famiglia, i servizi sociali, il coinvolgimento in attività sociali.

Pertanto tutti questi fattori possono svolgere un'influenza più o meno importante sulla performance lavorativa, sulla salute e sul benessere del Macchinista a seconda delle diverse circostanze. Essi possono interagire e interferire tra loro dando luogo ad effetti che possono essere additivi, moltiplicativi, ma anche sottrattivi.

Tutto ciò implica la necessità di prendere in considerazione, nella valutazione dell'impegno e dello stress lavorativo, i diversi aspetti (organizzativi, procedurali, comportamentali, ecc.) della condizione di lavoro, al fine di comprendere meglio le diverse componenti in gioco e le loro interazioni. Ciò al fine di predisporre adeguati interventi organizzativi volti a garantire le migliori condizioni per una ottimale performance lavorativa

delle persone, la quale ovviamente si riflette sia in termini di benessere psico-fisico che di sicurezza e produttività.

### ***Indicatori di carico di lavoro e di risposta psicofisiologica***

Gli indicatori che si possono utilizzare sono schematicamente riassunti nei seguenti gruppi:

#### **1) Analisi del carico di lavoro ("stress")**

Essa si basa sulla precisa identificazione dei compiti e delle loro componenti, in particolar modo per quanto riguarda le conoscenze tecniche richieste, la qualità e quantità delle informazioni da gestire, i conseguenti processi mentali implicati, la pressione del tempo, i livelli di autonomia e di discrezionalità, il potere decisionale, il grado di responsabilità, la natura e la gravità delle decisioni, le relazioni interpersonali sia di tipo gerarchico che operativo.

#### **2) Analisi delle risposte degli operatori ("strain")**

Tra questi si possono impiegare diversi tipi di indicatori in relazione al diverso "segnale" che si intende ricercare sia in relazione ai diversi aspetti "funzionali" che alle diverse scale temporali (a breve, medio o lungo termine).

##### ***2.a) Indicatori fisiologici***

Tra gli indicatori fisiologici vengono utilizzati prevalentemente la registrazione dell'attività elettrica cerebrale (Elettroencefalogramma-EEG, potenziali evocati), muscolare (Elettromiogramma-EMG) o cutanea (resistenza elettrica), l'analisi della motilità oculare (Elettrooculogramma-EOG, saccadi), le modificazioni del sistema cardiovascolare (Elettrocardiogramma-ECG, frequenza cardiaca, pressione arteriosa, flussi distrettuali), i livelli di risposta ormonale (cortisolo e catecolamine in particolare).

L'adozione e l'utilità dei diversi metodi di misura può variare notevolmente, oltre che in rapporto alla specificità del compito e al costo delle attrezzature necessarie, anche in relazione ai requisiti di affidabilità, validità, sensibilità, nonché di accettabilità da parte delle persone coinvolte.

### *2.b) Valutazioni soggettive*

Vengono utilizzati questionari standardizzati, colloqui strutturati, scale di valutazione predefinite, o l'osservazione da parte di una persona "esperta" circa le modalità operative e gli atteggiamenti comportamentali. Tutto ciò nel tentativo di rendere in termini "oggettivi" e quantificabili la valutazione soggettiva della persona che rimane essenzialmente qualitativa e presenta un elevato grado di variabilità interindividuale.

### *2.c) Indicatori lavorativi e di performance*

Essi si basano essenzialmente sull'analisi "sul campo" delle scelte o dei cambiamenti procedurali, dei livelli quantitativi e qualitativi di performance operativa, delle omissioni volute e non, degli errori e conseguenti incidenti e/o infortuni.

Vengono altresì utilizzati tests di performance opportunamente predisposti "in laboratorio" volti a simulare le diverse componenti (ad es. tempi di reazione semplici e complessi, destrezza manuale, memoria, calcolo, vigilanza, ecc.).

Si possono in tal modo evidenziare meglio i vari aspetti della fatica mentale che possono riguardare la ricezione e la percezione degli stimoli, l'attenzione e la memoria di lavoro, la capacità di concentrazione e di elaborazione delle informazioni, gli atteggiamenti e le relazioni interpersonali.

Si può distinguere altresì tra efficienza ed efficacia della performance, ove la prima si riferisce alla qualità del "prodotto", mentre la seconda si riferisce al rapporto tra la qualità del "prodotto" e lo sforzo impegnato.

### *2.d) Indicatori di salute*

Essi si possono riferire ai disturbi lamentati (raccolti in maniera standardizzata) e alle malattie soprattutto della sfera psicosomatica (del sonno, digestive, neuropsichiche, cardiovascolari), all'assenteismo per malattia, ai ricorsi a cure mediche, al consumo di farmaci, all'abuso di alcool o farmaci.

### **Scopo dello studio**

Lo studio si è proposto l'obiettivo di valutare il livello di vigilanza e di performance psico-fisica di 12 macchinisti, rappresentativi di 3 diversi gruppi di età e delle 3 Divisioni di trasporto, nel corso dei loro normali turni di lavoro, sia diurni che notturni.

Ciò al fine di verificarne da un lato il livello di accettabilità e, dall'altro, di evidenziare eventuali differenze in termini di vigilanza e di adattamento in relazione a diverse condizioni di guida, in particolare relative all'utilizzo o meno dei sistemi "Vacma" e "SCMT", onde fornire opportune indicazioni intese ad ottimizzare la performance lavorativa del personale ai fini della sicurezza operativa.

Si sono pertanto individuate le condizioni di lavoro maggiormente rappresentative della normale attività di lavoro in termini di impegno psico-fisico e orari e, conseguentemente, si sono analizzate le risposte psico-fisiologiche dei soggetti nel corso del turno di lavoro, prendendo in considerazione lo stato di attivazione cerebrale, la risposta cardiovascolare, la secrezione di ormoni stress-correlati, la percezione soggettiva dell'impegno lavorativo e relativi riflessi sulle condizioni psico-fisiche

## METODOLOGIA DELLO STUDIO

### *Premessa*

Occorre preliminarmente precisare che nella fase di predisposizione dello studio, in relazione al budget previsto, al numero e tipologia di parametri da valutare e al numero complessivo di occasioni di guida da esaminare, si ponevano due alternative in relazione al campione di soggetti di esaminare:

- a) prendere in considerazione un numero esteso di macchinisti (es. un macchinista per ogni occasione da esaminare);
- b) esaminare un ristretto numero di macchinisti, ciascuno dei quali effettuasse tutte le prove nelle diverse condizioni (Standard, Vacma, SCMT) e occasioni (giorno e notte) previste.

La prima alternativa aveva ovviamente il vantaggio di esaminare un maggior numero di persone, ma con lo svantaggio di introdurre numerosi fattori di confondimento nell'interpretazione dei risultati, venendo ogni prova eseguita da una persona diversa ed essendo quindi difficilmente distinguibile l'effetto "persona" dall'effetto "condizione" nel confronto tra le diverse prove.

La seconda alternativa presentava ovviamente lo svantaggio di esaminare poche persone (12), e quindi di essere difficilmente generalizzabile in termini di conclusioni finali, ma con il vantaggio di limitare i fattori di confondimento nell'interpretazione dei risultati, agendo ogni soggetto come "controllo" di se stesso per le diverse condizioni esaminate.

Dopo attenta valutazione dei pro e contro delle due opzioni, si è deciso di scegliere la seconda alternativa, in considerazione del fatto che tale tipo di studio è il primo che viene effettuato in tale ambito e quindi può servire come base di riferimento di eventuali successivi studi volti ad approfondire ulteriori aspetti che si ritenessero importanti da valutare, come ad esempio il comportamento di soggetti con caratteristiche "opposte" dal punto di vista di alcuni tratti comportamentali o di personalità (come quelli citati nella sezione seguente), ovvero le risposte dei macchinisti in condizioni operative diverse in termini organizzativi e ambientali.

In relazione a quest'ultimo aspetto si è pertanto deciso di esaminare situazioni di guida che, in riferimento ai percorsi e alla durata del periodo di lavoro, fossero rappresentative di una tipologia "media" dell'attività lavorativa abitualmente svolta.



### Soggetti esaminati

Si sono resi disponibili allo studio 28 macchinisti, di cui 10 della Divisione Regionale, 8 della Divisione Cargo e 10 della Divisione Passeggeri.

A tali soggetti, nel corso di una riunione informativa volta ad illustrare le finalità e le modalità dello studio, è stato somministrato il questionario "Standard Shiftwork Index" allo scopo di raccogliere informazioni circa le principali caratteristiche demografiche, di personalità e comportamentali al fine di selezionare i 12 soggetti previsti dal progetto.

Sulla base dei dati ricavati da tale questionario si sono selezionati i soggetti il più possibile omogenei tra loro, in modo da attenuare al massimo i fattori di confondimento relativi alla variabilità interindividuale. Si sono pertanto scelte le persone che, oltre alle condizioni di età e di settore lavorativo (Divisione) definite, non presentassero caratteristiche "estreme" nelle seguenti tipologie comportamentali e di personalità:

- "mattutinità-serotinità"
- "introversione-estroversione"
- "nevroticismo"
- "vigorosità-labilità" nel vincere la sonnolenza
- "rigidità-flessibilità" negli orari di sonno

E' noto infatti dalla letteratura che tali caratteristiche possono influenzare sensibilmente le modalità di risposta e di adattamento al lavoro a turni; data l'esiguità numerica del campione previsto per lo studio, si è ritenuto impossibile valutare in modo appropriato tali influenze, con le relative interazioni, e quindi si è deciso di limitare "a priori" la loro possibile interferenza.

Sono stati pertanto esaminati 12 soggetti, scelti in modo standardizzato per classe di età e tipologia di lavoro, ossia:

- 4 soggetti di età compresa tra 30 e 35 anni, di cui 1 della Divisione "Regionale", 2 della Divisione "Cargo" e 1 della Divisione "Passeggeri";
- 4 soggetti di età compresa tra 40 e 45 anni, di cui 2 della Divisione "Regionale", 1 della Divisione "Cargo" e 1 della Divisione "Passeggeri";

- 4 soggetti di età compresa tra 50 e 55 anni, di cui 1 della Divisione "Regionale", 1 della Divisione "Cargo" e 2 della Divisione "Passeggeri".

In tal modo si sono avuti 4 soggetti rappresentativi di ciascun gruppo di età e di ciascuna Divisione (tabella 1).

La definizione dei gruppi di età è stata fatta al fine di avere un bilanciamento tra soggetti "giovani" e "anziani"; si è scelto inoltre il cut-off di 45 (e conseguentemente 35 e 55) tenendo anche conto dei protocolli di carattere "sanitario" ai fini dell'idoneità al lavoro, che prevedono il passaggio da 5 a 2 anni nella periodicità dei controlli medici quando si superino i 45 anni di età.

Tabella 1: Distribuzione dei soggetti esaminati in relazione alla Divisione e al gruppo di età.

Divisione	30-35	40-45	50-55	Totale
Regionale	1	2	1	4
Cargo	2	1	1	4
Passeggeri	1	1	2	4
Totale	4	4	4	12

### Condizioni di indagine

Il progetto ha previsto la registrazione di variabili fisiologiche, di performance e di valutazione soggettiva allo scopo di verificare i livelli di vigilanza e di performance, nelle tre diverse modalità di conduzione

- a) Base
- b) con sistema "VACMA"
- c) con sistema "SCMT"

durante tutto un turno normale di lavoro, effettuato sia di giorno che di notte.

Inoltre si sono effettuate, in 3 soggetti (uno per ciascuna Divisione) scelti in maniera casuale, analoghi rilievi in condizioni "sperimentali", ossia con l'impiego dei simulatori della Unità Tecnologie e Materiale Rotabile di Trenitalia SpA presso le sedi di Firenze e Milano. Ciò al fine di verificare le risposte degli operatori in condizioni standardizzate, per quanto riguarda la tipologia di guida e di percorso, per le seguenti condizioni:

- Base
- con sistema "VACMA"

La successione delle prove effettuate "sul campo", sia per quanto riguarda le tre diverse condizioni (Base, VACMA, SCMT) che le due diverse situazioni (giorno e notte), si è articolata in modo casuale (onde evitare bias dovuti ad effetto di "apprendimento"), venendo sostanzialmente condizionata (nell'ambito del periodo di tempo disponibile per i rilevamenti in ciascuno dei tre settori) dai turni di lavoro dei macchinisti e dalla disponibilità di macchine attrezzate con i sistemi di condotta.

Lo schema "random" di riferimento (Tabella 2) è stato quindi modificato in modo casuale e arbitrario in ragione degli adeguamenti operativi effettuati in corso d'opera, in relazione ai condizionamenti sopracitati e/o ad altri intercorrenti.

Tabella 2: Schema di riferimento generale dello studio

Soggetto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sul campo	Ad	Bd	Cd	An	Bn	Cn	Ad	Bd	Cd	An	Bn	Cn
	Bd	Cd	Cn	Bn	Cn	Cd	An	Bn	Cn	Ad	Bd	Cd
	Cd	Cn	Bn	Cn	Cd	Bd	Bd	Cd	Ad	Bn	Cn	An
	Cn	Bn	An	Cd	Bd	Ad	Bn	Cn	An	Bd	Cd	Ad
	Bn	An	Ad	Bd	Ad	An	Cd	Ad	Bd	Cn	An	Bn
	An	Ad	Bd	Ad	An	Bn	Cn	An	Bn	Cd	Ad	Bd
Simulatore			ASd					ASn				BSd
			BSn					BSd				ASn
			BSd					BSn				ASd
			ASn					ASd				BSn

A = Condizione standard  
B = con "VACMA"  
C = con "VACMA + SCMT"  
d = turno diurno  
n = turno notturno

AS = Condizione standard al simulatore  
BS = con "VACMA" al simulatore

### **Articolazione dello studio**

In base a quanto convenuto all'articolo 3 del contratto, lo studio si è articolato in 3 fasi:

**Fase 1:** selezione e preparazione del personale oggetto di studio e messa a punto della strumentazione e della metodologia d'indagine.

**Fase 2:** effettuazione delle rilevazioni

**Fase 3:** analisi dei dati raccolti ed elaborazione del rapporto finale.

Dell'articolazione delle prime due fasi si è reso conto nel corso delle relazioni intermedie inviate in data 30.06.04, 01.10.2004 e 19.02.05. La terza fase ha riguardato l'analisi e la valutazione dei dati raccolti, di cui una parte preliminare è stata inviata in data 07.05.05, mentre la parte completa viene qui riportata nella sezione "Risultati".

#### **I^ Fase dello studio**

Tale fase ha riguardato la selezione e preparazione del personale oggetto di studio e la messa a punto della strumentazione e della metodologia di indagine.

Essa si è svolta nei mesi di Giugno e Luglio 2004 nel seguente modo:

##### **a) Selezione e preparazione del personale**

Avendo concordato di iniziare con la Divisione "Regionale", per poi proseguire con la Divisione "Cargo e quindi concludere con la Divisione "Passeggeri", si sono avviati ed effettuati vari contatti con la direzione regionale veneta di Trenitalia (ing. Serpelloni e ing. Bellè) per l'individuazione del personale da sottoporre all'indagine. A seguito di ciò è stata programmata una riunione a Verona in data 7.7.04 volta a presentare le finalità e modalità dello studio a un gruppo di dieci macchinisti dichiaratisi disponibili all'effettuazione dello stesso, nonché ad alcuni rappresentanti dei vari uffici interessati nell'organizzazione dell'indagine.

Tale riunione si è prefissa lo scopo di dare le informazioni necessarie per far comprendere agli interessati gli scopi e le modalità dello studio, in particolare per quanto riguarda le conoscenze relative alle condizioni psico-fisiologiche che regolano la vigilanza e

la performance operativa e ai parametri di indagine scelti per la valutazione delle stesse, secondo quanto indicato nella proposta di studio e nel contratto relativo.

In tale sede è stata prevista inoltre la somministrazione del questionario individuale "Standard Shiftwork Index" (vedi file allegato "SSI-FS.pdf") volto alla raccolta di informazioni relative alle condizioni di vita e di lavoro della persona, nonché alla valutazione di alcune caratteristiche psico-fisiologiche individuali (mattutinità/serotinità, rigidità/flessibilità negli orari di sonno, capacità di vincere la sonnolenza, ansia cognitiva e somatizzata, introversione, nevroticismo, modalità di coping) utili ai fini di selezionare, per quanto possibile, le persone in funzione di una o più delle predette caratteristiche, che possono avere una certa rilevanza nel condizionare il mantenimento dei livelli di vigilanza.

Sulla base dei risultati di tale indagine preliminare si sono definiti i criteri di scelta dei 4 macchinisti rappresentativi dei tre gruppi di età (30-35, 40-45, 50-55 anni) che sono stati poi sottoposti all'indagine.

#### ***b) Messa a punto della strumentazione e della metodologia dell'indagine***

Con i rappresentanti della Ditta Sapia, distributrice per l'Italia dell'apparecchiatura Embla scelta per la registrazione dinamica dei parametri psico-fisiologici, si sono definite le caratteristiche dei canali di registrazione con i relativi sensori specifici. L'arrivo dell'apparecchiatura, prodotta in Islanda, è avvenuta alla fine del mese di Giugno 2004, dopodiché si è proceduto alla verifica e taratura dello strumento e alla *personalizzazione* dei singoli canali, che è stata effettuata con la collaborazione del Centro di Pneumologia del Centro di Riabilitazione della "Fondazione Salvatore Maugeri" di Montescano (PV), che utilizza tale apparecchiatura da alcuni anni.

Prima di iniziare le registrazioni sul campo, si sono avviati incontri con i responsabili degli uffici di produzione della Divisione Regionale di Verona al fine di individuare le tratte maggiormente rappresentative della condotta dei treni regionali, tenuto conto delle diverse condizioni operative definite dal protocollo ("Base", "VACMA", "SCMT").

## II^ Fase dello studio

Nel corso della seconda fase si sono svolte tutte le attività relative alla effettuazione delle prove e alla registrazione dei dati secondo quanto previsto dal progetto e alle modificazioni operative intervenute in corso d'opera, concordate di concerto con i rappresentanti di codesto Ente, al fine di rendere concretamente e celermente fattibile quanto previsto nel progetto stesso.

Più in particolare tale seconda fase si è così articolata:

### *A) Rilevazioni sul personale della Divisione Trasporto Regionale (afferenti al centro di Verona)*

Di concerto con l'ing. Serpelloni e l'ing. Bellè del Trasporto Regionale Veneto in data 7.7.04 si è tenuta la prevista riunione informativa presso la sede di Verona, volta a presentare le finalità e le modalità dello studio ai dieci macchinisti dichiaratisi disponibili, sigg. A.M., A. S., B. A., B. B., B. G., F. P., F. P., G. F., P. G., S. G.

In tale occasione sono stati somministrati ai singoli macchinisti i questionari previsti, volti ad ottenere informazioni circa le loro caratteristiche anagrafiche e psico-fisiche utili ad orientare la scelta delle quattro persone richieste in base ai criteri definiti nello studio stesso. Si sono pertanto selezionati quattro macchinisti, in particolare:

- Gruppo età "30-35": 1 macchinista
- Gruppo età "40-45": 2 macchinisti
- Gruppo età "50-55": 1 macchinista

Nel corso di varie riunioni intercorse con i dirigenti circa l'organizzazione delle prove, si sono rilevati alcuni problemi inerenti l'effettuazione delle prove stesse in relazione alla possibilità di rendere il più possibile confrontabili le condizioni da esaminare, al fine di avere dati omogenei e più chiaramente interpretabili.

Si sono quindi convenute, d'accordo con codesta Direzione, alcune modifiche al modello originario onde renderlo più rispondente alle effettive condizioni di lavoro.

Lo schema di registrazione proposto inizialmente prevedeva infatti di esaminare 4 macchinisti in 3 condizioni di guida ("Base", "VACMA", "SCMT") sia di giorno che di notte, secondo lo schema di seguito riportato.

Soggetto	GIORNO			NOTTE		
	Base	VACMA	SCMT	Base	VACMA	SCMT
1	X	X	X	X	X	X
2	X	X	X	X	X	X
3	X	X	X	X	X	X
4	X	X	X	X	X	X

In base alla verifica dei percorsi e dei mezzi da impiegare per poter garantire le condizioni indicate, si sono individuate le seguenti criticità:

a) Non omogeneità tra la registrazione della condizione VACMA, con l'impiego di automotrici diesel 668 sulla tratta VR-Rovigo, con le altre condizioni esaminate sulla tratta VR-MI e con l'impiego di materiale navetta. Ciò poteva indurre una significativa interferenza nella valutazione dei risultati in quanto eventuali differenze di risposta nella condizione "Vacma" rispetto alla "Base" o "SCMT" potrebbero essere determinate/influenzate dalle diverse condizioni della tratta e/o della cabina di guida, piuttosto che dal dispositivo di sicurezza utilizzato.

b) Importanza di verificare le condizioni di lavoro con VACMA sull'automotrice 668, dato il suo notevole impiego.

c) Impossibilità a trovare un situazione omogenea atta a garantire la possibilità di avere sia il materiale navetta che l'automotrice sulla stessa tratta e/o sia di giorno che di notte.

Dopo approfondita analisi di varie ipotesi volte a garantire la maggior standardizzazione e confrontabilità delle condizioni di lavoro, si è pervenuti alla seguente alternativa che ha comportato l'effettuazione di 32 prove anziché 24:



Soggetto	MATERIALE NAVETTA				AUTOMOTRICE			
	GIORNO		NOTTE		GIORNO		NOTTE	
	Base	SCMT	Base	SCMT	Base	VACMA	Base	VACMA
1	X	X	X	X	X	X	X	X
2	X	X	X	X	X	X	X	X
3	X	X	X	X	X	X	X	X
4	X	X	X	X	X	X	X	X

In tal modo si è riusciti ad avere:

- il confronto tra condizioni "Base" e "SCMT" sulla stessa tratta VR-MI e sullo stesso materiale;
- il confronto tra condizioni "Base" e "Vacma" sulla stessa tratta Legnago – Rovigo - Verona e sulla stessa automotrice 668;
- il confronto tra le due diverse cabine di guida alle condizioni "Base".

Le prove si sono pertanto svolte sulle seguenti tratte e con i seguenti orari:

Ad = VR- MI 2100 (13.43/15.45) - MI- VR 2105 (16.15/18.07)	Navetta BASE diurno
AAd = LEGN -RO 5591 (14.43/15.53) RO -VR 5592 (18.16/20.02)	668 BASE diurno
An = VR-MI 2116 (21.50/23.45) MI-VR 10827 ( 0.15/2.16 )	Navetta BASE notturno
AAn = LEGN -RO 5599 (5.05/4.52) RO -VR 5580 (5.53/7.33)	668 BASE notturno
Bd = LEGN -RO 5591 (14.43/15.53) RO -VR 5592 (18.16/20.02)	668 VACMA diurno
Bn = LEGN -RO 5599 (4.25/5.42) RO -VR 5580 (5.53/7.33)	668 VACMA notturno
Cd = VR- MI 2100 (13.43/15.45) - MI- VR 2105 (16.15/18.07)	Navetta SCMT diurno
Cn = VR-MI 2116 (21.50/23.45) MI-VR 10827 (0.15/2.16 )	Navetta SCMT notturno

In data 26/07/04 sono quindi iniziate le corse con registrazione e raccolta dei parametri fisiologici indicati nel progetto, in particolare:

- Registrazione in continuo mediante strumento poligrafico EMBLA, durante tutto il turno di lavoro, di 3 derivazioni elettroencefalografiche, 2 derivazioni elettrooculografiche, 1

derivazione elettrocardiografia, 4 derivazioni elettromiografiche, 1 derivazione ossimetrica e 1 derivazione di frequenza cardiaca.

- Raccolta di urine a fine turno per la determinazione dei seguenti ormoni: cortisolo, adrenalina, nor-adrenalina, melatonina.

- Effettuazione di un test di vigilanza (tempi di reazione) all'inizio e alla fine del turno di lavoro.

- Valutazione, mediante apposita check-list, all'inizio, a metà e alla fine del turno di lavoro, del grado di percezione di: carico di lavoro, sonnolenza, umore, fatica, forma fisica.

I soggetti hanno altresì compilato per almeno 10 giorni un diario in cui hanno registrato i loro orari di lavoro, di tempo libero, di sonno e di riposo, e dei pasti.

Le registrazioni sono iniziate il 26 Luglio e si sono concluse il 1° di Ottobre secondo la seguente articolazione:

	<b>Ad</b>	<b>AAAd</b>	<b>An</b>	<b>AAAn</b>	<b>Bd</b>	<b>Bn</b>	<b>Cd</b>	<b>Cn</b>
Soggetto 1	01-ago	13-ago	26-lug	28-set	25-ago	11-set	30-ago	15-set
Soggetto 2	09-ago	20-set	02-set	09-set	14-set	27-ago	05-set	17-set
Soggetto 3	14-ago	18-ago	07-set	01-ott	02-ago	03-set	06-ago	01-set
Soggetto 4	30-lug	31-ago	12-set	25-set	06-set	30-set	19-set	24-ago

Prof. Giovanni Costa  
Cattedra di Medicina del Lavoro  
Università di Verona

26-lug	An	Navetta BASE notturno	03-set	Bn	668 VACMA notturno
30-lug	Ad	Navetta BASE diurno	05-set	Cd	Navetta SCMT diurno
01-ago	Ad	Navetta BASE diurno	06-set	Bd	668 VACMA diurno
02-ago	Bd	668 VACMA diurno	07-set	An	Navetta BASE notturno
06-ago	Cd	Navetta SCMT diurno	09-set	AAn	668 BASE notturno
09-ago	Ad	Navetta BASE diurno	11-set	Bn	668 VACMA notturno
13-ago	AAd	668 BASE diurno	12-set	An	Navetta BASE notturno
14-ago	Ad	Navetta BASE diurno	14-set	Bd	668 VACMA diurno
18-ago	AAd	668 BASE diurno	15-set	Cn	Navetta SCMT notturno
24-ago	Cn	Navetta SCMT notturno	17-set	Cn	Navetta SCMT notturno
25-ago	Bd	668 VACMA diurno	19-set	Cd	Navetta SCMT diurno
27-ago	Bn	668 VACMA notturno	20-set	AAd	668 BASE diurno
30-ago	Cd	Navetta SCMT diurno	25-set	AAn	668 BASE notturno
31-ago	AAd	668 BASE diurno	28-set	AAn	668 BASE notturno
01-set	Cn	Navetta SCMT notturno	30-set	Bn	668 VACMA notturno
02-set	An	Navetta BASE notturno	01-ott	AAn	668 BASE notturno

Si è reso necessario ripetere la rilevazione effettuata in data 27/07/04 per mancata registrazione dei parametri elettrofisiologici dovuta ad errato settaggio dell'apparecchiatura.

***B) Rilevazioni sul personale della Divisione Cargo (afferre al centro di Milano)***

Nel corso del mese di Settembre si sono verificate con il sig. Bortolasi e i suoi collaboratori della sede di Milano le possibili tratte da monitorare sulla base del programma generale definito dal progetto e, d'altro canto, si è proceduto alla selezione del personale resosi volontariamente disponibile.

Per quanto riguarda l'individuazione dei macchinisti, si è proceduto, come nel caso del trasporto Regionale, ad una riunione informativa generale con gli otto macchinisti disponibili, sigg. A. N., B. C., B. W., C. A., I. F., L. M., M. M., M. C.

Si sono svolte due riunioni con 5 macchinisti la prima volta (09.08.04) e 3 la seconda (14.09.04), allo scopo di presentare le finalità e le modalità dello studio e di sottoporre le persone al questionario standardizzato volto a raccogliere informazioni sulle loro principali caratteristiche psico-fisiologiche.

In base all'analisi di tali informazioni sono stati selezionate le 4 persone, quali rappresentanti dei 3 gruppi di età previsti nel progetto:

- Gruppo età 30-35: 2 Macchinisti
- Gruppo età 40-45: 1 Macchinista
- Gruppo età 50-55: 1 Macchinista

Si è deciso di scegliere due persone del gruppo di età più giovane per due ragioni:

a) essendo già state inserite 2 persone di età compresa tra 40 e 45 anni tra i macchinisti della Divisione "Regionale", e quindi avendo una sola possibilità per tale gruppo di età, dovendo alla fine avere 4 persone complessivamente per ciascun gruppo;

b) in considerazione del fatto che tra i macchinisti della Divisione "Cargo" prevale personale più giovane rispetto ai macchinisti della Divisione "Passeggeri".

Per quanto riguarda l'articolazione delle prove, si è mantenuto lo schema previsto nel programma iniziale per un totale di 24 occasioni come da schema sottoriportato:

Soggetto	GIORNO			NOTTE		
	Base	VACMA	SCMT	Base	VACMA	SCMT
1	X	X	X	X	X	X
2	X	X	X	X	X	X
3	X	X	X	X	X	X
4	X	X	X	X	X	X

In base alla verifica dei percorsi e dei mezzi da impiegare per garantire le condizioni indicate, dopo aver valutato diverse alternative, si è deciso di scegliere le tratte indicate nella tabella seguente in quanto meglio rispondenti alle seguenti condizioni:

- a) turni di durata rappresentativa della maggior parte degli abituali periodi di lavoro;
- b) maggiore standardizzazione delle tratte e delle macchine impiegate, onde ridurre al minimo possibile i fattori di "confondimento" connessi alla variabilità dei percorsi e dei mezzi;
- c) maggiore affidabilità degli orari di partenza e di arrivo;
- d) possibilità di concatenare le registrazioni di giorno e di notte in modo da accorciare il tempo totale di raccolta dei dati;
- e) maggiore facilità nella organizzazione logistica per l'effettuazione delle prove prima e dopo il turno e per lo stoccaggio del materiale raccolto (es. urine, tests di valutazione).

Le registrazioni sono quindi iniziate il 5 Ottobre e si sono concluse il 19 Novembre 2004, come indicato nella tabella seguente.

Anche in questo caso è stato necessario ripetere una corsa in quanto in sede di esame dei tracciati si è constatato che non si erano registrate due derivazioni elettroencefalografiche per problemi tecnici inerenti la strumentazione. Tale registrazione è stata recuperata in data 17/03/05.

Vigilia	Data	Turno	base	giorno	Turno
1	5-ott-04	4	base	Notte	Chiasso
2	5-ott-04	3	base	Giorno	Cremona
3	6-ott-04	1	base	Notte	Chiasso
4	6-ott-04	3	scmt	Giorno	Cremona
5	7-ott-04	4	scmt	Notte	Chiasso
6	11-ott-04	3	vacma	Giorno	Cremona
7	12-ott-04	1	scmt	Notte	Chiasso
8	12-ott-04	4	base	Giorno	Bergamo
9	26-ott-04	3	scmt	Notte	Chiasso
10	26-ott-04	2	base	Giorno	Cremona
11	27-ott-04	4	vacma	Notte	Chiasso
12	29-ott-04	3	base	Notte	Chiasso
13	2-nov-04	2	vacma	Giorno	Cremona
14	3-nov-04	3	vacma	Notte	Chiasso
15	3-nov-04	4	vacma	Giorno	Cremona
16	4-nov-04	2	vacma	Notte	Chiasso
17	9-nov-04	1	base	Notte	Chiasso
18	10-nov-04	1	scmt	Giorno	Cremona
19	11-nov-04	2	scmt	Notte	Chiasso
20	11-nov-04	4	scmt	Giorno	Cremona
21	16-nov-04	1	base	Giorno	Cremona
22	17-nov-04	1	vacma	Giorno	Cremona
23	18-nov-04	2	base	Notte	Chiasso
24	19-nov-04	2	scmt	Giorno	Cremona

In tutte le occasioni si sono effettuate le stesse registrazioni come nel caso del personale del trasporto Regionale, in particolare:

- ~~Registrazione~~ in continuo mediante strumento poligrafico EMBLA, durante tutto il turno di lavoro, di 3 derivazione elettroencefalografiche, 2 derivazioni elettrooculografiche, 1 derivazione elettrocardiografica, 4 derivazioni elettromiografiche, 1 derivazione ossimetrica e 1 derivazione di frequenza cardiaca.
- Raccolta di urine a fine turno per la determinazione dei seguenti ormoni: cortisolo, adrenalina, nor-adrenalina, melatonina.

- Effettuazione di un test di vigilanza (tempi di reazione) all'inizio e alla fine del turno di lavoro.

- Valutazione, mediante apposita check-list, all'inizio, a metà e alla fine del turno di lavoro, del grado di percezione di: carico di lavoro, sonnolenza, umore, fatica, forma fisica.

I soggetti hanno altresì compilato per almeno 10 giorni un diario in cui hanno registrato i loro orari di lavoro, di tempo libero, di sonno e di riposo, e dei pasti.

***C) Rilevazioni sul personale della Divisione Passeggeri (afferre alle Direzioni Triveneto e Milano)***

In data 17.11.2004 si è svolta presso l'ITP di Venezia una prima riunione, alla presenza del signor Masoni e degli Ing. Barutta e Bibbò e loro collaboratori, per l'illustrazione del programma e la pianificazione delle prove tra il comparto di Verona e quello di Milano, tenendo conto delle caratteristiche di linea percorsa e mezzo di trazione utilizzato nei vari rilievi.

Il giorno 29.11.2004 si è svolta una seconda riunione presso l'ITP di Milano C.le, volta a illustrare le modalità di svolgimento dei rilievi e i parametri psico-fisici analizzati ai quattro macchinisti resisi colà disponibili (sigg. B. I., D. G., P. G., S. M.) e ad altro personale di supporto allo studio.

In data 02.12.2004 si è tenuta a Verona una analoga riunione informativa, indirizzata ai sei macchinisti del comparto di Verona resisi disponibili (sigg. C. L., D. F., F. A., M. M., S. S., V. C.), alla quale hanno partecipato rappresentanti dei lavoratori per la sicurezza e di organizzazioni sindacali, oltre che istruttori e altro personale di supporto allo studio.

In entrambe le occasioni i macchinisti sono stati sottoposti ai questionari preliminari in base ai quali sono stati selezionati i quattro macchinisti previsti, equamente ripartiti tra le due sedi:

- Gruppo età 30-35: 1 Macchinista
- Gruppo età 40-45: 1 Macchinista
- Gruppo età 50-55: 2 Macchinisti

Prima di iniziare le prove si sono svolte altre due riunioni con i macchinisti selezionati, il 20.12.2004 a Verona e l'11.01.2005 a Milano, per ulteriore illustrazione delle modalità di svolgimento delle registrazioni.

Anche in questo caso, in tutti soggetti e occasioni si sono effettuate le stesse registrazioni fatte sul personale del Trasporto Regionale e Cargo, in particolare:

- Registrazione in continuo mediante strumento poligrafico EMBLA, durante tutto il turno di lavoro.
- Raccolta di urine a fine turno per la determinazione degli ormoni.
- Effettuazione di un test di vigilanza (tempi di reazione) all'inizio e fine turno.
- Valutazione del grado di percezione di: carico di lavoro, sonnolenza, umore, fatica, forma fisica.

I soggetti hanno altresì compilato per almeno 10 giorni un diario in cui hanno registrato i loro orari di lavoro, di tempo libero, di sonno e di riposo, e dei pasti.

Per quanto riguarda l'effettuazione delle prove, si è concordato con le Direzioni di sede e centrali di effettuare le prove in condizioni "Base" e "SCMT" non essendo disponibile la condizione "VACMA" (tali omesse registrazioni sono state utilizzate per incrementare quelle relative a tale condizione nel Trasporto Regionale).

Le prove si sono effettuate a partire dal 21.12.04 e concluse il 14.02.05, avendo dovuto recuperare la registrazione del 06.01.2004 risultata non soddisfacente per problemi tecnici, secondo lo schema riportato nella tabella seguente:



Giorno	Macchinista	Attività	Corsa
21/12/2004	Soggetto 1	Servizio notturno (BASE)	Treni 358-221 Part. VR 1.00 arr. VR 7.21
22/12/2004	Soggetto 2	Servizio notturno (BASE)	Treni 358-221 Part. VR 1.00 arr. VR 7.21
05/01/2004	Soggetto 1	Servizio diurno (BASE)	Treni 602/132 121/625 Part. VR 8.10 arr. VR 17.40
06/01/2004	Soggetto 2	Servizio diurno (BASE)	Treni 602/132 121/625 Part. VR 8.10 arr. VR 17.40
09/01/2004	Soggetto 1	Servizio notturno (SCMT)	Treni 358-221 Part. VR 1.00 arr. VR 7.21
10/01/2004	Soggetto 2	Servizio notturno (SCMT)	Treni 358-221 Part. VR 1.00 arr. VR 7.21
12/01/2005	Soggetto 1	Servizio diurno (SCMT)	Treni 602/132 121/625 Part. VR 8.10 arr. VR 17.40
13/01/2005	Soggetto 2	Servizio diurno (SCMT)	Treni 602/132 121/625 Part. VR 8.10 arr. VR 17.40
19/01/2004	Soggetto 3	Servizio diurno (BASE)	Treni 124/133/254/257 Part. MI 11.20 arr. MI 20.45
20/01/2004	Soggetto 3	Servizio notturno (SCMT)	Treni 300/303 Part. MI 21.10 arr. MI 03.40
22/01/05	Soggetto 4	Servizio diurno (SCMT)	Treni 220/313 Part. MI 22.35 arr. MI 05.15
23/01/05	Soggetto 3	Servizio diurno (SCMT)	Treni 124/133 Part. MI 11.20 arr. MI 17.45
24/01/05	Soggetto 4	Servizio diurno (BASE)	Treni 124/133/254/257 Part. MI 11.20 arr. MI 20.45
25/01/05	Soggetto 4	Servizio notturno (SCMT)	Treni 300/303 Part. MI 21.10 arr. MI 03.40
27/01/05	Soggetto 3	Servizio notturno (BASE)	Treni 254/257 Part. MI 18.25 arr. MI 20.45
28/01/05	Soggetto 4	Servizio notturno (BASE)	Treni 124/133 Part. MI 11.20 arr. MI 17.45
14/02/05	Soggetto 2	Servizio diurno (BASE)	Treni 602/132 121/625 Part. VR 8.10 arr. VR 17.40

**D) Rilevazioni al simulatore**

Infine, come previsto dal progetto di studio, un macchinista per ogni Divisione, appartenente ad un diverso gruppo di età, è stato sottoposto a prova di guida al simulatore, nella quale si sono esaminate le condizioni "Base" e "VACMA".

Tali prove si sono eseguite nei giorni 19.02.2005 e 25.02.2005 presso il simulatore di Milano, e nei giorni 27.02.2005 e 28.02.2005 presso quello di Firenze, secondo lo schema sottoriportato: in tutte le situazioni si è simulata la stessa corsa (Firenze-Arezzo e ritorno) per una ugual durata (2 ore).

Data	soggetto	G/N	Base		Vacma	
			Partenza	arrivo	partenza	arrivo
19/02/2005	Soggetto 1	Giorno	11,00	12,00	12,17	13,17
19/02/2005	Soggetto 2	Giorno	14,50	15,57	16,35	17,35
25/02/2005	Soggetto 1	Notte	22,45	23,45	24,01	24,58
26/02/2005	Soggetto 2	Notte	2,25	3,25	3,39	4,39
27/02/2005	Soggetto 3	Notte	22,30	23,37	23,51	1,00
28/02/2005	Soggetto 3	Giorno	10,35	11,38	11,52	12,53

Anche in questo caso, in tutte le occasioni sono state eseguite le stesse registrazioni effettuate sul campo, in particolare:

- Registrazione in continuo mediante strumento poligrafico EMBLA;
- Raccolta di urine a fine turno per la determinazione degli ormoni;
- Effettuazione di un test di vigilanza (tempi di reazione) ad inizio e fine turno;
- Valutazione del grado di percezione di: carico di lavoro, sonnolenza, umore, fatica, forma fisica.

### **Strumenti e metodi dello studio**

Nel corso del normale turno di lavoro (così come nelle sedute al simulatore) i soggetti sono stati sottoposti a:

- a) Registrazione in continuo dell'elettroencefalogramma (derivazioni F3-A2, C3-A2, O1-A2) per la valutazione dell'attività elettrica cerebrale e dei livelli di vigilanza/sonnolenza;
- b) Registrazione in continuo dell'elettrooculogramma (EOG) per la valutazione in parallelo all'EEG, dei livelli di attenzione e vigilanza: gli elettrodi sono stati posizionati all'angolo supero-laterale dell'occhio dx e infero-laterale dell'occhio sinistro.
- c) Registrazione in continuo dell'elettrocardiogramma (ECG) per la valutazione della risposta cardiaca in termini di frequenza assoluta e variabilità della frequenza stessa: gli elettrodi sono stati posizionati in regione precordiale in modo da registrare la derivazione D1;
- d) Registrazione di elettromiogramma (EMG) di superficie, per la valutazione delle posture e dei movimenti: gli elettrodi si sono posizionati a livello della spalla dx (muscolo deltoide), della colonna lombare (muscolatura paravertebrale dx), e delle gambe (muscoli tibiale destro e sinistro).
- e) Registrazione in continuo del polso periferico e della concentrazione dell'ossigeno nel sangue, mediante sistema di registrazione posizionato sull'ultima falange del IV dito della mano sinistra.

Tali registrazioni sono state effettuate mediante polisomnigrafo EMBLA, della ditta Flaga hf. (Iceland), che è un registratore portatile multicanale (16 canali) usato a livello internazionale per gli studi sul sonno e la vigilanza.

L'analisi dei dati elettroencefalografici ed elettrooculografici, atti a valutare lo stato di vigilanza, è stata effettuata da parte del professor Torbjorn Akerstedt e suoi collaboratori (Stress Unit, Institutet for Psychosocial Medicin, Karolinska Institutet, Stockholm), il quale è una delle massime autorità mondiali in tale ambito (vedi Bibliografia).

All'inizio e alla fine del turno di lavoro, i soggetti sono stati sottoposti ad un test di performance psico-motoria, costituito dal test "Color word vigilance" nella batteria di tests di performance denominata SPES (Swedish Performance Evaluation System), mediante il quale

si sono registrati i tempi di reazione allo stimolo luminoso e colorato, il numero di errori commessi e il numero di omissioni alla risposta.

All'inizio, a metà e alla fine di ogni turno di lavoro i macchinisti hanno espresso la loro valutazione soggettiva del grado di percezione di:

- carico di lavoro
- sonnolenza
- umore
- fatica
- forma fisica

per mezzo di check-list derivate da studi internazionali.

Alla fine del turno di lavoro sono state raccolte le urine per la determinazione delle catecolamine (adrenalina e nor-adrenalina), del cortisolo e della 6-sulfatossimelatonina (metabolita della melatonina).

I soggetti hanno inoltre compilato un diario per un periodo di 10 giorni, nel quale hanno registrato gli orari relativi alle consuete attività quotidiane, relative a: orari di lavoro, orari di sonno e riposo, orari dei pasti, attività di tempo libero.

Ulteriori indicazioni circa le modalità di registrazione e analisi dei dati sono riportate nei rispettivi capitoli della sezione "Risultati".

### ***Considerazioni preliminari ai Risultati***

In riferimento a quanto illustrato nella sezione relativa alla metodologia e articolazione dello studio, al fine di una più chiara comprensione dei risultati che verranno presentati occorre tener conto delle seguenti precisazioni:

#### **A) Turni diurni e turni notturni**

- l'occasione definita "Giorno" identifica in tutte e tre le Divisioni ("Regionale", "Cargo", "Passeggeri") le prove effettuate nelle ore diurne, ossia tra le 06 e le 22;

- l'occasione definita "Notte" identifica per le Divisioni "Cargo" e "Passeggeri" le prove effettuate nelle ore notturne, e cioè tra le 22 e le 07, mentre per quanto riguarda la Divisione "Regionale" il termine "Notte" identifica i turni di lavoro svolti in tarda serata (tra 21 e 02) o al mattino molto presto (a partire dalle 04), ossia turni che si sono svolti nell'ambito delle ore notturne, ma che non hanno impegnato tutta la notte (non essendovi corse nel cuore della notte previste in tale Divisione).

#### **B) Prima e seconda parte del turno**

I dati registrati nel corso di ciascun turno di lavoro vengono presentati sia globalmente sia suddivisi in "Prima" e "Seconda" parte del turno stesso, non solo per confrontare le ore iniziali e finali del periodo di lavoro, ma anche per distinguere, nelle condizioni in cui vi era il doppio agente, il periodo di guida diretta (I agente) dal periodo di assistenza alla guida (II agente). Ciò riguarda in particolare la Divisione "Regionale" per le corse svolte con l'elettromotrice in condizione "Base" e "SCMT, così come in qualche caso la Divisione Passeggeri.

Più in particolare si è fatto in modo che, quando la corsa prevedeva il secondo agente, il macchinista sotto osservazione agisse da secondo agente nella prima parte del turno ("Andata") e da guidatore nella seconda parte del turno ("Ritorno"); ciò al fine di evidenziare maggiormente eventuali fenomeni connessi con la caduta della vigilanza, che hanno maggiori probabilità di accadimento quando la persona è più stanca.

La tabella seguente sintetizza tale situazione.

		Regionale automotrice	Regionale elettromotrice	Cargo	Passeggeri
Standard	I <sup>a</sup> parte	Guida	Non guida	Guida	Guida/non guida
	II <sup>a</sup> parte	Guida	Guida	Guida	Guida
VACMA	I <sup>a</sup> parte		Non guida	Guida	Guida/non guida
	II <sup>a</sup> parte		Guida	Guida	Guida
SCMT	I <sup>a</sup> parte	Guida		Guida	Guida/non guida
	II <sup>a</sup> parte	Guida		Guida	Guida

#### C) Condizioni psico-fisiche dei soggetti esaminati

Tutti i 12 macchinisti esaminati erano in buone condizioni psico-fisiche, non presentando alcuna significativa alterazione dello stato di salute. Essi erano sempre risultati "idonei alla guida" nel corso dei periodici controlli sanitari a cui erano stati sottoposti nel corso della loro vita lavorativa. Più in particolare, l'anamnesi personale non ha rilevato alcuna malattia importante nella storia sanitaria personale né alcuna alterazione funzionale in atto nel periodo delle prove. Tutti presentavano pressione arteriosa normale, non disturbi del ritmo cardiaco né del sonno, né respiratori. L'indice di massa corporea è risultato normale ( $<25$ ) in 10 soggetti, leggermente elevato (tra 25 e 30) in 2 soggetti.

#### D) Numeri identificativi dei diversi soggetti

Dal momento che in alcune tabelle sono riportati dati relativi ai singoli soggetti, onde evitare l'identificazione degli stessi nel rispetto del segreto professionale e della privacy, i nomi dei soggetti sono stati sostituiti da numeri che sono stati di volta in volta scambiati tra i vari soggetti.

#### E) Significatività statistica dei dati

Il livello di significatività statistica adottato è stato fissato al livello di probabilità del 5%, come normalmente adottato negli studi clinici ed epidemiologici; ossia è stata rigettata l'ipotesi nulla (differenza assente o casuale) e accettata l'ipotesi alternativa (differenza non casuale) allorché il livello di probabilità (p) del risultato del test statistico risultava inferiore a 0.05. Purtroppo, in considerazione della ristretta numerosità del campione e della ripetizione delle misure sugli stessi soggetti, si sono evidenziati anche i confronti in cui il livello di probabilità è risultato inferiore al 10%.

## RISULTATI

### A. REGISTRAZIONI ELETTROENCEFALOGRAFICHE

L'attività elettrica cerebrale è stata registrata nel corso di tutto il turno lavorativo mediante registratore multicanale Embla (Flaga hf. Medical Devices, Reykjavik, Iceland) con registrazione di tre derivazioni elettroencefalografiche monopolari: F3 (Frontale sinistra), C3 (Centrale sinistra) e O1 (Occipitale sinistra), secondo lo schema internazionale "10-20" (Jasper 1958), avendo il polo neutro a livello del mastoide controlaterale (A2).

I potenziali sono stati registrati sulla memoria solida del registratore multicanale e quindi trasferiti su apposito software per l'analisi dei segnali (Somnologica Studio, Flaga hf. Medical Devices, Reykjavik, Iceland).

Al fine di valutare lo stato di vigilanza si è in particolare esaminata la registrazione della derivazione O1-A2 (in quanto essa è in grado di cogliere meglio la presenza di onde alfa) in associazione con i tracciati elettro-oculografici (EOG), registrati sullo stesso apparecchio mediante due elettrodi posti in regione peri-orbitale, superiore destra e inferiore sinistra, volti a individuare i movimenti coniugati degli occhi.

L'analisi dei tracciati EEG ha comportato, previa esclusione di artefatti fisiologici e/o di registrazione, la quantificazione della percentuale di onde alfa presenti in ogni periodo di 20 secondi ("epoca") di registrazione.

La comparsa di treni di onde alfa (8-12 Hz), in condizioni di occhi aperti, è caratteristica di uno stato di transizione tra la veglia e il sonno, indicando uno stato di "veglia rilassata" o ridotta vigilanza, che può preludere all'inizio del sonno (stadio 1).

Per ogni periodo di lavoro è stato quindi calcolato il numero di occasioni in cui si è registrata la presenza di onde alfa indicanti uno stato di ridotta vigilanza ("ipovigilanza") e, inoltre, la percentuale del ritmo alfa stesso all'interno di ogni singola "epoca".

In altri termini lo stato di ridotta vigilanza, o "ipovigilanza", è stato definito come :

- presenza di attività alfa per almeno 2 secondi in ciascuna "epoca" di 20 secondi;
- presenza di movimenti lenti degli occhi;
- presenza di attività theta, per almeno due secondi;
- combinazioni delle 3 precedenti.

I risultati vengono pertanto presentati in riferimento a due indici:

- un indice di **"frequenza % di vigilanza"**: la percentuale del tempo complessivo del turno in cui non si sono registrate "epoche" con presenza di onde alfa, secondo i criteri sopra elencati, ossia la percentuale di normale vigilanza nel corso del turno di lavoro;
- un indice di **"densità % di ipovigilanza"**: la percentuale di presenza di onde alfa nelle "epoche" in cui esse sono state rinvenute, ovvero l'entità (da 0 a 100%) dello stato di ipovigilanza.

Tali indici sono stati calcolati sia per la prima ("Andata") che per la seconda ("Ritorno") metà del periodo di lavoro; essi sono stati anche quantificati per l'ultima ora del turno, al fine di evidenziare possibili cadute della vigilanza nel periodo in cui si può accumulare il maggior grado di stanchezza.

La qualità della registrazione è risultata buona in tutti i soggetti in generale; solo in un soggetto le registrazioni non hanno presentato in alcune occasioni una qualità tale da garantire una sicura individuazione delle onde alfa; tali registrazioni sono state pertanto escluse dalla valutazione complessiva in tale ambito.

Si sono quindi valutati complessivamente 67 turni lavorativi, da un minimo di 4 a un massimo di 8 per ciascun soggetto (eccetto uno) in relazione al settore di appartenenza e al disegno dello studio.

Per quanto riguarda la **frequenza** di "epoche" trascorse in completo stato di vigilanza, registrate complessivamente in ciascun soggetto, la tabella 1 riporta la percentuale media rilevata nel corso della prima, della seconda parte e dell'ultima ora del turno.

In generale, la percentuale di periodi in cui sono assenti le condizioni caratteristiche per la siglatura di uno stato di ipovigilanza è stata in media del 95.7% del totale, variando dal 80.4% al 100% nel corso della prima parte del periodo di lavoro, e dal 76.5% al 100% nel corso della seconda parte del periodo di lavoro.

Più in particolare, 5 soggetti hanno presentato un valore percentuale di stato di completa vigilanza superiore al 99.3% in entrambi i periodi, un altro soggetto nella prima fase e un altro ancora nella seconda.

Tutti gli altri hanno presentato un percentuale superiore al 96% sia all'andata che al ritorno, eccettuati due soggetti (appartenenti a gruppi di età e settori diversi) che hanno



presentato valori percentuali più bassi, sia nella prima (80.4% e 85.6%) che nella seconda (76.5% e 88.8% rispettivamente) parte del turno.

In altri termini ciò significa che 10 soggetti su 12 hanno presentato segni elettroencefalografici indicativi di uno stato transitorio di ridotta vigilanza in meno del 4% di tutti i microperiodi ("epoche") considerati, e 5 soggetti addirittura in meno dell'1% di tutte le situazioni.

D'altra parte, due soggetti hanno presentato mediamente una frequenza percentuale di periodi di ipovigilanza tra il 19.6% (andata) e il 23.5% (ritorno) in un caso, e tra l'11.7% (andata) e il 12.1% (ritorno) nell'altro caso, arrivando in qualche periodo a punte massime del 48.8% e 32.8% rispettivamente.

*Tabella 1: Frequenza percentuale media di "epoche" (periodi di 20 secondi) in stato di normale vigilanza nel corso di tutti i turni di lavoro esaminati.*

Soggetto	Andata	Ritorno	Ultima ora
1	80.4	76.5	76.9
2	99.9	100.0	100.0
3	99.9	99.4	99.0
4	99.9	99.9	99.9
5	87.9	88.3	89.2
6	96.0	97.7	97.5
7	99.8	98.0	99.3
8	99.5	99.5	99.4
9	97.6	99.3	99.9
10	97.3	97.8	97.5
11	100.0	95.7	98.0
12	100.0	99.6	99.5
Tutti	95.8	95.6	95.6

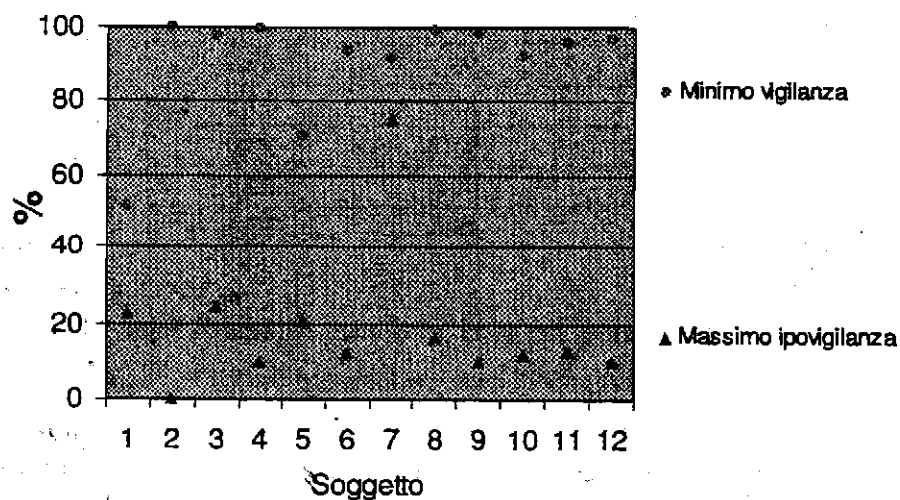
Nell'ambito dei soggetti e dei periodi nei quali sono stati evidenziati segni EEG di ipovigilanza (onde alfa), la densità di tali onde è stata mediamente del 9.1%, variando dal 1.3% al 19.3% nella prima parte dei tragitti e dal 2.5% al 24.8% nel corso della seconda parte degli stessi (Tabella 2).

In assoluto, il massimo di densità è risultato variare tra il 15% e il 38% dei singoli periodi esaminati (epoche), eccettuato uno sporadico episodio di un soggetto in cui la densità ha raggiunto il 75% (Figura 1)

Tabella 2: Densità percentuale media delle "epoche" (periodi di 20 secondi) in cui sono stati rilevati segni EEG di ipovigilanza, nel corso di tutti i turni di lavoro esaminati.

Soggetto	Andata	Ritorno	Ultima ora
1	18.4	14.8	17.4
2	2.1	0.0	0.0
3	1.3	8.1	6.8
4	3.8	2.5	1.3
5	12.2	12.9	11.9
6	11.8	10.7	10.7
7	11.7	24.8	15.8
8	11.3	7.8	6.1
9	19.3	7.5	2.5
10	12.7	5.5	3.2
11	0.0	12.7	12.7
12	0.0	5.0	5.0
Tutti	9.0	9.2	7.7

Figura 1: Livelli % minimi assoluti di normale vigilanza e di livelli % massimi assoluti di densità di ipovigilanza rilevati nel corso di tutte le prove nei 12 soggetti esaminati



Nel corso dell'ultima ora del turno lo stato di completa vigilanza è risultato mediamente superiore al 98% del tempo in 10 soggetti mentre è stato pari al 76.9% e al 89.2% nei due soggetti sopramenzionati (Tabella 1), ossia con livelli rispecchianti la media dell'intera seconda parte dello stesso turno.

D'altro canto, la densità di presenza di onde alfa nell'ultima ora è risultata variare tra l'1.4% e il 17.4%: i due soggetti che riportavano la maggior frequenza hanno presentato un densità media del 17.4% e del 11.9% rispettivamente (Tabella 2).

In sintesi si può dire che la percentuale di periodi con segni transitori di ipovigilanza è molto bassa in tutti i soggetti eccetto due, e che comunque all'interno dei periodi in cui si osservano onde alfa, la loro densità è in generale molto bassa: mediamente inferiore al 10% e mai superiore al 40%.

Per i due soggetti che hanno presentato i livelli più elevati di ipovigilanza vi sono in entrambi i casi delle motivazioni di carattere personale che possono giustificare tali riscontri, e che si inseriscono comunque nel range della normale variabilità interindividuale, riscontrabile nella popolazione generale.

Il relazione all'età, la frequenza percentuale di "epoche" di ipovigilanza è risultata significativamente maggiore nei soggetti più giovani in tutte le sezioni del turno (tabella 3), mentre i soggetti di età intermedia presentano in tutte le condizioni i livelli più alti di vigilanza (sempre superiore al 98.5%). Anche per quanto riguarda la densità delle onde alfa, i giovani presentano periodi più densi di tali onde nell'arco di tutti i periodi del turno (Figure 2 a-b).

Tabella 3: Frequenza % media di periodi di normale vigilanza e densità % media di onde alfa nel corso di tutti i turni in relazione al gruppo di età.

Età	Frequenza %			Densità alfa %		
	Andata	Ritorno	Ultima ora	Andata	Ritorno	Ultima ora
30-35	92.8	91.8	91.6	14.0	14.0	11.8
40-45	98.9	99.1	98.9	3.8	5.9	5.5
50-55	95.6	95.9	96.6	9.5	7.4	5.5
F (p)	2.99 (.06)	3.86 (<.05)	3.65 (<.05)	7.03 (<.01)	3.68 (<.05)	2.73 (.07)

Figure 2 a-b: Frequenza di normale vigilanza (a) e densità di ipovigilanza (b) in relazione all'età.

Figura 2a

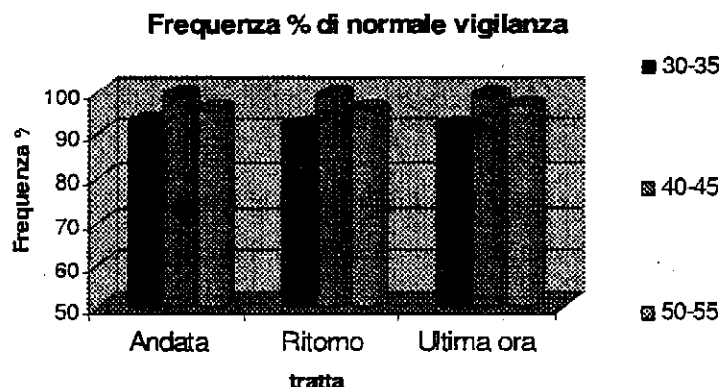
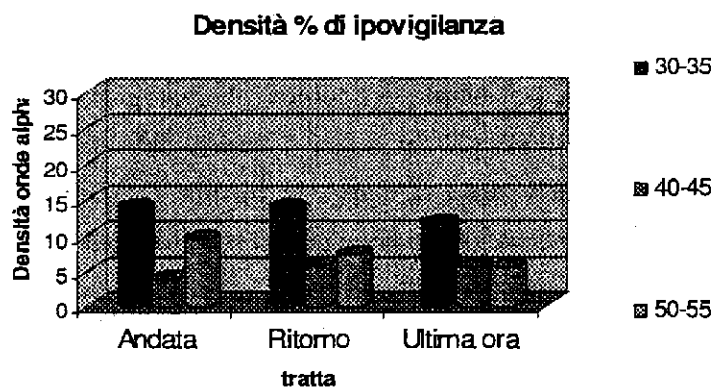


Figura 2b



In relazione al Settore (tabella 4), non appaiono esserci differenze significative tra i 3 settori in termini di episodi di ipovigilanza. Per quanto riguarda invece la densità delle "epoche" di ipovigilanza, essa risulta superiore nel settore "Cargo", rispetto agli altri due, soprattutto nella seconda parte del turno (Figure 3 a-b).

Ciò può essere spiegato con la tipologia di lavoro di tale settore, che contempla periodi di attesa più frequenti e prolungati nel corso del periodo di guida, come pure un tipo di conduzione più lenta e monotona.

Tabella 4: Frequenza % media di periodi di normale vigilanza e densità % media di onde alfa nel corso di tutti i turni in relazione al settore di lavoro.

Settore	Frequenza %			Densità alfa %		
	Andata	Ritorno	Ultima ora	Andata	Ritorno	Ultima ora
Regionale	94.7	94.1	93.6	6.5	6.5	6.6
Cargo	95.8	95.9	96.3	11.7	14.0	11.1
Passeggeri	98.4	98.7	98.8	9.8	6.5	4.3
F (p)	0.78 (NS)	1.04 (NS)	1.46 (NS)	1.83 (NS)	3.65 (<.05)	2.05 (NS)

Figure 3 a-b: Frequenza di normale vigilanza (a) e densità di ipovigilanza (b) in relazione al settore

Figura 3a

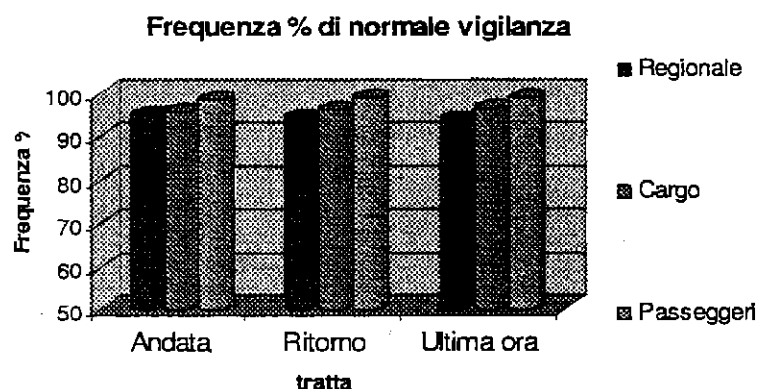
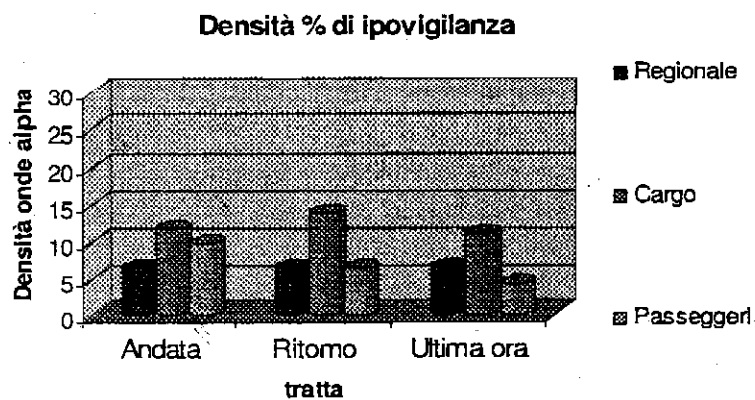


Figura 3b



In relazione al **periodo della giornata** (turni diurni e turni notturni), lo stato di completa vigilanza supera il 95% di tutti i periodi di tempo ("epoche") esaminati sia nella prima che nella seconda parte del turno, come pure nell'ultima ora di lavoro, sia nel corso dei turni diurni che di quelli notturni (tabella 5), senza alcuna differenza statisticamente significativa.

La densità delle onde alfa nei periodi in cui esse si sono rilevate (meno del 5% dei periodi complessivi, come detto sopra) è risultata leggermente, ma non significativamente, maggiore nella seconda parte ( $F_{2,59}=1.03$ ;  $p=NS$ ) e nell'ultima ora ( $F_{2,59}=1.70$ ;  $p=NS$ ) dei turni notturni rispetto ai turni diurni, raggiungendo in qualche caso anche il 40% del singolo periodo ("epoca") di notte (Figura 4).

In altri termini si può affermare che il livello di vigilanza sia ugualmente elevato (>95%) in generale sia di giorno che di notte, ma alcuni dei brevi periodi di ipovigilanza che compaiono di notte sono un po' più intensi e di varia entità nei diversi soggetti (Figure 5 a-b).

Tabella 5: Frequenza % media di periodi di normale vigilanza e densità % media di onde alfa nel corso dei diversi periodi dei turni, effettuati di Giorno e di Notte.

	Frequenza %		Densità alfa %	
	Giorno	Notte	Giorno	Notte
Andata	95.6	95.9	9.5	8.5
Ritorno	95.3	96.1	7.7	10.5
Ultima ora	95.2	96.1	6.0	9.4

Figura 4: Densità percentuale di ipovigilanza nei turni diurni e notturni

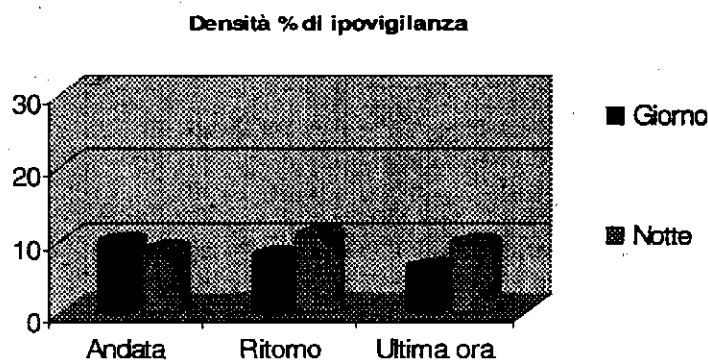


Figure 5 a-b: Frequenza di normale vigilanza (a) e densità di ipovigilanza (b) in relazione ai turni diurni e notturni

Figura 5a

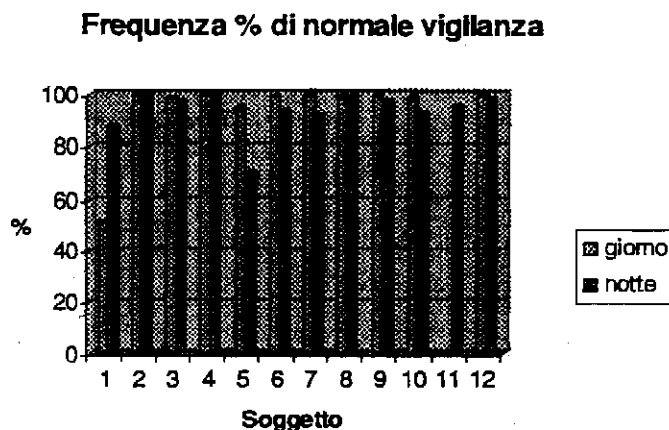
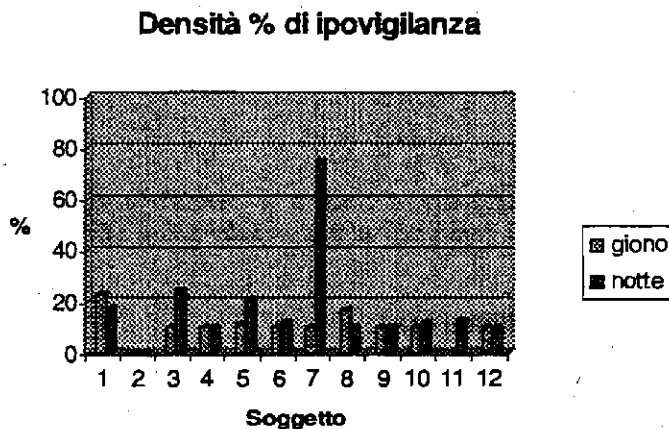


Figura 5b



Valutando l'interazione tra età e periodo del giorno (Giorno/Notte) (tabella 6), i soggetti più giovani hanno presentato minori livelli di vigilanza in entrambi i periodi e in tutte le frazioni del turno, ma soprattutto nei turni diurni; nei soggetti più anziani (>50 anni) vi è invece un peggioramento, ai limiti della significatività statistica, nelle ore notturne ( $t=1.58$ ;  $p=.07$ ) al Ritorno e nell'ultima ora.

Per quanto riguarda la densità delle onde alfa nei periodi di ipovigilanza, i più giovani mostrano densità superiori rispetto agli altri sia di giorno che di notte, e in tutte e tre le frazioni del turno, mentre per gli altri l'andamento non è sistematico, pur evidenziandosi un aumento ai limiti della significatività ( $t=1.44$ ;  $p<10$ ) nell'ultima ora del viaggio nei soggetti ultracinquantenni (Figura 6).

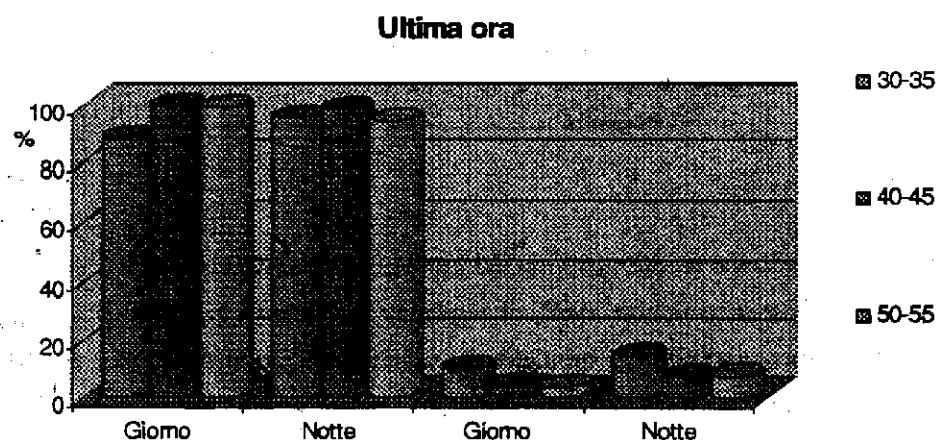
Tabella 6: Frequenza % media di periodi di normale vigilanza e densità % media di onde alfa in relazione all'età e al periodo di lavoro (Giorno o Notte).

	Età	Frequenza %		Densità alfa %	
		Giorno	Notte	Giorno	Notte
Andata	30-35	99.3	99.3	13.5	^14.5
	40-45	99.3	98.5	4.3	3.4
	50-55	97.8	93.1	11.1	8.0
Ritorno	30-35	^88.2*	95.8	^12.0	^16.0
	40-45	99.7	98.6	5.0	6.8
	50-55	98.8	93.2	5.8	8.8
Ultima ora	30-35	^87.7*	95.4	^9.7	^14.0
	40-45	99.5	98.4	4.2	6.8
	50-55	98.9	94.1	3.4	7.3*

\* t paired <.10 tra Giorno e Notte

^ F <.05 tra i tre gruppi di età

Figura 6: Frequenza % di normale vigilanza (a sinistra) e densità % di ipovigilanza (a destra) in relazione all'età, nel corso dell'ultima ora del turno, effettuato di giorno e di notte.





Appare quindi esserci una certa influenza del fattore "età" sullo stato di vigilanza nelle ore diurne e notturne, indicante come i giovani siano un po' più vulnerabili in generale, ma soprattutto nelle ore diurne: ciò può essere imputabile a un deficit relativo di riposo, andando i giovani generalmente a letto più tardi; d'altro canto i soggetti più anziani appaiono più sensibili all'affaticamento nel corso del periodo di turno.

Anche la distribuzione in funzione del Settore e del gruppo di età (tabella 7) mostra una diminuzione dei periodi di vigilanza in relazione soltanto ai due soggetti sopracitati, rappresentanti rispettivamente del gruppo di età più giovane nel settore Regionale e del gruppo di età più anziano del settore Cargo. A parte questi due, fra tutti e tre i gruppi di età e fra i settori non si osservano differenze statisticamente significative.

La densità delle onde alfa (tabella 8) appare invece prevalente, in generale, nel gruppo di età più giovane ( $F_{2,59}=5.81$ ;  $p<0.01$  in Andata) e nel settore Cargo ( $F=2.49$ ;  $p<0.10$  nel Ritorno) e appare riferibile alle motivazioni sopracitate (Figure 7 a-b).

Tabella 7: Frequenza % media di periodi di normale vigilanza in relazione al settore e all'età.

		Età			Totale
		30-35	40-45	50-55	
Andata	Regionale	80.4	99.9	100.0	94.7
	Cargo	99.6	96.0	87.9	95.8
	Passeggeri	97.3	100.0	98.0	98.4
Ritorno	Regionale	76.5	98.7	99.9	94.1
	Cargo	98.7	97.7	96.3	95.9
	Passeggeri	97.8	99.5	98.6	98.7
Ultima ora	Regionale	76.9	99.4	99.9	93.6
	Cargo	99.4	97.5	89.2	96.5
	Passeggeri	97.5	99.5	99.0	98.8

Tabella 8: Densità % media di onde alfa nel corso di tutti i turni in relazione al settore e all'età.

		Età			Tutti
		30-35	40-45	50-55	
Andata	Regionale	18.4	1.7	3.8	6.5
	Cargo	11.5	11.8	12.2	11.7
	Passeggeri	12.7	0.0	15.4	9.0
Ritorno	Regionale	14.8	4.3	2.3	6.5
	Cargo	16.3	10.7	12.9	14.0
	Passeggeri	5.5	5.0	8.6	6.5
Ultima ora	Regionale	17.4	3.6	1.3	6.6
	Cargo	11.0	10.7	11.9	11.1
	Passeggeri	3.2	5.0	4.6	4.3

Figure 7 a-b: Densità % di ipovigilanza in relazione al settore e all'età nel corso della prima e dell seconda parte del turno

Figura 7a

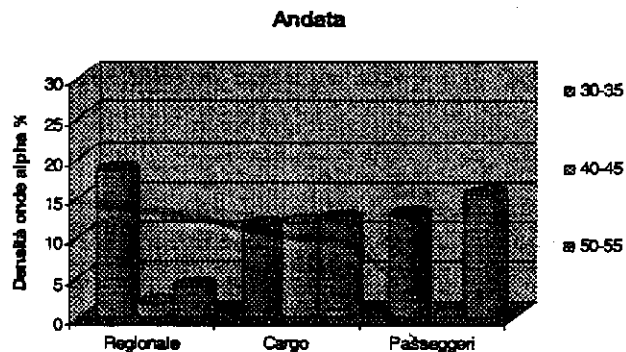
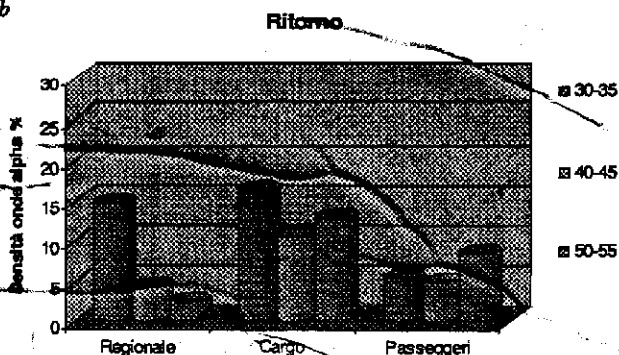


Figura 7b



In riferimento al Settore, non si registrano differenze significative tra Giorno e Notte in tutti e tre i periodi del turno, pur rilevando una lieve diminuzione dei periodi di completa vigilanza (tabella 9) nel corso dei turni notturni nei settori Cargo e Pax, ossia quelli in cui il turno interessa tutta la notte; mentre, al contrario, nel settore Regionale la vigilanza appare essere leggermente inferiore nei turni diurni. Ciò può essere stato influenzato anche dal periodo in cui sono state fatte le registrazioni in tale settore, ossia in piena estate, nel corso di giornate molto calde e afose: in condizioni cioè che possono più facilmente indurre uno stato di sonnolenza.

Per quanto riguarda la densità delle onde alfa (tabella 10), vi è una significativa interazione tra settore e Giorno/Notte con aumento di questa nella seconda parte a ( $F=3.71$ ;  $p<.05$ ) dei turni notturni nei settori Cargo e Passeggeri (Figura 8).

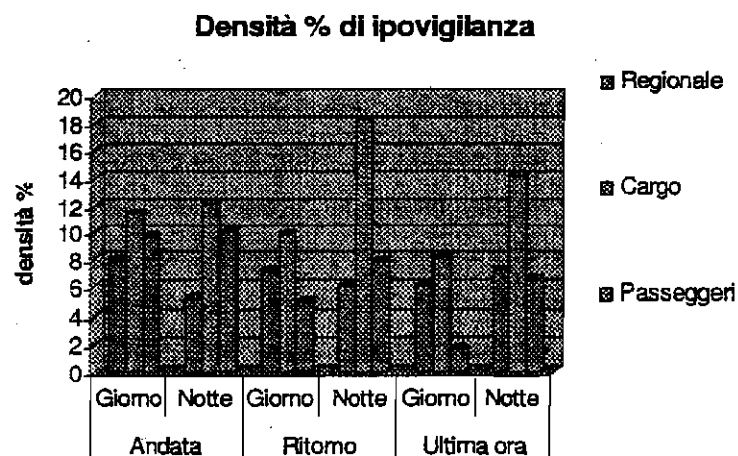
Tabella 9: Frequenza % media di periodi di normale vigilanza in relazione al settore e ai turni diurni e notturni.

	Andata		Ritorno		Ultima ora	
	Giorno	Notte	Giorno	Notte	Giorno	Notte
Regionale	92.6	96.8	90.7	97.9	90.2	96.9
Cargo	98.0	93.6	98.7	93.0	98.7	94.0
Passeggeri	98.6	98.3	99.8	97.7	99.9	97.8
Tutti	95.6	96.0	95.3	96.1	95.2	96.1

Tabella 10: Densità % media di onde alfa nel corso di tutti i turni in relazione al settore e ai turni diurni e notturni.

	Andata		Ritorno		Ultima ora	
	Giorno	Notte	Giorno	Notte	Giorno	Notte
Regionale	7.9	5.2	7.1	6.0	6.0	7.2
Cargo	11.4	12.1	9.9	18.2	8.1	14.2
Passeggeri	9.7	10.0	5.0	7.8	1.7	6.5
Tutti	9.5	8.5	7.7	10.5	6.0	9.4

Figura 8: Densità % di ipovigilanza in relazione a settore, età e turno



In relazione alla "Condizione" di lavoro (Base, Vacma, SCMT), la tabella 11 mostra come non vi siano differenze significative tra le tre condizioni per quanto riguarda lo stato complessivo di vigilanza, sia per quanto riguarda la prima ( $F=0.08$ ;  $p=NS$ ) che la seconda ( $F=0.32$ ;  $p=NS$ ) parte del turno.

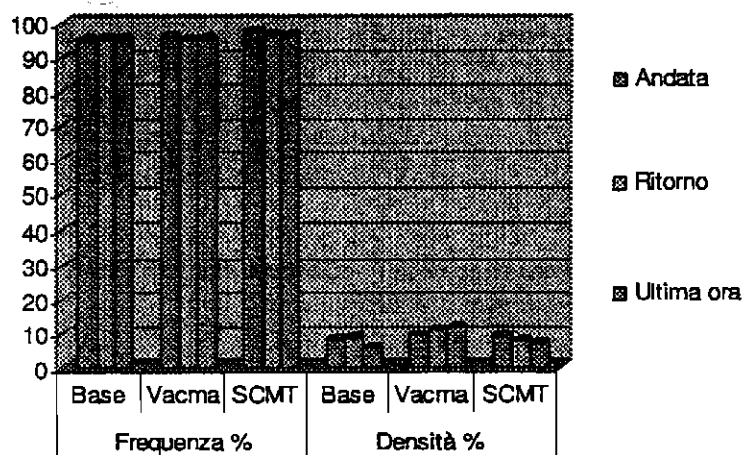
La "densità" delle onde alfa appare leggermente superiore, ma non in modo statisticamente significativo, nella condizione Vacma rispetto alle altre due, sia nella prima ( $F=0.08$ ;  $p=NS$ ) che nella seconda ( $F=0.14$ ;  $p=NS$ ) parte del turno, in ragione dell'elevata variabilità interindividuale.

Anche nel corso dell'ultima ora di lavoro non si evidenziano differenze significative per frequenza percentuale di episodi di ipovigilanza ( $F=0.11$ ;  $p=NS$ ); mentre, per quanto riguarda la "densità" degli stessi in onde alfa, essa risulta leggermente superiore nella condizione "Vacma" rispetto alle altre, ma senza raggiungere la significatività statistica ( $F=1.53$ ;  $p=NS$ ), (Figura 9).

Tabella 11: Frequenza % media di periodi di normale vigilanza e densità % media di onde alfa in relazione alla condizione di lavoro.

	Frequenza %			Densità %		
	Base	Vacma	SCMT	Base	Vacma	SCMT
Andata	94.7	93.7	97.4	8.4	9.6	9.4
Ritorno	95.3	95.1	96.5	8.9	11.1	8.1
Ultima ora	95.3	95.3	96.4	5.9	11.7	7.3

Figura 9: Frequenza % di normale vigilanza (a sinistra) e densità % di ipovigilanza (a destra) in relazione alla condizione di guida e nei diversi periodi del turno.



Anche valutando le tre condizioni di guida nel corso dei turni diurni e notturni, non si rilevano differenze statisticamente significative né in relazione alla condizione né in relazione al Giorno/Notte, sia per quanto riguarda la frequenza degli episodi di ipovigilanza (tabella 12) che la densità delle onde alfa (tabella 13) nelle diverse frazioni del turno (Figura 10), pur se si rileva un loro maggiore aumento medio nella condizione "Vacma" nella seconda parte e ultima ora dei turni notturni.

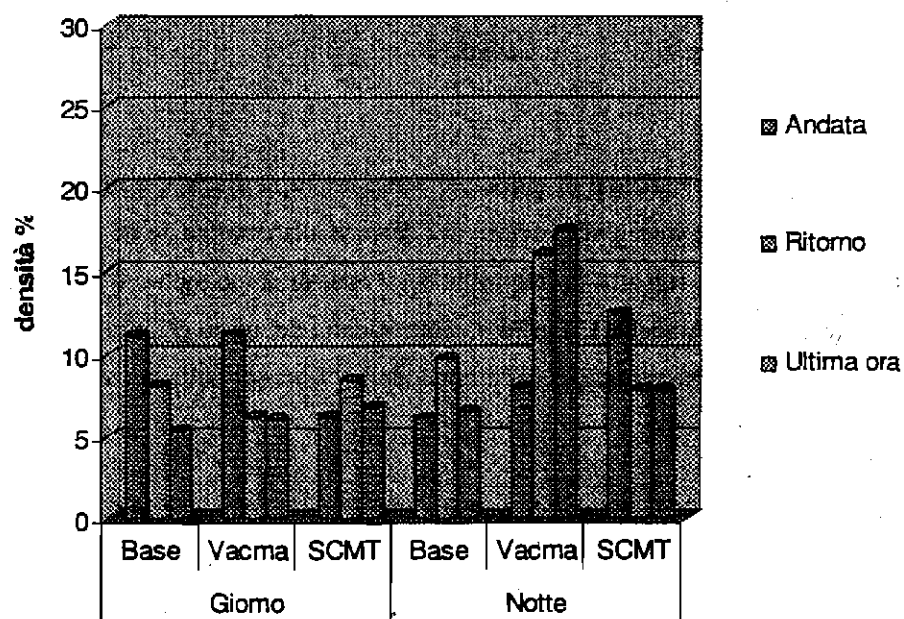
Tabella 12: Frequenza % media di periodi di normale vigilanza in relazione alla condizione di guida e ai turni diurni e notturni.

	Giorno			Notte		
	Base	Vacma	SCMT	Base	Vacma	SCMT
<b>Andata</b>	92.8	97.9	97.6	96.4	93.5	97.2
<b>Ritorno</b>	94.5	95.5	96.1	96.1	94.6	97.0
<b>Ultima ora</b>	94.3	95.5	96.2	96.2	95.1	96.7

Tabella 13: Densità % media di onde alfa nel corso di tutti i turni in relazione alla condizione di guida e ai turni diurni e notturni.

	Giorno			Notte		
	Base	Vacma	SCMT	Base	Vacma	SCMT
Andata	11.1	11.2	6.2	6.1	7.9	12.5
Ritorno	8.1	6.2	8.4	9.7	16.0	7.8
Ultima ora	5.3	6.0	6.8	6.5	11.4	7.8

Figura 10: Densità % di ipovigilanza (a destra) in relazione alla condizione di guida e nei diversi periodi del turno, di giorno e di notte.



L'interazione tra condizione di lavoro (Base, Vacma, SCMT) ed età conferma l'effetto principale dell'età, dove i più giovani hanno livelli inferiori in tutte e tre le condizioni e pressoché in tutti e tre i periodi del turno considerati, per quanto riguarda la frequenza dei periodi di ipovigilanza (tabella 14), con livelli ai limiti della significatività statistica nella seconda parte ( $F=3.12$ ;  $p=.052$ ) e nell'ultima ora ( $F=2.95$ ;  $p=.06$ ) del turno.

Tabella 14: Frequenza % media di periodi di normale vigilanza in relazione alla condizione di guida e all'età.

	Età	Condizione		
		Base	Vacma	SCMT
Andata	30-35	88.8	96.0	95.5
	40-45	99.1	98.4	99.1
	50-55	96.3	91.3	97.6
Ritorno	30-35	89.6	93.4	93.6
	40-45	98.9	99.1	99.3
	50-55	97.7	94.1	96.4
Ultima ora	30-35	89.4	92.5	93.6
	40-45	98.6	98.9	99.4
	50-55	97.7	94.0	96.3

Per quanto riguarda la densità delle onde alfa, i più giovani presentano una maggiore incidenza in tutte e tre le condizioni e in tutte e tre le frazioni del turno (tabella 15), sia nella prima ( $F=5.90$ ;  $p<.01$ ) che nella seconda ( $F=3.45$ ;  $p<.05$ ) parte e ultima ora ( $F=3.09$ ;  $p=.053$ ) del turno; si rileva peraltro anche un certo effetto relativo alla condizione, ove nella condizione Vacma si riscontra una maggiore densità di onde alfa in pressoché tutti i soggetti di tutte le età.

Tabella 15: Densità % media di onde alfa nel corso di tutti i turni in relazione alla condizione di guida e all'età.

	Età	Condizione		
		Base	Vacma	SCMT
Andata	30-35	14.0	10.5	16.5
	40-45	3.5	5.4	3.0
	50-55	8.1	14.3	8.3
Ritorno	30-35	13.7	17.3	11.9
	40-45	6.0	3.4	6.3
	50-55	17.3	10.4	3.6
Ultima ora	30-35	8.7	19.8	9.7
	40-45	5.1	5.4	6.3
	50-55	3.8	9.1	5.5

L'interazione tra settore e condizione non fa rilevare alcuna differenza significativa in termini di frequenza di "epoche" di normale vigilanza (tabella 16) in tutte e tre le sezioni del turno. Anche la densità delle "epoche" (tabella 17) appare assai variabile tra le diverse condizioni e settori, senza alcun andamento sistematico e significativo, a parte la già segnalata leggera prevalenza nel settore Cargo.

Tabella 16: Frequenza % media di periodi di normale vigilanza in relazione alla condizione di guida e al settore di lavoro.

	Settore	Condizione			Tutti
		Base	Vacma	SCMT	
Andata	Regionale	92.6	97.0	96.2	94.7
	Cargo	95.4	94.5	97.5	95.8
	Passeggeri	98.1		98.8	98.4
Ritorno	Regionale	93.0	95.6	95.8	94.1
	Cargo	96.2	94.6	94.8	95.9
	Passeggeri	98.9		98.5	98.7
Ultima ora	Regionale	92.2	94.7	94.8	93.6
	Cargo	96.8	95.8	96.4	96.3
	Passeggeri	99.1		98.4	98.8



Tabella 17: Densità % media di onde alfa nel corso di tutti i turni in relazione alla condizione di guida e al settore di lavoro.

	Settore	Condizione			Tutti
		Base	Vacma	SCMT	
Andata	Regionale	6.5	9.2	4.0	6.5
	Cargo	9.6	10.0	15.7	11.7
	Passeggeri	11.3		8.2	9.8
Ritorno	Regionale	7.4	8.8	6.7	6.5
	Cargo	14.4	17.4	10.4	14.0
	Passeggeri	6.1		7.0	6.5
Ultima ora	Regionale	6.3	6.8	6.9	6.6
	Cargo	7.5	16.7	9.2	11.1
	Passeggeri	3.3		5.5	4.3

Nell'ambito del trasporto "Regionale" si è voluto inoltre confrontare, negli stessi soggetti, l'incidenza dell'ipovigilanza nelle condizioni di guida delle automotrici e delle elettromotrici. Come si può osservare nella tabella 18, non si sono rilevate differenze significative tra le due condizioni sia per quanto riguarda la frequenza che la densità di segni EEG di ipovigilanza, sia nella prima che nella seconda parte, come pure nell'ultima ora del turno.

Tabella 18: Frequenza % media di periodi di normale vigilanza e densità % media di onde alfa in relazione alla guida delle automotrici e delle elettromotrici nel settore Regionale.

	Frequenza %		Densità %	
	Automotrice	Elettromotrice	Automotrice	Elettromotrice
Andata	95.7	96.3	9.4	7.7
Ritorno	95.7	95.4	10.4	5.1
Ultima ora	95.7	95.6	8.4	5.5

Nella guida delle automotrici, più in particolare, si è messa a confronto la condizione Base e quella con il VACMA (tabella 19).

Per quanto concerne il livello di vigilanza in generale, non vi sono differenze né sistematiche né significative sia in termini di frequenza degli episodi che di densità dei segni di ipovigilanza, pur risultando quest'ultima leggermente superiore nella condizione Vacma.

*Tabella 19: Frequenza % media di periodi di normale vigilanza e densità % media di onde alfa in relazione alla guida delle automotrici, in condizione "Base" e "Vacma" nel settore Regionale*

	Frequenza %		Densità %	
	Base	Vacma	Base	Vacma
Andata	95.5	96.9	6.3	9.2
Ritorno	95.2	95.6	5.4	4.8
Ultima ora	95.5	94.7	4.2	6.8

In sintesi quindi, dalle registrazioni elettroencefalografiche è emerso che:

- la percentuale di periodi assenti da segni elettroencefalografici di ipovigilanza è stata in media del 95.7% del totale;
- 10 soggetti su 12 hanno presentato segni elettroencefalografici indicativi di uno stato transitorio di ridotta vigilanza in meno del 4% di tutti i microperiodi ("epoche") considerati, e 5 soggetti addirittura in meno dell'1% di tutte le situazioni;
- due soggetti hanno presentato mediamente una frequenza percentuale di periodi di ipovigilanza tra il 19.6% e il 23.5% in un caso, e tra l'11.7% e il 12.1% nell'altro caso;
- nei periodi nei quali sono stati evidenziati segni EEG di ipovigilanza, la loro "densità" è stata mediamente del 9.1%, arrivando ad un massimo del 40%;
- i periodi di ipovigilanza variano in media dal 1.3% al 19.3% nella prima parte dei turni e dal 2.9% al 24.8% nel corso della seconda parte degli stessi;
- i livelli di vigilanza sono ugualmente elevati (>95%) in generale, sia di giorno che di notte, ma alcuni dei brevi periodi di ipovigilanza che compaiono di notte sono un po' più intensi;
- vi sono delle differenze in relazione all'età, ove i soggetti più giovani hanno presentano minori livelli di vigilanza soprattutto nei turni diurni e prevalentemente nella prima

parte del turno, mentre nei soggetti più anziani vi è un peggioramento nella parte finale del turno, soprattutto nelle ore notturne.

- non vi sono differenze significative tra i diversi settori (Regionale, Cargo, Passeggeri);
- non vi sono differenze significative tra le diverse condizioni (Standard, Vacma, SCMT).

Per quanto riguarda la condizione di guida con Vacma, si fa notare come la densità delle "epoche" di ipovigilanza risulti piuttosto leggermente superiore rispetto alla condizione "Base" (cfr. Tabelle 11, 13, 15, 17 e 19); il che fa ritenere che tale strumento non sia tanto finalizzato a mantenere/sostenere lo stato di "vigilanza" (nell'accezione funzionale elettroencefalografica che qui si è definita), quanto piuttosto a rivelare lo stato di "presenza attiva" della persona.

## B) RISPOSTA CARDIACA

### B.1. FREQUENZA CARDIACA

La frequenza cardiaca è stata calcolata dalla derivazione elettrocardiografica D1 (vedi metodi) registrata in continuo per tutto il turno di lavoro. Essa è stata misurata ad ogni battito cardiaco mediante il software *Somnologica Studio* (Flaga hf. Medical Devices, Reykjavik), per poi calcolare la frequenza cardiaca media nel corso dei periodi di attività di guida, quindi escludendo i periodi trascorsi prima di arrivare alla locomotiva e di smonto dalla stessa, oltre che i periodi di pausa/riposo intermedi.

L'insieme di tali valori è stato usato per calcolare tre valori:

- a) frequenza cardiaca media (con relativa deviazione standard e range) della prima parte del turno ("Andata");
- b) frequenza cardiaca media (con relativa deviazione standard e range) della seconda parte del turno ("Ritorno");
- c) frequenza cardiaca media (con relativa deviazione standard e range) di tutto il tempo effettivo di guida ("Andata e Ritorno").

La Tabella 20 riporta i dati medi (con ds) calcolati in ciascun soggetto nei tre periodi considerati nel corso di tutte le corse effettuate. Tra i diversi soggetti si rileva, al test dell'analisi della varianza (ANOVA), una significativa variabilità interindividuale sia per l'Andata ( $F_{11,60}=13.45$ ;  $p<.001$ ) che per il Ritorno ( $F_{11,60}=12.56$ ;  $p<.001$ ), e conseguentemente per l'intero periodo di guida ( $F_{11,60}=10.47$ ;  $p<.001$ ).

La frequenza media di lavoro è risultata per tutti i macchinisti, eccetto due, inferiore o uguale a 80 battiti/min, variando da un minimo di 58 battiti/min a un massimo di 108 battiti/min. Dieci soggetti su dodici non hanno mai presentato una frequenza cardiaca media di turno superiore a 91 battiti/min: tale valore indica un costo cardiaco di lavoro globalmente moderato e del tutto entro i limiti dell'ampia accettabilità.

Un macchinista del settore "Regionale" e uno del settore "Cargo", hanno presentato una frequenza cardiaca media superiore a 90 battiti/min, nell'insieme di tutti i turni effettuati, raggiungendo in un turno i 108 battiti/min in media. Tale maggiore frequenza, che è risultata

generalizzata in tutti i turni, dopo opportuna verifica appare essere condizionata da alcune caratteristiche individuali delle due persone. Per contrapposte caratteristiche due altri macchinisti, di diversa età, hanno presentato una frequenza media globale di lavoro inferiore a 70 battiti/min.

Durante i viaggi la frequenza cardiaca ha toccato, in alcuni casi e per brevi periodi, i 160-165 battiti/min.

Tra Andata e Ritorno la frequenza cardiaca media è risultata sostanzialmente sovrapponibile, senza alcuna differenza significativa né in generale ( $t$  paired = 0.856;  $p=NS$ ) né per alcun singolo soggetto.

Tabella 20: Frequenza cardiaca media (e deviazione standard) nel corso dei tre periodi di guida, in tutti i turni effettuati.

Soggetto	Andata-Ritorno		Andata	Ritorno
	Media (ds)	Min - max	Media (ds)	Media (ds)
1	65.9 (4.8)	57.9 - 70.6	67.1 (5.0)	64.1 (4.3)
2	64.5 (4.0)	59.0 - 69.7	65.6 (5.0)	63.3 (4.1)
3	92.8 (11.7)	70.8 - 107.8	97.4 (8.1)	96.6 (8.3)
4	72.2 (5.4)	64.4 - 80.7	72.9 (5.1)	71.8 (5.8)
5	73.1 (11.5)	62.3 - 90.4	71.8 (10.5)	75.3 (13.5)
6	79.8 (6.7)	71.1 - 88.0	81.3 (8.2)	78.0 (6.0)
7	92.5 (9.6)	81.9 - 107.5	91.9 (9.9)	93.1 (11.2)
8	80.4 (6.6)	73.1 - 90.7	79.5 (4.5)	82.1 (10.1)
9	75.5 (3.0)	72.1 - 79.2	72.9 (4.5)	78.5 (5.5)
10	76.1 (3.7)	71.4 - 79.4	74.8 (4.0)	77.5 (3.7)
11	75.0 (3.2)	70.6 - 78.0	78.4 (3.9)	72.5 (6.2)
12	79.3 (5.7)	72.3 - 85.2	81.5 (9.0)	76.1 (1.8)
<b>Tutti</b>	<b>77.0 (11.5)</b>	<b>57.9 - 107.8</b>	<b>77.8 (11.8)</b>	<b>77.2 (12.7)</b>

In relazione all'età (Tabella 21) non emergono differenze statisticamente significative all'ANOVA tra i tre gruppi né all'Andata né al Ritorno, e quindi neanche nel periodo complessivo.

*Tabella 21: Frequenza cardiaca media (e deviazione standard) per gruppo di età nei periodi di andata e di ritorno e nel periodo di guida complessivo, per tutti i turni effettuati.*

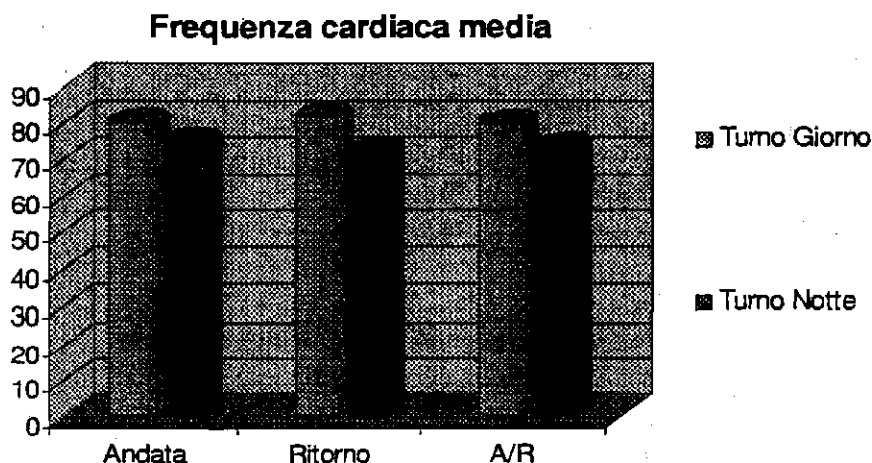
Età	No. corse	Andata	Ritorno	Andata-Ritorno
<b>30-35</b>	24	77.7 (11.4)	78.1 (13.7)	77.9 (12.1)
<b>40-45</b>	26	81.4 (14.5)	78.9 (14.5)	79.0 (13.6)
<b>50-55</b>	22	73.6 (6.7)	74.1 (8.4)	73.6 (6.8)
<b>Tutti</b>	<b>68</b>	<b>77.8 (11.8)</b>	<b>77.2 (12.7)</b>	<b>77.0 (11.5)</b>
<i>F</i>		2.76	0.96	1.48
<i>P</i>		NS	NS	NS

In relazione ai turni effettuati di **Giorno** o di **Notte** (Tabella 22) emerge una chiara differenza, statisticamente significativa, tra le due occasioni, ove di "Notte" la frequenza cardiaca è costantemente inferiore rispetto al "Giorno" (Figura 11); ciò appare essere in relazione soprattutto al ritmo circadiano della stessa, influenzato dal prevalente tono parasimpatico, che fa diminuire l'attività del centro cardio-acceleratore nel corso delle ore notturne.

*Tabella 22: Frequenza cardiaca media (e relativa deviazione standard) registrata nel corso dei diversi periodi dei turni effettuati di Giorno e di Notte.*

	Turno		<i>t</i>	<i>p</i>
	Giorno	Notte		
<b>Andata</b>	80.3 (12.4)	75.3 (10.8)	1.838	<05
<b>Ritorno</b>	82.1 (13.3)	72.3 ( 9.9)	3.554	<.001
<b>A/R</b>	80.2 (12.0)	73.8 (10.0)	2.459	<.01

Figura 11: frequenza cardiaca media di gruppo registrata nel corso dei turni diurni e notturni



In relazione alla condizione di guida (Base, Vacma, SCMT), non è emersa alcuna differenza significativa tra le tre condizioni, sia in Andata, che in Ritorno, così come nell'insieme del periodo di guida (Tabella 23).

Tabella 23: Frequenza cardiaca media (e relativa deviazione standard) registrata nel corso dei diversi periodi dei turni effettuati nelle tre diverse condizioni di guida.

	Condizione			<i>F</i>	<i>p</i>
	Base	Vacma	SCMT		
<b>Andata</b>	77.2 (12.6)	78.9 (13.2)	78.1 (10.0)	0.14	NS
<b>Ritorno</b>	75.4 (11.8)	78.9 (13.8)	78.4 (13.3)	0.57	NS
<b>A/R</b>	76.1 (12.0)	78.8 (13.1)	76.9 ( 9.8)	0.29	NS

In relazione al settore di lavoro (Tabella 24) si rileva una differenza statisticamente significativa per l'intero periodo di guida, ove il settore "Cargo" appare presentare livelli leggermente superiori rispetto agli altri due, imputabile peraltro unicamente ai due soggetti di età più giovane (Tabella 25 e Figura 12).

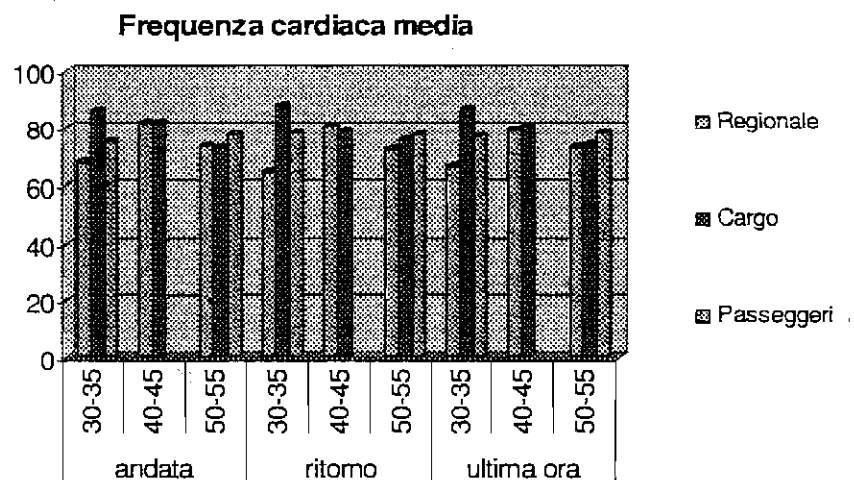
Tabella 24: Frequenza cardiaca media (e deviazione standard) in relazione al settore di lavoro.

	Settore			F	p
	Regionale	Cargo	Passeggeri		
Andata	75.7 (14.2)	81.1 (10.9)	76.9 ( 6.2)	1.50	NS
Ritorno	73.9 (14.8)	82.1 (12.0)	76.1 ( 4.8)	3.12	.051
A/R	73.9 (13.4)	81.5 (10.9)	76.5 ( 4.0)	3.23	<.05

Tabella 25: Frequenza cardiaca media in relazione all'età e al settore di lavoro.

		Età			Tutti
		30-35	40-45	50-55	
Andata	Regionale	67.2	81.5	72.9	75.7
	Cargo	85.7	81.3	71.8	81.1
	Passeggeri	74.8		77.2	76.4
Ritorno	Regionale	64.1	80.0	71.6	74.9
	Cargo	87.6	78.0	75.3	81.5
	Passeggeri	77.5		77.3	77.0
A/R	Regionale	65.9	78.7	72.2	73.9
	Cargo	86.5	79.8	73.1	81.5
	Passeggeri	76.1		77.4	77.1

Figura 12: Frequenza cardiaca media in relazione ad età e settore





L'interazione tra "settore" e turni diurni e notturni studiata mediante l'ANOVA a due vie, pur confermando la significativa influenza sia del fattore "settore" che del fattore "Giorno/Notte" (Tabella 26), non evidenzia una significativa interazione tra i due fattori né nel complessivo periodo di guida ( $F=1.25$ ;  $p=NS$ ), né nel corso della prima ( $F=1.76$ ;  $p=NS$ ) e della seconda ( $F=1.05$ ;  $p=NS$ ) parte del turno.

In altri termini, la risposta cardiaca appare condizionata dalle diverse condizioni di viaggio che si vengono a determinare nei diversi settori e nelle diverse situazioni, senza una particolare sistematicità in uno specifico settore o in un particolare turno.

Tabella 26: *Frequenza cardiaca media (e relativa deviazione standard) nell'intero periodo di guida (A/R) in relazione al settore e al turno diurno o notturno.*

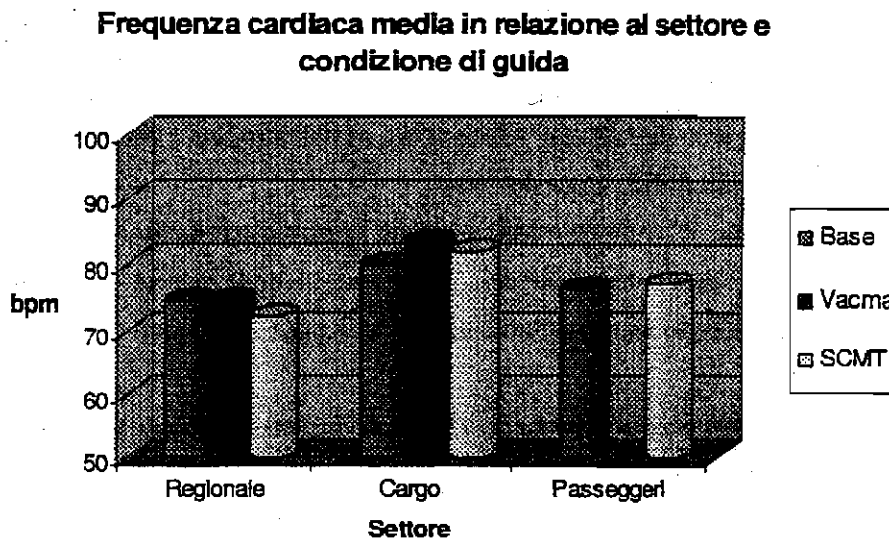
	Turno		Totale
	Giorno	Notte	
<b>Regionale</b>	77.1 (13.9)	70.6 (12.4)	73.9 (13.4)
<b>Cargo</b>	86.8 (11.0)	76.1 ( 8.1)	81.5 (10.9)
<b>Passeggeri</b>	76.4 ( 2.5)	76.6 ( 5.3)	76.5 ( 4.0)
<b>Tutti</b>	80.2 (12.0)	73.8 (10.0)	

Anche l'interazione tra condizione (Base, Vacma, SCMT) e settore di lavoro (Tabella 27 e Figura 13), non evidenzia alcuna significativa interazione tra i due fattori né nel complessivo periodo di guida ( $F=0.14$ ;  $p=NS$ ), né nel corso della prima ( $F=0.04$ ;  $p=NS$ ) e della seconda ( $F=0.15$ ;  $p=NS$ ) parte del turno.

Tabella 27: *Frequenza cardiaca media (e relativa deviazione standard) nell'intero periodo di guida (A/R) in relazione al settore e alla condizione di lavoro*

	Condizione			Totale
	Base	Vacma	SCMT	
<b>Regionale</b>	74.4 (13.7)	74.5 (16.3)	72.2 (10.9)	73.9 (13.4)
<b>Cargo</b>	79.6 (14.2)	83.1 ( 7.7)	81.7 (11.1)	81.5 (10.9)
<b>Passeggeri</b>	76.1 ( 3.8)		76.9 ( 4.4)	76.5 ( 4.0)
<b>Tutti</b>	76.1 (12.0)	78.8 (13.1)	76.9 ( 9.8)	

Figura 13: Frequenza cardiaca media in relazione a settore e condizione di guida



Più in particolare, nell'ambito del settore **Regionale**, si sono confrontate le condizioni "Vacma" (in uso sulle automotrici) con la rispettiva condizione "Base" sempre sull'automotrice, e la condizione SCMT (in uso sulle elettromotrici) con la relativa condizione "Base" sempre sulle elettromotrici, sia di giorno che di notte (Tabella 28).

L'analisi statistica fa rilevare:

- una differenza significativa tra turni diurni e turni notturni, in generale, nel caso dell'automotrice, sia nel periodo di Andata ( $t=1.812$ ;  $p<.05$ ) che nel Ritorno ( $t=1.59$ ;  $p<.07$ ) e nel periodo complessivo A/R ( $t=1.732$ ;  $p<.06$ );
- nessuna differenza tra i turni e tra i diversi periodi di guida nel caso dell'elettromotrice;
- nessuna differenza significativa, sia di giorno che di notte, tra condizione "Base" e "Vacma" sull'automotrice;
- nessuna differenza significativa, sia di giorno che di notte, tra condizione "Base" e "SCMT" sull'elettromotrice;

Tabella 28: Frequenza cardiaca media (e relativa deviazione standard) nel corso del turno in relazione a tipo di motrice, condizione di lavoro e Giorno/Notte, nel settore Regionale.

	Giorno			Notte		
	Base	Vacma	SCMT	Base	Vacma	SCMT
<b>Andata</b>						
<i>Elettromotrice</i>	77.7 (16.3)		78.1 (15.4)	75.8 (13.4)		74.4 (14.2)
<i>Automotrice</i>	79.7 (16.4)	83.1 (18.3)		69.1 (11.4)	68.0 (14.5)	
<b>Ritorno</b>						
<i>Elettromotrice</i>	77.3 (15.1)		79.3 (20.5)	69.9 (14.5)		71.5 (15.9)
<i>Automotrice</i>	79.0 (15.6)	78.9 (18.2)		67.6 (12.5)	68.2 (12.8)	
<b>A/R</b>						
<i>Elettromotrice</i>	77.5 (15.7)		70.6 (7.3)	72.7 (13.9)		73.7 (14.7)
<i>Automotrice</i>	79.3 (15.9)	81.0 (18.2)		68.0 (12.1)	68.1 (13.3)	

Infine, l'interazione tra "Condizione" ("Base", "Vacma", "Scmt"), "Periodo" ("Giorno/Notte") di lavoro e "Soggetto" (tutti e 12), conferma un'influenza significativa sulla risposta cardiaca sia da parte del fattore "Soggetto" che del fattore "Giorno/Notte", ma non del fattore "Condizione", in tutti e tre i periodi di guida considerati (Tabella 29): in altri termini, la risposta cardiaca varia in modo significativo in funzione dell'operatore e del periodo del giorno (giorno o notte) in cui viene svolto il lavoro, ma non in funzione della condizione (Base, Vacma o SCMT).

Tabella 29 : Risultati dell'ANOVA a tre vie (Soggetto, Condizione, Giorno/Notte) per tutti i viaggi esaminati.

Fattore	Andata		Ritorno		A/R	
	F	p	F	p	F	p
<i>Soggetto</i>	11.78	<.001	18.99	<.001	9.46	<.001
<i>Condizione</i>	0.02	NS	1.21	NS	0.32	NS
<i>Giorno/Notte</i>	6.63	<.02	46.73	<.001	11.48	<.01

## **B.2. VARIABILITA' DELLA FREQUENZA CARDIACA (HRV)**

La Variabilità della Frequenza Cardiaca (HRV = Heart Rate Variability) indica l'alternanza dei singoli battiti cardiaci che concorrono a determinare la frequenza cardiaca.

In condizioni di riposo infatti, l'elettrocardiogramma di una persona sana presenta delle fisiologiche variazioni periodiche tra i singoli battiti (intervalli R-R). Tale fenomeno ritmico è meglio conosciuto come "aritmia sinusale" e presenta delle fluttuazioni connesse con la respirazione: la frequenza aumenta con l'inspirazione e diminuisce con l'espirazione. Tale fenomeno è prevalentemente mediato dall'attività del sistema parasimpatico che influenza il centro del ritmo cardiaco (nodo del seno) primariamente nella fase di espirazione, mentre si attenua o scompare con la fase di inspirazione. Una ridotta variabilità della frequenza cardiaca (HRV) denota quindi una ridotta attività vagale (parasimpatica).

Quale indice dinamico di risposta allo stress, la HRV appare essere un indicatore sensibile di due processi: a) attivazione frequente (brevi cadute di HRV in risposta allo stress acuto); b) risposta inadeguata (riduzione dell'attività vagale a lungo termine, risultante in una prevalenza del tono simpatico sul controllo del ritmo cardiaco).

E' stato documentato da numerosi studi che una ridotta variabilità della frequenza cardiaca si associa ad elevato stress mentale e a situazioni percepite come negative, e che essa è un predittore di rischio cardiaco, sia in termini di attacchi ischemici che di aritmie importanti.

In base all'analisi spettrale del ritmo cardiaco (intervalli R-R) è possibile individuare due componenti principali: una componente a bassa frequenza (LF), che presenta uno spettro di frequenze di 0.03-0.15 Hz, che denota l'influenza del sistema simpatico; una componente ad alta frequenza (HF), che presenta uno spettro di frequenza di 0.16-0.4 Hz, e che denota l'influenza del sistema parasimpatico. E' stato dimostrato, ad esempio, che lo stress mentale, in quanto aumenta l'attività simpatica diretta al cuore, aumenta la componente a bassa frequenza. Il rapporto tra le due componenti (LF/HF) viene pertanto impiegato (assieme ad altri indici derivati dall'analisi spettrale) come indicatore del bilancio tra sistema parasimpatico e sistema simpatico.

Sulla base di tali considerazioni si è voluto approfondire l'analisi della risposta cardiaca, valutandola anche sotto questo profilo. Pertanto, la registrazione elettrocardiografia effettuata durante l'intero turno di lavoro è stata sottoposta ad analisi spettrale della HRV; si è in

particolare usato il rapporto LF/HF per documentare eventuali variazioni della stessa in riferimento ai diversi fattori esaminati nello studio.

Nel totale dei 72 turni di lavoro esaminati (tabella 30) il rapporto LF/HF ha presentato una significativa variabilità interindividuale ( $F_{11,71}=17.59$ ;  $p<0.001$ ) come peraltro era nelle attese. In altri termini alcuni soggetti presentano una maggiore "simpatico-tonia" (rapporto LF/HF più alto), mentre altri soggetti presentano una prevalente "parasimpatico-tonia" (rapporto LF/HF più basso), come peraltro era già evidente nei dati di frequenza cardiaca (cfr. tabella 20).

Tabella 30: Valori medi (con deviazione standard e range) del rapporto LF/HF nella valutazione della HRV per tutti i turni effettuati.

Soggetto	Media	sd	Min - max
1	3.19	0.63	2.08 - 3.93
2	7.38	1.65	5.29 - 9.77
3	8.77	1.44	6.94 - 10.79
4	9.23	1.70	7.50 - 12.57
5	5.65	1.96	3.32 - 8.23
6	4.70	1.63	2.46 - 7.19
7	7.66	1.62	5.66 - 9.52
8	4.74	0.9	3.73 - 5.66
9	1.42	0.94	0.77 - 2.80
10	4.63	0.44	4.13 - 5.20
11	4.20	0.30	3.86 - 4.53
12	6.83	1.19	5.12 - 7.70
Tutti	6.02	2.60	0.77 - 12.57

In relazione all'età emerge una differenza significativa tra i tre gruppi, con valori leggermente inferiori nei più giovani in generale ( $F=4.82$ ;  $p<0.05$ ), ad indicare un aumento dell'influenza simpatica con l'andare degli anni.

L'esame dell'interazione tra età e settore evidenzia pure una significativa interazione ( $F_{4,63}=17.83$ ;  $p<0.001$ ) ma, come si può rilevare dalla tabella 31, essa non presenta un andamento sistematico nei vari gruppi.

Tabella 31. Valori medi (sd) del rapporto LF/HF in relazione ad età e settore di lavoro.

	Età			Tutti
	30-40	40-50	50-60	
<b>Regionale</b>	3.19 (0.63)	8.08 (1.66)	9.23 (1.70)	7.14 (2.77)
<b>Cargo</b>	6.20 (1.97)	4.70 (1.63)	5.65 (1.96)	5.69 (1.91)
<b>Passeggeri</b>	4.63 (0.44)	6.83 (1.19)	2.81 (1.62)	4.27 (2.11)
<b>Totale</b>	4.94 (1.98)	7.10 (2.09)	5.92 (3.26)	

Il confronto tra turni diurni e notturni evidenzia un rapporto LF/HF leggermente superiore, ma non statisticamente significativo ( $t_{\text{paired}} = 1.27$ ;  $p = .10$ ), nei turni giornalieri (Tabella 32); questo può essere indicativo della risposta compensatoria messa in atto per lavorare di notte, quando invece, in condizioni di normale riposo notturno, prevale l'influenza parasimpatica (e quindi con rapporto LF/HF nettamente più basso).

Anche l'interazione tra settore lavorativo e attività diurna e notturna non evidenzia un effetto significativo ( $F_{2,66} = 0.47$ ;  $p = \text{NS}$ ).

Tabella 32: Valori del rapporto LF/HF nel corso di tutti i turni effettuati di Giorno e di Notte.

	Giorno	Notte
<b>Media</b>	<b>6.41</b>	<b>5.63</b>
<b>Dev. St.</b>	2.83	2.33
<b>Min</b>	0.88	0.77
<b>Max</b>	12.57	10.26

Il confronto tra le tre condizioni (Base, Vacanza, SCMT) globalmente considerate (Tabella 33) non evidenzia alcuna differenza significativa ( $F_{2,69} = 0.01$ ;  $p = \text{NS}$ ) nel rapporto LF/HF.

Tabella 33: Valori del rapporto LF/HF nel corso di tutti i turni effettuati, in relazione alle tre condizioni di lavoro.

	Media (ds)	Min - Max
<b>Base</b>	6.04 (2.55)	1.21 - 10.78
<b>Vacanza</b>	6.06 (2.43)	2.58 - 10.79
<b>SCMT</b>	5.97 (2.87)	0.77 - 12.57

Risulta parimenti non significativa l'interazione tra condizione e settore ( $F_{3,64}=0.24$ ;  $p=NS$ ), mentre l'interazione tra soggetti, condizione e giorno/notte conferma la significativa variabilità interindividuale ( $F_{11,49}=16.50$ ;  $p<.01$ ) ma esclude l'influenza degli altri due fattori.

Nel settore **Regionale**, il confronto tra guida delle automotrici e delle elettromotrici in funzione del periodo del giorno (turni diurni e turni notturni) e della condizione (Base vs. Vacma nelle automotrici, Base vs. SCMT nelle elettromotrici) non ha evidenziato alcuna differenza significativa per nessuna delle diverse condizioni e interazioni possibili, con l'unica eccezione di una significativa differenza nel rapporto LF/HF tra turni diurni e turni notturni alla guida delle automotrici (tabella 34), ad indicare un aumento dell'attivazione simpatica, verosimilmente connesso con la necessità del risveglio nel cuore della notte (alle 03) per effettuare il turno del mattino presto.

*Tabella 34: Rapporto LF/HF (relativa deviazione standard) nel corso dei turni diurni e notturni nei macchinisti del settore Regionale alla guida delle automotrici e delle elettromotrici.*

	Giorno	Notte	<i>t</i>	<i>p</i>
<b>Automotrice</b>	8.3 (2.9)	5.8 (2.9)	1.87	<.05
<b>Elettromotrice</b>	7.3 (2.7)	7.1 (2.7)	0.19	NS

In sintesi quindi, per quanto riguarda la risposta cardiaca è emerso che:

- Il "costo cardiaco" del lavoro risulta essere di grado "lieve / moderato";
- vi sono significative differenze in termini di frequenza cardiaca durante il lavoro da parte dei diversi soggetti, in relazione a diversi atteggiamenti di tipo vago-tonico o simpatico-tonico;
- non vi sono significative differenze in relazione al gruppo di età;
- la risposta cardiaca differisce significativamente tra giorno e notte;
- non vi sono differenze significative tra i diversi settori (Regionale, Cargo, Passeggeri);
- non vi sono differenze significative tra le diverse condizioni (Base, Vacma, SCMT);
- non vi sono differenze significative tra la prima e la seconda parte del turno di guida;

h) la variabilità della frequenza cardiaca (HRV) non presenta alcuna relazione né con il settore lavorativo né con la condizione di lavoro (Base, Vacma, SCMT); essa peraltro conferma la significativa variabilità interindividuale e testimonia dello sforzo adattativo richiesto per il lavoro notturno.

Si fa notare il fatto che nonostante il disegno sperimentale scelto per l'indagine (misure ripetute su pochi soggetti) fosse finalizzato a ridurre al minimo l'interferenza della variabilità interindividuale, tale fattore presenta ancora un significativo effetto, a testimonianza dell'importanza della risposta individuale allo stress. Tale effetto sarebbe stato amplificato nel caso di impiego del disegno alternativo (unica misura su molti soggetti diversi), il che avrebbe mascherato o distorto la comprensione di ogni altro eventuale effetto da parte degli altri fattori in esame.



## C. DOSAGGI ORMONALI

### C.1. CORTISOLO

Esso è un indicatore di risposta psico-biologica allo stress, attuata mediante l'attivazione dell'asse ipotalamo-ipofisi-surrene. In condizioni di normale "sonno notturno / veglia diurna" esso presenta una curva circadiana (giornaliera) con valori più alti al mattino presto con valori serici tra 266 e 720 nmol/L, e valori più bassi alla sera, con livelli oscillanti tra 50 e 350 nmol/L.

Esso quindi costituisce anche un indicatore di normale sincronizzazione circadiana e/o eventuale perturbazione della stessa in relazione a modificazioni del ritmo sonno/veglia che possono essere dovute sia a cause esogene (ad es. lavoro notturno, jet-lag) che endogene (patologie ormonali o di altro tipo).

La concentrazione urinaria di cortisolo nel campione di urine raccolto alla fine del turno è stata determinata mediante metodo radioimmunologico CORTISOL RIA della Ditta Immunotech ed espressa in mcg/dl.

I 72 dosaggi hanno presentato un range variante da un minimo di 1.5 a un massimo di 37.77 mcg/dl, con una media di 7.56 e una deviazione standard di 6.57.

La tabella 35 presenta la media generale (con relativa deviazione standard e range) per ciascun soggetto esaminato, ricavata dall'insieme di tutti i dosaggi effettuati, e fa rilevare una discreta variabilità interindividuale nei livelli di escrezione, con due soggetti (no. 7 e no. 8) che presentano valori nettamente più elevati in tutte le condizioni, verosimilmente in relazione a caratteristiche fisiologiche personali, testimoniato anche dal fatto che entrambi i soggetti sono del gruppo di età più giovane (30-40), mentre gli altri soggetti più anziani dello stesso settore presentano valori medi globali e range analoghi a tutti i macchinisti degli altri settori e gruppi di età, come si evidenzia dalla tabella 36.

L'analisi della varianza quindi indica una analoga differenza statisticamente significativa sia tra settori ( $F_{2,63}=5.55$ ;  $p<0.01$ ), che ancor più tra gruppi di età ( $F_{2,63}=7.65$ ;  $p<0.01$ ), e ovviamente una significativa interazione tra i due fattori "settore" ed "età" ( $F_{4,63}=5.13$ ;  $p<0.01$ ), attribuibile ai due soggetti:

Tabella 35: Valori medi (con deviazione standard e range) di escrezione urinaria di cortisolo alla fine di tutti i turni effettuati.

Soggetto	Media	sd	Min - max
1	6.19	3.18	1.57 - 10.28
2	4.17	1.75	1.50 - 6.95
3	6.88	2.92	2.52 - 9.46
4	5.45	1.72	1.72 - 8.80
5	5.48	2.23	3.07 - 8.66
6	5.92	3.6	2.20 - 12.00
7	12.95	5.76	5.15 - 21.25
8	23.04	10.72	12.53 - 37.77
9	7.02	3.91	3.15 - 11.10
10	6.95	3.07	4.30 - 11.00
11	5.05	3.32	1.70 - 9.20
12	2.80	1.50	1.70 - 5.00

Tabella 36. Valori medi (sd) di escrezione urinaria di cortisolo in relazione a settore ed età.

	Età			Tutti
	30-40	40-50	50-60	
Regionale	6.18 (3.18)	5.52 (2.72)	5.45 (2.23)	5.67 (2.66)
Cargo	18.00 (9.75)	5.92 (3.60)	5.48 (2.23)	11.85 (9.42)
Passeggeri	6.95 (3.07)	2.80 (1.50)	6.04 (3.52)	5.46 (3.28)
Totale	12.22 (9.20)	5.20 (2.90)	5.67 (2.66)	7.68 (6.55)

Onde verificare che tale differenza tra "settori" fosse attribuibile unicamente a questi due soggetti, e non a una condizione specifica di "settore", si è proceduto ad un'ulteriore analisi mediante calcolo della differenza di ciascun valore, registrato in ogni soggetto nelle diverse condizioni, rispetto alla media globale di tutti i valori del soggetto stesso (punteggi Z): in tal modo si sono confrontate le variazioni "relative" di ogni soggetto rispetto a sé stesso e non più per dati assoluti. L'analisi della varianza indica che non vi è più alcuna differenza statisticamente significativa né tra settori ( $F_{2,63}=0.11$ ;  $p=NS$ ) né tra gruppi di età ( $F_{2,63}=0.24$ ;  $p=NS$ ), confermando così che i valori più elevati costituiscono una caratteristica personale dei due soggetti sopra menzionati.

Il confronto, in generale, tra turni di lavoro effettuati nelle ore diurne e nelle ore notturne evidenzia valori più elevati alla fine dei turni diurni, sia come media che come valore di picco (Tabella 37), ma con differenza non statisticamente significativa ( $t = 1.344$ ,  $p = .092$ ): ciò ad indicare come sia ancora presente l'influsso del ritmo circadiano, ma nettamente controbilanciato dallo sforzo adattativo richiesto per la veglia notturna; sulla base dell'influenza del solo ritmo circadiano infatti, ci si sarebbe aspettata una differenza nettamente maggiore e statisticamente significativa.

Tabella 37: Escrezione urinaria di cortisolo alla fine di tutti i turni effettuati di Giorno e di Notte.

	Giorno	Notte
Media	8.71	6.65
Dev. St.	8.30	4.00
Min	1.70	1.50
Max	37.77	14.95

Valutando globalmente l'interazione tra settore lavorativo e attività diurna e notturna (Tabella 38), si rilevano delle differenze significative dovute essenzialmente al fattore "settore" ( $F_{2,66} = 9.14$ ;  $p < .001$ ) in ragione dei due soggetti sopracitati, ma non alla situazione "Giorno/Notte" ( $F_{1,66} = 1.46$ ;  $p = \text{NS}$ ); quest'ultima infatti presenta maggiori livelli diurni nel settore "Cargo" e, in minor misura, nel settore "Regionale", mentre vi sono livelli leggermente maggiori di notte nel settore "Passeggeri". In relazione a tali contrastanti riscontri, l'interazione tra "settore" e "giorno/notte" non risulta statisticamente significativa ( $F_{2,66} = 1.30$ ;  $p = \text{NS}$ ). Anche in questo caso, la verifica delle differenze interne a ciascun soggetto (punteggi Z) non fa più rilevare la differenza tra settori ( $F_{2,66} = 0.12$ ;  $p = \text{NS}$ ), mentre è al limite della significatività quella tra giorno e notte ( $F_{2,66} = 3.28$ ;  $p = .074$ ).

Tabella 38: Escrezione media (e relativa deviazione standard) di cortisolo alla fine dei turni diurni e notturni nei tre settori di lavoro.

	Giorno	Notte	T	p
Regionale	6.33 (2.41)	4.81 (2.69)	1.901	<.05
Cargo	14.23 (12.53)	9.47 (4.04)	1.251	NS
Passeggeri	4.82 (2.20)	6.09 (3.28)	-0.766	NS

Nel settore "Regionale" si è ulteriormente approfondito il confronto tra guida delle automotrici, sulla linea Verona-Rovigo, e delle elettromotrici, sulla linea Verona-Milano. In generale (Tabella 39) vi è una maggiore escrezione di cortisolo con l'automotrice, mentre il confronto tra turni diurni e turni notturni evidenzia una riduzione significativa nel caso dell'elettromotrice, ma non nel caso dell'automotrice, in relazione al fatto che, come già accennato per la risposta cardiaca, nel primo caso le corse erano effettuate nel cuore della notte (e quindi maggiormente influenzate dal ritmo circadiano).

Tabella 39: Escrezione media (e relativa deviazione standard) di cortisolo alla fine dei turni diurni e notturni nei macchinisti del settore Regionale alla guida delle automotrici e delle elettromotrici.

	Giorno	Notte	totale	t	p
<b>Automotrice</b>	7.12 (2.65)	6.67 (2.57)	6.90 (2.53)	0.345	NS
<b>Elettromotrice</b>	5.93 (2.13)	2.95 (1.01)	4.44 (2.23)	3.574	<.01
t (p)	0.987 (NS)	3.815 (<.001)			

Il confronto tra le tre condizioni (Base, Vacma, SCMT) globalmente considerate (Tabella 40) non evidenzia livelli di escrezione di cortisolo significativamente differenti ( $F_{2,69}=0.79$ ;  $p=NS$ ) pur risultando in media leggermente superiori nella condizione "Vacma" rispetto alla condizione "SCMT" e alla condizione "Base".

Tabella 40: Valori medi (con deviazione standard e range) di escrezione urinaria di cortisolo in relazione alle tre condizioni di lavoro.

	Media (ds)	Min - Max
<b>Base</b>	6.95 (5.15)	1.57 - 27.48
<b>Vacma</b>	9.45 (7.50)	2.20 - 31.76
<b>SCMT</b>	7.48 (7.56)	1.50 - 37.77

Analizzando anche le differenze tra giorno e notte nelle tre condizioni di guida ("Base", "Vacma", "SCMT") (Tabella 41), si riconfermano analoghe differenze tra giorno e notte in tutte e tre le condizioni, con valori maggiori nei turni diurni rispetto ai notturni, senza peraltro raggiungere la significatività statistica; così come non risulta significativo il confronto tra le 3 condizioni sia di giorno che di notte.

Tabella 41: Escrezione media (e relativa deviazione standard) di cortisolo alla fine dei turni diurni e notturni nelle tre condizioni di lavoro.

	Giorno	Notte	t (p)
Base	7.61 (6.08)	6.29 (4.10)	.716 (NS)
Vacma	10.75 (10.35)	8.15 (3.08)	.680 (NS)
SCMT	8.84 (9.78)	6.13 (4.45)	.874 (NS)

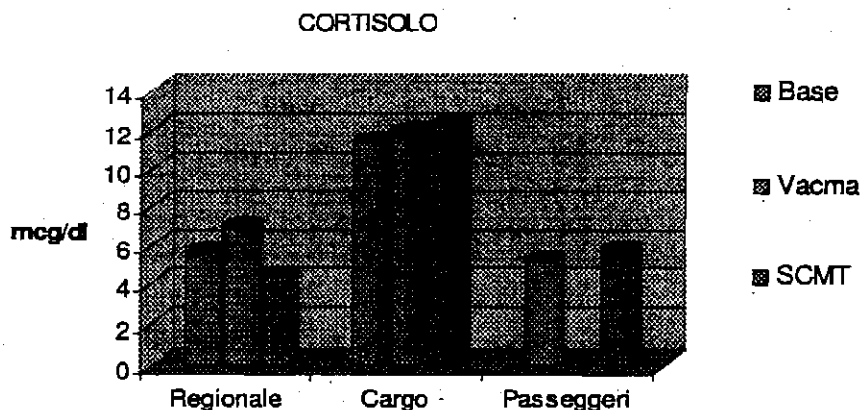
Valutando l'interazione tra settore lavorativo e condizione (Base, Vacma, SCMT) (Tabella 42) non si rileva un'interazione statisticamente significativa ( $F_{3,64}=0.19$ ;  $p=NS$ ), in quanto al di là dell'effetto spurio del "settore" ( $F_{2,64}=7.63$ ;  $p<0.01$ ), imputabile ai due soggetti giovani ad elevata escrezione presenti nel settore Cargo, non emerge alcuna influenza significativa da parte del fattore "condizione" ( $F_{2,64}=0.16$ ;  $p=NS$ ). Inoltre, l'analisi delle differenze relative a ciascun soggetto (punteggi Z) non evidenzia nessun effetto significativo anche nel settore Cargo" ( $F_{2,64}=0.24$ ;  $p=NS$ ).

I quattro macchinisti di tale settore non presentano peraltro differenze nella loro escrezione di cortisolo nelle tre condizioni (Base, Vacma, Scmt), mentre appare esserci una modesta differenza nel settore Regionale, con maggiore escrezione nella condizione "Vacma" e minore nella condizione "Scmt"; il contrario si osserva nel settore Passeggeri, dove invece è leggermente maggiore, ma non significativa, l'escrezione in condizione "SCMT" rispetto alla condizione "Base" (Figura 14).

Tabella 42: Escrezione media (e relativa deviazione standard) di cortisolo in relazione al settore e alla condizione di lavoro.

	Condizione			Totale
	Base	Vacma	SCMT	
Regionale	5.65 (2.88)	6.98 (2.00)	4.41 (2.40)	5.67 (2.66)
Cargo	11.34 (7.54)	11.91 (10.13)	12.29 (11.49)	11.85 (9.42)
Passeggeri	5.16 (3.66)		5.75 (3.09)	5.46 (3.28)
Tutti	6.95 (5.15)	9.45 (7.50)	7.48 (7.56)	7.68 (6.55)

Figura 14: Escrezione urinaria media di cortisolo in relazione a settore e condizione di guida



Analizzando più in particolare il settore "Regionale" (Tabella 43), nelle due diverse tipologie di guida (automotrice ed elettromotrice) e nelle tre condizioni (Base, Vacma, SCMT), non si osservano in entrambi i casi differenze significative nei confronti della rispettiva condizione "Base", ossia né per la condizione "Vacma" sull'automotrice ( $t = 0.064$ ,  $p=NS$ ), né per la condizione "SCMT" sull'elettromotrice ( $t = -0.128$ ,  $p=NS$ ).

Tabella 43: Escrezione media (e relativa deviazione standard) di cortisolo nei macchinisti del settore Regionale in relazione al tipo di motrice e alla condizione di lavoro.

	Condizione		
	Base	Vacma	SCMT
<b>Elettromotrice</b>	4.48 (2.21)		4.41 (2.40)
<b>Automotrice</b>	6.81 (3.12)	6.98 (2.00)	

Valutando infine l'interazione tra i tre fattori in esame ("Settore", "Condizione" e "giorno/notte") (Tabella 44), l'analisi dei dati grezzi conferma la significativa influenza del "Settore" ( $F_{2,66}=8.02$ ;  $p<0.001$ ), una moderata ma non significativa influenza del fattore "Giorno/notte" ( $F_{1,66}=2.17$ ;  $p=NS$ ), e la non influenza del fattore "Condizione" ( $F_{2,66}=0.15$ ;  $p=NS$ ). D'altro canto il confronto tra le differenze in relazione a ciascun soggetto (punteggi Z) non evidenzia l'influenza del fattore "settore" ( $F_{2,66}=0.23$ ;  $p=NS$ ), ma conferma quella del fattore "Giorno/Notte" ( $F_{2,66}=4.69$ ;  $p<0.05$ ).

*Tabella 44: Escrezione media (e relativa deviazione standard) di cortisolo in relazione a settore, condizione e periodo di lavoro*

<i>Periodo</i>	<b>Giorno</b>			<b>Notte</b>		
<i>Condizione</i>	<b>Base</b>	<b>Vacma</b>	<b>SCMT</b>	<b>Base</b>	<b>Vacma</b>	<b>SCMT</b>
<i>Settore</i>						
<b>Regionale</b>	6.75 (2.85)	6.52 (2.35)	6.09 (2.00)	4.54 (2.60)	7.45 (1.80)	2.73 (1.37)
<b>Cargo</b>	12.32 (10.57)	14.97 (14.03)	15.38 (16.13)	10.36 (4.26)	8.86 (4.20)	9.20 (4.73)
<b>Passeggeri</b>	4.59 (3.25)		5.05 (0.77)	5.74 (4.44)		6.45 (4.51)

In relazione alla citata variabilità interindividuale, che costituisce il fattore di confondimento sulla significatività relativa al fattore "settore", si è effettuata anche una ANOVA a tre vie per misure ripetute sull'interazione tra i fattori "soggetto", "condizione" e "giorno/notte"; essa conferma la significativa influenza del fattore "soggetto" ( $F_{11,49}=8.66$ ;  $p<.001$ ), ed evidenzia anche una certa influenza del fattore "Giorno/notte" ( $F_{1,49}=3.56$ ;  $p=.065$ ), ma ribadisce la non influenza del fattore "Condizione" ( $F_{2,49}=0.54$ ;  $p=.584$ ).

In sintesi quindi, per quanto riguarda l'escrezione di cortisolo è emerso che:

- vi sono significative differenze tra i diversi soggetti;
- non vi sono significative differenze in relazione al gruppo di età;
- essa presenta una evidente riduzione della fisiologica differenza tra ore diurne e ore notturne, essendo il ritmo circadiano parzialmente mascherato dallo sforzo adattativo richiesto per la veglia notturna;
- non vi sono differenze significative tra i diversi settori (Regionale, Cargo, Passeggeri);
- non vi sono differenze significative tra le diverse condizioni (Standard, Vacma, SCMT);
- nel settore Regionale vi è una maggiore escrezione di cortisolo nella guida delle automotrici rispetto alle elettromotrici.

## C.2. ADRENALINA

E' un indicatore di risposta psico-biologica allo stress, in particolare dell'attivazione del sistema orto-simpatico, come anche la nor-adrenalina.

Essa indica maggiormente la risposta alle sollecitazioni (stress) di tipo mentale, mentre la nor-adrenalina riflette maggiormente l'attivazione conseguente allo stress di tipo fisico.

Anch'essa presenta un ritmo circadiano in relazione alla normale alternanza sonno/veglia, con valori più elevati nelle ore diurne e valori bassi nelle ore notturne.

E' un indicatore meno preciso del cortisolo nei riguardi della sincronizzazione circadiana dell'individuo in quanto risente molto delle singole sollecitazioni/stimolazioni con risposte immediate ed elevate. E' pertanto usato come indicatore di stress acuto.

La concentrazione urinaria di adrenalina, espressa in nmol/L, è stata determinata mediante gascromatografia liquida ad elevate prestazioni (HPLC) con colonna a scambio cationico e rilevatore fluorimetrico (Maycock PF, Frayn KN. Clin Chem 1987, 33, 286-287)

I 72 dosaggi hanno presentato un range variante da un minimo di 7 a un massimo di 240 nmol/L, con una media di 73.45 e una deviazione standard di 56.95.

La tabella 45 presenta la media generale (con relativa deviazione standard e range) per ciascun soggetto esaminato, ricavata dall'insieme di tutti i dosaggi effettuati. Anche in questo caso si rileva una discreta variabilità interindividuale nei livelli di escrezione: in particolare i due soggetti (no. 7 e no. 8), già segnalati per il cortisolo, presentano valori nettamente più elevati in tutte le condizioni.

Conseguentemente, anche in questo caso, l'analisi della varianza indica un'interazione significativa tra settore lavorativo e gruppo di età ( $F_{4,63}=14.80$ ;  $p<.001$ ) con differenze statisticamente significative sia tra settori ( $F_{2,63}=8.37$ ;  $p<.001$ ), che ancor più tra gruppi di età ( $F_{2,63}=13.14$ ;  $p<.001$ ), attribuibile a tali due soggetti (Tabella 46).



Tabella 45: Valori medi (con deviazione standard e range) di escrezione urinaria di adrenalina alla fine di tutti i turni effettuati.

Soggetto	Media	sd	Min - max
1	69.63	35.93	25 - 126
2	61.63	21.84	31 - 90
3	101.13	47.69	46 - 194
4	42.88	24.20	21 - 87
5	51.33	19.00	32 - 81
6	24.83	16.69	7 - 50
7	195.50	28.26	150 - 232
8	143.83	55.76	103 - 240
9	22.75	8.38	15 - 30
10	37.25	3.30	35 - 42
11	43.50	22.31	13 - 66
12	33.75	15.65	21 - 53

Tabella 46. Valori medi (sd) di escrezione urinaria di adrenalina in relazione a settore ed età.

	Età			Tutti
	30-40	40-50	50-60	
<b>Regionale</b>	69.63 (35.93)	81.38 (41.23)	42.88 (24.20)	68.81 (38.75)
<b>Cargo</b>	169.67 (50.04)	24.83 (16.69)	51.33 (19.00)	103.88 (77.10)
<b>Passeggeri</b>	37.25 (3.30)	33.75 (15.65)	33.13 (19.14)	34.31 (15.01)
<b>Totale</b>	114.25 (70.13)	61.00 (42.47)	41.64 (21.41)	72.83 (57.42)

Anche in questo caso, onde verificare che tale differenza tra "settori" fosse attribuibile unicamente a singoli soggetti, e non a una condizione specifica di "settore", si è proceduto ad un'ulteriore analisi mediante calcolo della differenza di ciascun valore registrato in ogni soggetto nelle diverse condizioni rispetto alla media globale di tutti i valori del soggetto stesso (punteggi Z): in tal modo si sono confrontate le variazioni "relative" di ogni soggetto rispetto a sé stesso e non più per dati assoluti. L'analisi della varianza indica che non vi è più alcuna differenza statisticamente significativa né tra settori ( $F_{2,63}=0.09$ ;  $p=NS$ ) né tra

gruppi di età ( $F_{2,63}=0.10$ ;  $p=NS$ ), confermando così che i valori più elevati si riferiscono a caratteristiche individuali di singole persone.

Il confronto generale tra attività nelle ore diurne e nelle ore notturne evidenzia una differenza statisticamente significativa ( $t_{paired} = 2.788$ ,  $p<.01$ ), con valori nettamente più elevati nei turni diurni rispetto a quelli notturni (Tabella 47). Ciò può essere in relazione sia al diverso carico di lavoro che al normale ritmo circadiano di escrezione (più alto nelle ore diurne).

Tabella 47: Escrezione urinaria di adrenalina alla fine di tutti i turni effettuati di Giorno e di Notte.

	Giorno	Notte
<b>Media</b>	<b>90.86</b>	<b>54.81</b>
<b>Dev. St.</b>	<b>59.93</b>	<b>49.26</b>
<b>Min</b>	<b>28</b>	<b>7</b>
<b>Max</b>	<b>240</b>	<b>218</b>

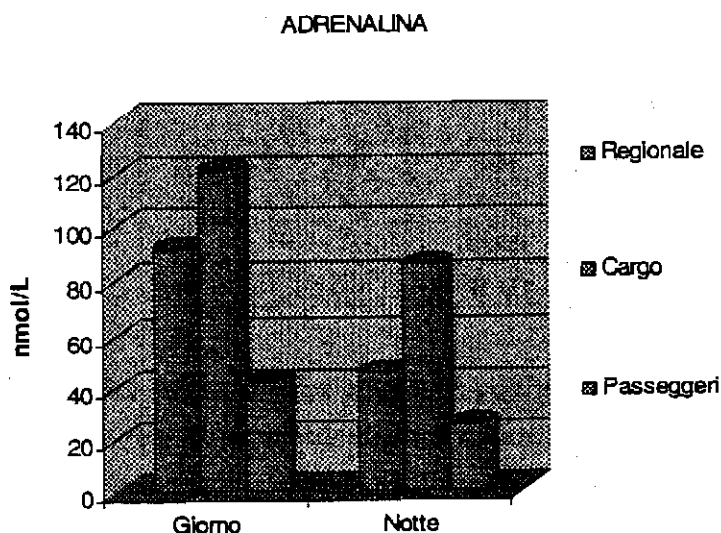
Valutando globalmente l'interazione tra settore lavorativo e attività diurna e notturna (Tabella 48) si rilevano delle differenze significative dovute sia al settore ( $F_{2,68}=9.71$ ;  $p<.001$ ), per le considerazioni fatte sopra, che alla situazione "Giorno/Notte" ( $F_{1,68}=7.34$ ;  $p<.01$ ). Vi è infatti una netta differenza tra giorno e notte in tutti e tre i settori, con il settore "Cargo" che presenta valori medi nettamente superiori in entrambe le condizioni, rispetto al settore "Regionale" e al settore "Passeggeri" (Figura 15).

Anche in questo caso, la verifica delle differenze interne a ciascun soggetto (punteggi Z) non fa più rilevare la differenza tra settori ( $F_{2,66}=0.09$ ;  $p=NS$ ), mentre si conferma una differenza nettamente significativa tra giorno e notte ( $F_{2,66}=35.58$ ;  $p<.001$ ).

Tabella 48: Escrezione media (e relativa deviazione standard) di adrenalina alla fine dei turni diurni e notturni nei tre settori di lavoro.

	Giorno	Notte	T	p
<b>Regionale</b>	91.75 (39.77)	45.88 (19.99)	4.123	<.001
<b>Cargo</b>	121.75 (80.34)	86.00 (72.65)	1.143	NS
<b>Passeggeri</b>	42.75 (12.03)	25.88 (13.24)	2.668	<.01

Figura 15 : Escrezione urinaria media di adrenalina in relazione a settore e turni diurni e notturni



Nel settore "Regionale" si è ulteriormente approfondito il confronto tra guida delle automotrici (663 e 668), sulla linea Verona-Rovigo, e delle elettromotrici sulla linea Verona-Milano.

In generale (Tabella 49) non vi è alcuna significativa differenza nell'escrezione di adrenalina tra la guida delle automotrici e delle elettromotrici, mentre il confronto tra turni diurni e turni notturni conferma una differenza significativa sia nel caso delle automotrici che delle elettromotrici.

Tabella 49: Escrezione media (e relativa deviazione standard) di adrenalina alla fine dei turni diurni e notturni nei macchinisti del settore Regionale alla guida delle automotrici e delle elettromotrici.

	Giorno	Notte	totale	t	p
Automotrice	93.88 (29.91)	42.75 (19.78)	68.31 (36.02)	4.032	<.001
Elettromotrice	89.63 (49.84)	49.00 (21.03)	69.31 (42.49)	2.124	<.05
t (p)	-0.207 (NS)	0.612 (NS)			

Il confronto tra le tre condizioni (Base, Vacma, SCMT) globalmente considerate (Tabella 50) non evidenzia livelli di escrezione di adrenalina significativamente differenti ( $F_{2,69}=0.36$ ;  $p=NS$ ), in relazione alla notevole variabilità interindividuale evidenziata dalla

larga deviazione standard, pur risultando anche in questo caso in media leggermente superiori nella condizione "Vacma" rispetto alla condizione "SCMT" e alla condizione "Base".

Tabella 50: Valori medi (con deviazione standard e range) di escrezione urinaria di adrenalina in relazione alle tre condizioni di lavoro.

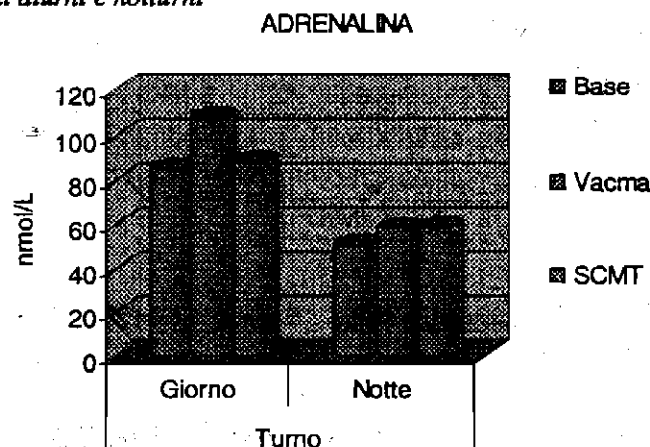
	Media (ds)	Min - Max
Base	67.56 (44.57)	8 - 193
Vacma	82.69 (59.69)	7 - 193
SCMT	73.29 (71.19)	16 - 240

Analizzando anche le differenze tra giorno e notte nelle tre condizioni di guida ("Base", "Vacma", "SCMT") (Tabella 51), si riconfermano analoghe differenze tra giorno e notte in tutte e tre le condizioni, con valori maggiori nei turni diurni rispetto ai notturni, mentre non vi sono differenze significative tra le tre condizioni né di giorno né di notte (Figura 16).

Tabella 51: Escrezione media (e relativa deviazione standard) di adrenalina alla fine dei turni diurni e notturni nelle tre condizioni di lavoro.

	Turno		t (p)
	Giorno	Notte	
Base	84.81 (38.74)	50.31 (44.39)	2.34 (<.02)
Vacma	107.38 (61.21)	58.00 (49.96)	1.77 (<.05)
SCMT	87.92 (82.08)	58.67 (58.25)	1.01 (NS)

Figura 16: Escrezione urinaria media di adrenalina in relazione alla condizione di guida e ai turni diurni e notturni



Valutando l'interazione tra settore lavorativo e condizione di guida (Base, Vacma, SCMT) (Tabella 52) permane significativa la differenza tra settori ( $F_{2,64}=7.95$ ;  $p<.001$ ), ma non tra "Condizioni" ( $F_{2,64}=0.14$ ;  $p=NS$ ), essendo il dato sempre influenzato da alcuni soggetti ad elevata escrezione (come evidenziato dall'elevata varianza). A riprova di ciò, l'analisi delle differenze relative a ciascun soggetto (punteggi Z) non evidenzia nessun effetto significativo anche per il fattore "settore" ( $F_{2,64}=0.12$ ;  $p=NS$ ).

Tabella 52: Escrezione media (e relativa deviazione standard) di adrenalina in relazione al settore e alla condizione di lavoro.

	Condizione			Totale
	Base	Vacma	SCMT	
<b>Regionale</b>	70.06 (28.97)	68.75 (43.88)	66.38 (53.99)	<b>68.81 (38.75)</b>
<b>Cargo</b>	96.38 (66.26)	96.63 (72.57)	118.63 (97.49)	<b>103.88 (77.10)</b>
<b>Passeggeri</b>	33.75 (18.44)		34.88 (11.91)	<b>34.31 (15.01)</b>
<b>Tutti</b>	<b>67.56 (44.57)</b>	<b>82.69 (59.69)</b>	<b>73.29 (71.19)</b>	<b>72.83 (57.42)</b>

Analizzando più in particolare il settore "Regionale" (Tabella 53), nelle due diverse tipologie di guida (automotrice ed elettromotrice) e nelle tre condizioni (Base, Vacma, SCMT), non si osservano in entrambi i casi differenze significative rispetto alla rispettiva condizione Base, ossia né per la condizione "Vacma" sull'automotrice ( $t = -0.047$ ;  $p=NS$ ), né per la condizione SCMT sull'elettromotrice ( $t = 0.268$ ;  $p=NS$ ).

Tabella 53: Escrezione media (e relativa deviazione standard) di adrenalina nei macchinisti del settore Regionale in relazione al tipo di motrice e alla condizione di lavoro.

	Condizione		
	Base	Vacma	SCMT
<b>Elettromotrice</b>	72.25 (30.56)		66.38 (42.49)
<b>Automotrice</b>	67.88 (29.22)	68.75 (43.88)	

Valutando infine l'interazione tra i tre fattori in esame ("Settore", "Condizione" e "Giorno/Notte") (Tabella 54), l'analisi dei dati grezzi conferma la significativa influenza dei fattori "Settore" ( $F_{2,66}=9.28$ ;  $p<.001$ ) e "Giorno/notte" ( $F_{1,66}=9.50$ ;  $p=NS$ ), e la non influenza del fattore "Condizione" ( $F_{2,66}=0.16$ ;  $p=NS$ ).

D'altro canto, il confronto tra le differenze in relazione a ciascun soggetto (punteggi Z) esclude l'influenza del fattore "settore" ( $F_{2,66}=0.25$ ;  $p=NS$ ), così come del fattore "Condizione" ( $F_{2,66}=0.73$ ;  $p=NS$ ), ma conferma nettamente quella del fattore "Giorno/Notte" ( $F_{2,66}=44.51$ ;  $p<0.05$ ).

Tabella 54: Escrezione media (e relativa deviazione standard) di adrenalina in relazione a settore, condizione e periodo di lavoro.

Periodo	Giorno			Notte		
Condizione	Base	Vacma	SCMT	Base	Vacma	SCMT
Settore						
Regionale	92.6 (16.97)	96.3 (42.9)	85.5 (72.9)	47.5 (18.7)	41.3 (25.2)	47.3 (22.5)
Cargo	107.5 (61.4)	118.5 (81.1)	139.3 (112.4)	85.3 (78.4)	74.8 (66.6)	98.0 (20.0)
Passeggeri	46.5 (16.2)		39.0 (6.2)	21.0 (9.9)		30.8 (15.7)

Come nel caso del cortisolo, in relazione alla citata variabilità interindividuale, che costituisce il fattore di confondimento sulla significatività relativa al "Settore", si è proceduto all'ANOVA a tre vie per misure ripetute sull'interazione tra il fattore "Soggetto", "Condizione" e "Giorno/Notte". Essa ha confermato una notevole influenza significativa sia del fattore "Soggetto" ( $F_{11,49}=26.34$ ;  $p<0.001$ ) sia del fattore "Giorno/notte" ( $F_{1,49}=31.53$ ;  $p<0.001$ ), ma non ha rilevato alcuna influenza del fattore "Condizione" ( $F_{2,49}=0.62$ ;  $p=NS$ ).

In sintesi quindi, per quanto riguarda l'escrezione di adrenalina è emerso che:

- vi sono significative differenze tra i diversi soggetti;
- non vi sono significative differenze in relazione al gruppo di età;
- vi è una differenza significativa tra ore diurne e ore notturne, con maggiore escrezione nei turni diurni;
- non vi sono differenze significative tra i diversi settori (Regionale, Cargo, Passeggeri);
- non vi sono differenze significative tra le diverse condizioni (Standard, Vacma, SCMT).

### C. 3. NOR-ADRENALINA

Come l'adrenalina, essa è un indicatore di risposta psico-biologica allo stress, in particolare dell'attivazione del sistema orto-simpatico.

Essa indica maggiormente la risposta alle sollecitazioni (stress) di tipo fisico, mentre la secrezione di adrenalina risente maggiormente dell'attivazione conseguente allo stress di tipo mentale. Anch'essa presenta un ritmo circadiano in relazione alla normale alternanza sonno/veglia, con valori più elevati nelle ore diurne e valori bassi nelle ore notturne.

Al pari dell'adrenalina è un indicatore meno preciso del cortisolo nei riguardi della sincronizzazione circadiana dell'individuo in quanto risente molto delle singole sollecitazioni/stimolazioni con risposte immediate ed elevate. E' pertanto usato come indicatore di stress acuto.

Come per l'adrenalina, la concentrazione urinaria di nor-adrenalina, espressa in nmol/L, è stata determinata mediante gascromatografia liquida ad elevate prestazioni (HPLC) con colonna a scambio cationico e rilevatore fluorimetrico (Maycock PF, Frayn KN. Clin Chem 1987, 33, 286-287).

I 72 dosaggi hanno presentato un range variante da un minimo di 99 a un massimo di 1054 nmol/L, con una media di 349.69 e una deviazione standard di 170.88 nmol/L.

La tabella 55 presenta la media generale (con relativa deviazione standard e range) per ciascun soggetto esaminato, ricavata dall'insieme di tutti i dosaggi effettuati. Anche in questo caso si rileva una discreta variabilità interindividuale nei livelli di escrezione, ma meno accentuato rispetto agli altri due ormoni, con un solo soggetto (no. 7) che presenta abitualmente valori nettamente più elevati in tutte le condizioni, in relazione a caratteristiche personali.

L'analisi della varianza dei valori assoluti non indica una differenza statisticamente significativa né tra settori ( $F_{2,63}=1.04$ ;  $p=NS$ ), né tra gruppi di età ( $F_{2,63}=2.14$ ;  $p=NS$ ), così come non vi è interazione tra i due fattori ( $F_{4,63}=2.00$ ;  $p=NS$ ); si rileva soltanto che i soggetti più giovani presentano un'escrezione leggermente più elevata rispetto a quelli di età superiore (Tabella 56).

Anche l'analisi dei punteggi Z di ciascun soggetto non evidenzia alcuna relazione statisticamente significativa nell'escrezione di nor-adrenalina in funzione sia del settore

( $F_{2,63}=0.03$ ;  $p=NS$ ) che del gruppo di età ( $F_{2,63}=1.53$ ;  $p=NS$ ), e anche non interazione tra i due fattori ( $F_{4,63}=1.35$ ;  $p=NS$ ).

*Tabella 55: Valori medi (con deviazione standard e range) di escrezione urinaria di nor-adrenalina alla fine di tutti i turni effettuati.*

Soggetto	Media	sd	Min - max
1	440.0	137.9	280 - 718
2	264.5	53.6	202 - 368
3	435.9	182.5	179 - 681
4	301.6	98.2	146 - 433
5	282.7	143.1	181 - 550
6	271.8	60.9	218 - 383
7	637.0	283.8	302 - 1054
8	293.0	78.0	195 - 405
9	418.3	104.7	276 - 506
10	509.8	63.9	191 - 342
11	346.3	119.3	222 - 459
12	226.8	40.1	167 - 253

*Tabella 56. Valori medi (e sd) di escrezione urinaria di nor-adrenalina in relazione a settore ed età.*

	Età			Tutti
	30-35	40-45	50-55	
<b>Regionale</b>	440.0 (137.9)	350.2 (162.7)	301.6 (98.2)	360.5 (147.8)
<b>Cargo</b>	465.0 (267.7)	271.8 (60.9)	282.7 (143.1)	371.1 (220.8)
<b>Passeggeri</b>	259.8 (63.9)	226.8 (40.1)	382.3 (110.8)	312.8 (110.3)
<b>Totale</b>	422.5 (215.0)	313.1 (138.9)	325.8 (119.0)	353.4 (168.5)

Il confronto tra attività nelle ore diurne e attività nelle ore notturne, in generale, mostra una differenza al limite della significatività statistica ( $t_{paired} = 1.63$ ,  $p=.052$ ) tra le due situazioni (come rilevato anche per l'adrenalina, ma in misura più marcata), registrandosi anche in questo caso valori mediamente più alti di giorno che di notte (Tabella 57).

Ciò può essere interpretato sia in funzione del normale ritmo circadiano (valori notturni più bassi fisiologicamente) che in relazione ad una maggior attività fisica svolta durante i turni diurni rispetto a quelli notturni.



Tabella 57: Escrezione urinaria di nor-adrenalina alla fine di tutti i turni effettuati di Giorno e di Notte.

	Giorno	Notte
<b>Media</b>	<b>385.5</b>	<b>321.3</b>
<b>Dev. St.</b>	<b>139.7</b>	<b>189.7</b>
<b>Min</b>	<b>191</b>	<b>146</b>
<b>Max</b>	<b>718</b>	<b>1054</b>

Valutando l'interazione tra settore lavorativo e attività diurna e notturna (Tabella 58) non si rilevano interazioni significative in generale ( $F_{2,66}=1.63$ ;  $p=NS$ ), né in relazione al "settore" ( $F_{2,66}=0.65$ ;  $p=NS$ ), né alla situazione "Giorno/Notte" ( $F_{1,66}=1.6$ ;  $p=NS$ ); solo nel settore "Regionale" si è osservata una significativa differenza tra turni diurni e turni notturni, verosimilmente imputabile alle elevate temperature in cui si sono svolte le prove nelle ore diurne (maggiore sudorazione e maggiore concentrazione dell'urina).

Tabella 58: Escrezione media (e relativa deviazione standard) di nor-adrenalina alla fine dei turni diurni e notturni nei tre settori di lavoro.

	Giorno	Notte	T	p
<b>Regionale</b>	430.3 (159.9)	290.8 (96.0)	2.98	<.01
<b>Cargo</b>	361.4 (109.0)	380.8 (299.7)	-0.21	NS
<b>Passeggeri</b>	332.0 (123.7)	293.5 (99.5)	0.69	NS

Il confronto tra le tre condizioni (Base, Vacma, SCMT) globalmente considerate (Tabella 59) mostra livelli di escrezione di nor-adrenalina sostanzialmente identici in tutte e tre le condizioni ( $F_{2,69}=0.08$ ;  $p=NS$ ).

Tabella 59: Valori medi (con deviazione standard e range) di escrezione urinaria di nor-adrenalina in relazione alle tre condizioni di lavoro.

	Media (ds)	Min - Max
<b>Base</b>	358.7 (175.3)	167 - 1054
<b>Vacma</b>	359.9 (177.5)	146 - 718
<b>SCMT</b>	342.3 (159.7)	181 - 884

In riferimento ai turni diurni e notturni, si evidenzia una minore escrezione di nor-adrenalina in generale di Notte, come normalmente si verifica, con riscontri contrastanti nella condizione "Vacma", ove di giorno l'escrezione è maggiore rispetto alle altre due condizioni, mentre di notte è inferiore (Tabella 60).

Tabella 60: Escrezione media (e relativa deviazione standard) di nor-adrenalina alla fine dei turni diurni e notturni nelle tre condizioni di lavoro.

	Giorno	Notte	t (p)
<b>Base</b>	388.7 (139.9)	333.4 (206.3)	(NS)
<b>Vacma</b>	442.8 (152.4)	277.1 (169.2)	2.06 (<.05)
<b>SCMT</b>	349.7 (129.8)	334.8 (190.7)	(NS)

Nel settore "Regionale" si è ulteriormente approfondito il confronto tra guida delle automotrici, sulla linea Verona-Rovigo, e delle elettromotrici sulla linea Verona-Milano. In generale (Tabella 61) non vi è alcuna significativa differenza nell'escrezione di nor-adrenalina tra la guida delle automotrici e delle elettromotrici, mentre il confronto tra turni diurni e turni notturni conferma la differenza già segnalata, particolarmente nel caso delle automotrici.

Tabella 61: Escrezione media (e relativa deviazione standard) di nor-adrenalina alla fine dei turni diurni e notturni nei macchinisti del settore Regionale alla guida delle automotrici e delle elettromotrici.

	Giorno	Notte	totale	t	p
<b>Automotrice</b>	461.4 (158.8)	266.1 (115.6)	357.3 (130.3)	2.81	<.01
<b>Elettromotrice</b>	399.1 (165.4)	315.4 (70.7)	363.8 (146.09)	1.32	NS

Analizzando l'interazione tra settore lavorativo e condizione (Base, Vacma, Scmt) (Tabella 62) non vi sono differenze significative né tra settori ( $F_{2,64}=0.54$ ;  $p=NS$ ) né tra "condizioni" ( $F_{2,64}=0.03$ ;  $p=NS$ ) (Figura 17). Anche all'interno del settore Regionale non si rilevano differenze significative di escrezione nella guida dei due tipi di motrice (Tabella 63).

Tabella 62: Escrezione media (e relativa deviazione standard) di nor-adrenalina in relazione al settore e alla condizione di lavoro.

	Condizione			Totale
	Base	Vacma	SCMT	
<b>Regionale</b>	374.5	374.8	318.3	360.5 (147.8)
<b>Cargo</b>	373.5	345.1	394.8	371.1 (220.8)
<b>Passeggeri</b>	311.8		313.8	312.8 (110.3)
<b>Tutti</b>	358.6 (175.3)	359.9 (177.5)	342.3 (159.7)	353.4 (168.5)

Figura 17: Escrezione urinaria media di nor-adrenalina in relazione al settore e alla condizione di guida

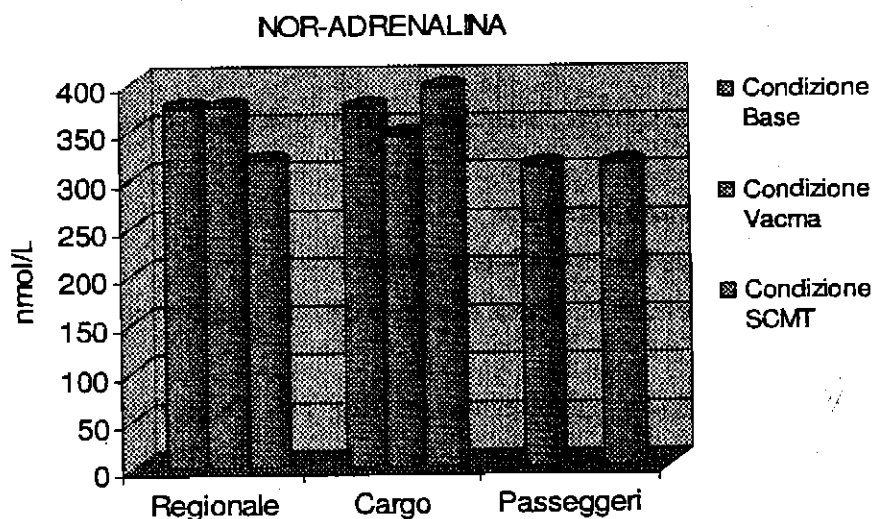


Tabella 63: Escrezione media (e relativa deviazione standard) di nor-adrenalina nei macchinisti del settore Regionale in relazione al tipo di motrice e alla condizione di lavoro.

	Condizione			t (p)
	Base	Vacma	SCMT	
<b>Elettromotrice</b>	396.3 (139.9)		318.3 (115.5)	1.21 (NS)
<b>Automotrice</b>	352.8 (134.5)	374.8 (204.9)		-0.25 (NS)

Valutando infine l'interazione tra i tre fattori in esame, "Settore", "Condizione" e "Giorno/Notte" (Tabella 64), non si rileva una interazione significativa in generale ( $F_{5,66}=0.90$ ;  $p=NS$ ), né in particolare per il "Settore" ( $F_{2,66}=0.08$ ;  $p=NS$ ) e per la "Condizione".

Tabella 62: Escrezione media (e relativa deviazione standard) di nor-adrenalina in relazione al settore e alla condizione di lavoro.

	Condizione			Totale
	Base	Vacma	SCMT	
<b>Regionale</b>	374.5	374.8	318.3	360.5 (147.8)
<b>Cargo</b>	373.5	345.1	394.8	371.1 (220.8)
<b>Passeggeri</b>	311.8		313.8	312.8 (110.3)
<b>Tutti</b>	358.6 (175.3)	359.9 (177.5)	342.3 (159.7)	353.4 (168.5)

Figura 17: Escrezione urinaria media di nor-adrenalina in relazione al settore e alla condizione di guida

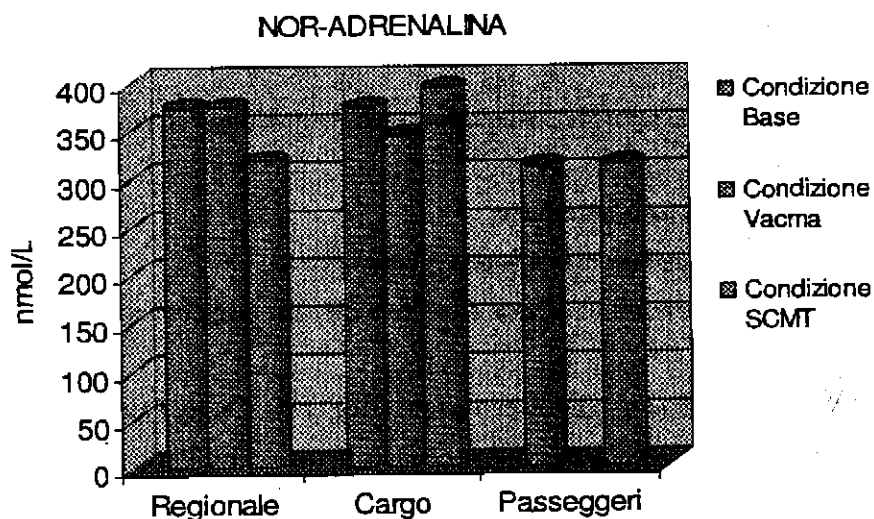


Tabella 63: Escrezione media (e relativa deviazione standard) di nor-adrenalina nei macchinisti del settore Regionale in relazione al tipo di motrice e alla condizione di lavoro.

	Condizione			t (p)
	Base	Vacma	SCMT	
<b>Elettromotrice</b>	396.3 (139.9)		318.3 (115.5)	1.21 (NS)
<b>Automotrice</b>	352.8 (134.5)	374.8 (204.9)		-0.25 (NS)

Valutando infine l'interazione tra i tre fattori in esame, "Settore", "Condizione" e "Giorno/Notte" (Tabella 64), non si rileva una interazione significativa in generale ( $F_{5,66}=0.90$ ;  $p=NS$ ), né in particolare per il "Settore" ( $F_{2,66}=0.08$ ;  $p=NS$ ) e per la "Condizione".

#### C. 4. MELATONINA

La melatonina è un ormone secreto dalla ghiandola pineale sotto l'influenza della luce, e regola l'alternanza sonno-veglia e la ritmicità circadiana (giornaliera) delle funzioni biologiche dell'organismo.

Essa presenta il picco di secrezione e di concentrazione nel sangue attorno alla mezzanotte, sostenendo il periodo di sonno, mentre scende a valori molto bassi durante le ore diurne, essendo la sua secrezione inibita dalla luce solare.

Essa costituisce quindi il miglior indicatore di sincronizzazione circadiana (24 ore) dell'organismo, in quanto è molto sensibile alle modificazioni del ciclo luce-buio e sonno-veglia. Essa viene pertanto impiegata nella valutazione della sincronizzazione dei soggetti turnisti e dell'eventuale de-sincronizzazione connessa con le diverse tipologie di turno (sindrome del jet-lag).

In questo studio è stata misurata al fine di valutare l'eventuale interferenza dei turni in atto sul normale ritmo circadiano della persona.

Nelle urine raccolte a fine turno è stato analizzato il metabolita urinario della melatonina, ossia la 6-sulfatossimelatonina (aMT6s), mediante metodo radioimmunologico (Aldhous e Arendt, 1988) da parte del laboratorio Stockgrand Ltd., annesso al Dipartimento di Biochimica dell'Università del Surrey, Guildford.

I 72 dosaggi hanno presentato un range variante da un minimo di 1.30 ng/ml nelle ore notturne a un massimo di 126 ng/ml durante le ore notturne.

La tabella 65 presenta la media generale (con relativa deviazione standard e range) per ciascun soggetto esaminato, ricavata dall'insieme di tutti i dosaggi effettuati.

Anche in questo caso si rileva una discreta variabilità interindividuale nei livelli di escrezione: in questo caso imputabile non solo a differenze fisiologiche tra i soggetti, ma anche alle ore in cui è stato effettuato il prelievo, essendo, come detto, la melatonina fortemente influenzata dall'esposizione alla luce solare.

Tabella 65: Valori medi (con deviazione standard e range) di escrezione urinaria di 6-sulfatossimelatonina (aMT6s) alla fine di tutti i turni effettuati (ng/ml).

Soggetto	Media	sd	Min - max
1	22.9	22.5	7 - 77
2	50.9	48	5.2 - 122
3	17.8	13.5	5.1 - 43.3
4	14.1	10.1	5.5 - 34
5	6.5	4.4	1.9 - 14.4
6	39.0	36.8	8.9 - 92
7	49.7	50.9	4.1 - 126
8	20.4	20.9	1.3 - 44
9	14.2	20.6	3.7 - 45.1
10	20.7	17.7	5 - 41
11	19.4	16.5	3.2 - 36
12	13.4	13.2	1.8 - 25.3

Purtuttavia l'analisi dei dati in relazione all'età e al settore (tabella 66) non mostra differenze significative né in relazione all'età ( $F=2.13$ ;  $p=NS$ ) né al settore ( $F=0.59$ ;  $p=NS$ ).

Tabella 66. Valori medi (sd) di escrezione urinaria di melatonina (aMT6s) in relazione a settore ed età.

	Età			Tutti
	30-40	40-50	50-60	
Regionale	29.9 (22.5)	34.3 (38.2)	14.1 (10.1)	28.2 (30.2)
Cargo	35.1 (40.1)	39.0 (36.8)	6.5 (4.4)	28.9 (35.3)
Passeggeri	20.7 (17.7)	13.4 (13.2)	16.8 (17.6)	16.9 (15.7)
Totale	30.9 (31.5)	32.2 (35.2)	13.0 (12.6)	25.9 (29.6)

Il confronto generale tra i turni effettuati nelle ore diurne e nelle ore notturne evidenzia una differenza altamente significativa ( $t_{paired} = -6.64$ ,  $p<.001$ ), con valori nettamente più elevati nei turni notturni rispetto a quelli diurni (Tabella 67), confermando il mantenimento del normale ritmo circadiano dei soggetti.

Tabella 67: Escrezione urinaria di melatonina (aMT6s) alla fine di tutti i turni effettuati di Giorno e di Notte.

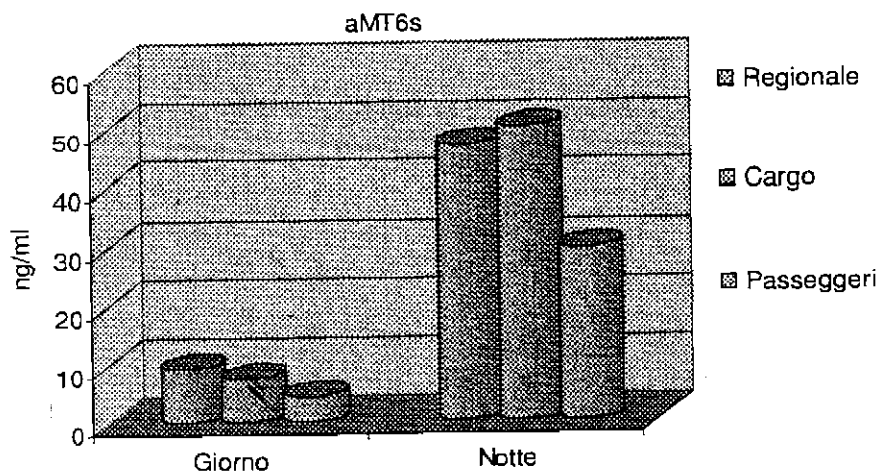
	Giorno	Notte
<b>Media</b>	<b>7.61</b>	<b>44.22</b>
<i>Dev. St.</i>	5.57	32.9
<i>Min</i>	1.30	3.70
<i>Max</i>	27	126

Il confronto tra i diversi settori (tabella 68) non presenta differenze significative ( $F=1.54$  ;  $p=NS$ ) in ragione dell'alta varianza, pur rilevandosi una escrezione leggermente inferiore nel settore Passeggeri, mentre si conferma la netta differenza tra ore diurne e ore notturne ( $F=37.97$ ;  $P<.001$ ) (Figura 18).

Tabella 68: Escrezione media (e relativa deviazione standard) di melatonina (aMT6s) alla fine dei turni diurni e notturni nei tre settori di lavoro.

	Giorno	Notte	<i>T</i>	<i>p</i>
<b>Regionale</b>	9.3 (5.4)	47.0 (33.1)	-4.48	<.001
<b>Cargo</b>	7.5 (6.7)	50.3 (39.6)	-3.69	<.001
<b>Passeggeri</b>	4.3 (2.0)	29.6 (12.7)	-5.55	<.001

Figura 18: Escrezione urinaria media di melatonina (aMT6s) in relazione al settore e ai turni diurni e notturni



Lo stesso emerge dal confronto tra condizioni di guida (tabella 69), tra le quali non vi sono differenze statisticamente significative ( $F=0.75$ ;  $p=NS$ ), mentre ovviamente rimane significativa quella tra turni diurni e turni notturni.

Tabella 69: Escrezione media (e relativa deviazione standard) di melatonina (aMT6s) alla fine dei turni diurni e notturni nelle tre condizioni di lavoro.

	Turno		<i>t</i> ( <i>p</i> )
	Giorno	Notte	
Base	8.4 (6.9)	47.2 (35.1)	-4.33 (<.001)
Vacma	7.0 (4.3)	54.7 (30.2)	-4.43 (<.001)
SCMT	6.9 (4.5)	33.2 (29.8)	-3.01 (<.01)

La tabella 70 e la figura 19 riportano infine i valori medi registrati nelle diverse condizioni, nei tre settori, di giorno e notte.

Il confronto tra le differenze in relazione a ciascun soggetto (punteggi Z) esclude l'influenza del fattore "Settore" ( $F_{2,66}=1.05$ ;  $p=NS$ ), così come del fattore "Condizione" ( $F_{2,66}=0.73$ ;  $p=NS$ ), ma conferma nettamente quella del fattore "Giorno/Notte" ( $F_{2,66}=44.55$ ;  $p<.001$ ).

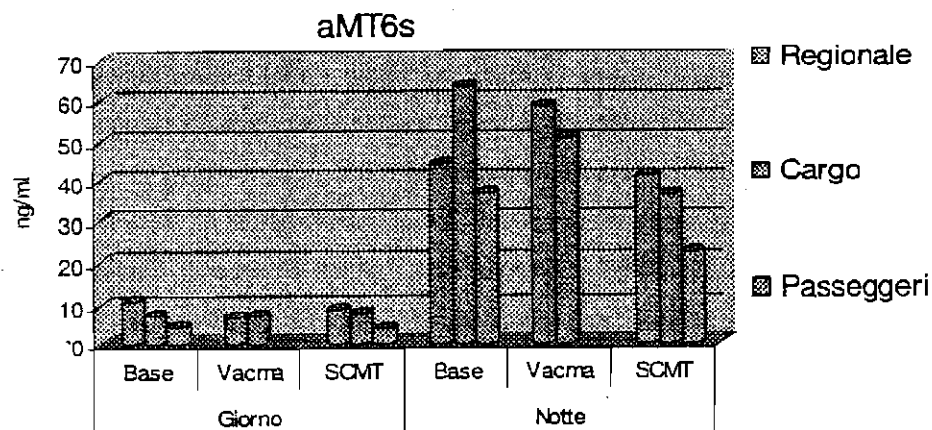
In relazione alla citata variabilità interindividuale, si è proceduto ad un'ulteriore ANOVA a tre vie per misure ripetute sull'interazione tra il fattore "Soggetto", "Condizione" e "Giorno/Notte"; essa ha confermato una notevole influenza significativa sia del fattore "Soggetto" ( $F_{11,49}=2.97$ ;  $p<.01$ ), ma soprattutto del fattore "Giorno/notte" ( $F_{1,49}=54.58$ ;  $p<.001$ ), ma non ha rilevato alcuna influenza del fattore "Condizione" ( $F_{2,49}=0.98$ ;  $p=NS$ ).

Tabella 70: Escrezione media (e relativa deviazione standard) di melatonina (aMT6s) in relazione a settore, condizione e periodo di lavoro.

Periodo	Giorno			Notte		
	Base	Vacma	SCMT	Base	Vacma	SCMT
Condizione						
Settore						
Regionale	10.9 (7.2)	6.7 (1.7)	8.8 (2.4)	44.2 (35.5)	58.7 (29.5)	41.1 (38.1)
Cargo	7.3 (8.7)	7.2 (6.3)	8.0 (7.0)	63.8 (51.2)	50.8 (34.9)	36.3 (37.4)
Passeggeri	4.6 (2.4)		4.0 (2.0)	36.9 (8.6)		22.3 (12.7)



Figura 19: Escrezione urinaria media di melatonina (aMT6s) in relazione al settore, alla condizione di guida e ai turni diurni e notturni



In sintesi quindi, per quanto riguarda l'escrezione di melatonina, è emerso che:

- vi è una notevole variabilità interindividuale;
- non vi sono significative differenze in relazione al gruppo di età;
- vi è una netta differenza significativa tra turni diurni e turni notturni, a conferma del mantenimento della normale sincronizzazione circadiana di tutti i soggetti;
- non vi sono differenze significative tra i diversi settori (Regionale, Cargo, Passeggeri);
- non vi sono differenze significative tra le diverse condizioni (Standard, Vacanza, SCMT).

#### D. TEST DI PERFORMANCE

Come indicato nella sezione "Metodi", all'inizio e alla fine di ciascun turno di lavoro i macchinisti sono stati sottoposti ad un test di performance, volto a valutare i loro tempi di reazione allo stimolo e l'esattezza della risposta fornita.

Come test di vigilanza si è scelto il "Color word vigilance" nella batteria di tests di performance denominata SPES (Swedish Performance Evaluation System), prediposta e validata da autori scandinavi e largamente impiegata da molti anni in Psicofisiologia e Medicina del Lavoro.

La scelta su tale test è stata dettata, da un lato, dal fatto che esso era quello che più si avvicinava ad una manovra usualmente effettuata dal macchinista (riconoscimento della ripetizione del segnale in cabina) e, dall'altro, alla sua durata (8 minuti circa), tale da essere compatibile con i tempi globali di esecuzione di tutte le diverse prove previste nello studio.

Il test è consistito nella misurazione dei tempi di reazione, del numero di errori e di mancate risposte a una batteria di 256 stimoli visivi concernenti la presentazione sullo schermo del computer, in modo random sia per intervallo di tempo che per sequenza degli stimoli, del nome di un colore (giallo, bianco, rosso, blu) al quale poteva o meno corrispondere il relativo colore. Il soggetto doveva premere nel tempo più breve possibile la barra spaziatrice del computer solo nel caso vi fosse corrispondenza tra nome e colore. Sul totale degli stimoli, aventi 16 possibili combinazioni, solo il 25% era da discriminare correttamente.

Si sono pertanto valutate la differenze tra prima e dopo il turno di lavoro in termini di:

- tempo di reazione, espresso in msec;
- numero di risposte errate;
- numero di risposte non date (omissioni).

La tabella 71 indica i tempi di reazione medi (con relativa deviazione standard e range) di tutte le prove eseguite da ciascun soggetto, rispettivamente all'inizio e alla fine dei turni di lavoro. Essa evidenzia una buona omogeneità tra i diversi soggetti, essendo in media tra 487.63 e 605.25 msec all'inizio e tra 439.29 e 598.50 msec alla fine, con varianze abbastanza basse. Tali valori sono perfettamente congruenti con quelli relativi ad altri gruppi di

riferimento (media 537.5, sd 41.5). In generale, si è rilevato una lieve, ma significativa riduzione dei tempi di reazione alla fine del turno, il che testimonia il mantenimento di un buon livello di performance.

Per quanto riguarda gli errori, vi è un soggetto che si differenzia nettamente dagli altri, ma con comportamento analogo sia prima che dopo il turno; gli errori sono risultati in media leggermente superiori alla fine del turno.

Per quanto riguarda le omissioni, vi sono due altri soggetti che si differenziano nettamente dagli altri, ma con comportamento analogo sia prima che dopo il turno, e quindi tale da non influenzare la media del gruppo tra prima e dopo il turno, che non risulta differire significativamente, anche in ragione dell'elevata varianza tra soggetti.

Tabella 71: Performance all'inizio e alla fine di tutti i turni.

		Inizio	Fine	t (p)
<b>Tempi di reazione</b>	media (ds)	548.9 (40.8)	543.5 (43.4)	1.78 (<.05)
	min-max	456 - 638	452 - 630	
<b>Errori</b>	media (ds)	2.41 (3.77)	2.59 (4.52)	-1.69 (<.10)
	min-max	0 - 20	0 - 25	
<b>Omissioni</b>	media (ds)	5.46 (5.70)	5.11 (5.64)	0.67 (NS)
	min-max	0 - 29	0 - 31	

In relazione all'età (Tabella 72):

- i soggetti più anziani presentano tempi di reazione più lunghi, sia all'inizio ( $F=17.43$ ,  $p<.001$ ) che alla fine ( $F=17.07$ ,  $p<.001$ ) del turno, un maggior numero di errori sia all'inizio ( $F=5.24$ ,  $p<.01$ ) che alla fine ( $F=7.48$ ,  $p<.01$ ) del turno, così come un maggior numero di omissioni, sia all'inizio ( $F=7.48$ ,  $p<.01$ ) che alla fine ( $F=8.45$ ,  $p<.001$ ) del turno, rispetto alle due classi di età più giovane (Figure 20 a-b-c);
- non si rilevano invece differenze significative tra inizio e fine turno, né per i tempi di reazione né per le omissioni, in tutti e tre i gruppi di età;
- vi è invece una significativa differenza tra inizio e fine turno per quanto riguarda gli errori nei macchinisti più anziani.

Figure 20 a-b-c: Risultati medi dei tests di performance in relazione all'età

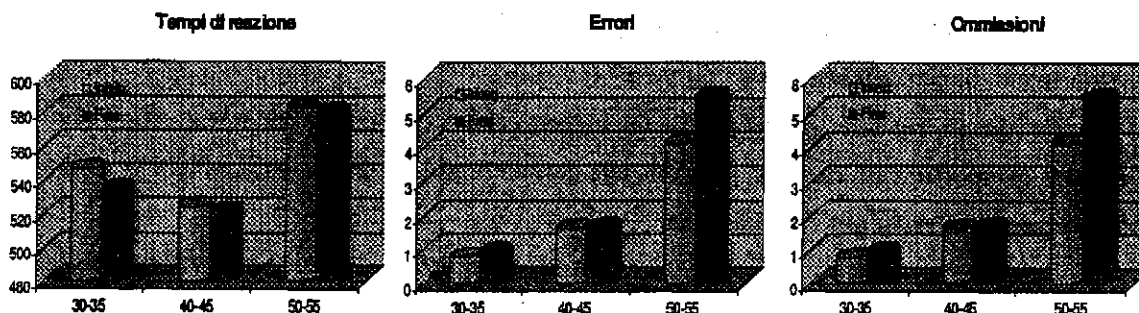


Tabella 72: Performance all'inizio e alla fine di tutti i turni in relazione all'età.

	Età	Inizio	Fine	t (p)
<b>Tempi di reazione</b>	30-35	546.8 (34.0)	535.1 (31.2)	2.17 (<.05)
	40-45	524.4 (33.6)	522.0 (41.2)	(NS)
	50-55	583.0 (32.3)	580.9 (33.7)	(NS)
<b>Errori</b>	30-35	0.78 (1.04)	0.96 (0.88)	(NS)
	40-45	1.65 (3.70)	1.69 (1.49)	(NS)
	50-55	4.14 (6.13)	3.48 (7.35)	1.78 (<.05)
<b>Omissioni</b>	30-35	3.70 (2.38)	4.00 (3.85)	(NS)
	40-45	4.04 (3.16)	3.04 (3.18)	2.04 (<.05)
	50-55	9.14 (8.53)	8.90 (7.66)	(NS)

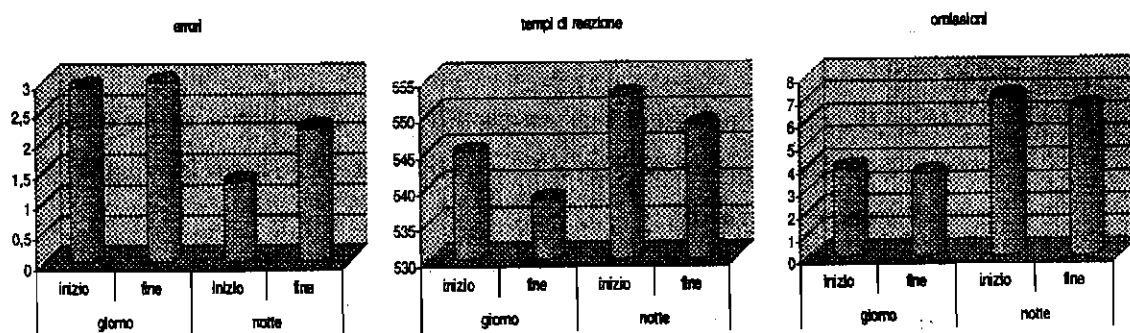
In relazione ai turni effettuati di giorno o di notte (Tabella 73) si nota che:

- i tempi di reazione appaiono leggermente più lunghi sia all'inizio che alla fine dei turni notturni rispetto ai turni diurni, ma non in modo significativo (Figure 21 a-b-c);
- i tempi di reazione tendono a migliorare leggermente alla fine del turno, più di giorno che di notte;
- gli errori sono in generale maggiori di giorno, soprattutto all'inizio ( $t=1.74$ ,  $p<.05$ ), ma aumentano maggiormente tra inizio e fine del turno notturno;
- le omissioni invece sono nettamente superiori di notte, sia all'inizio ( $t=2.38$ ,  $p<.01$ .) che alla fine ( $t=2.18$ ,  $p<.05$ ), senza sostanziali differenze tra inizio e fine turno.

Tabella 73: Performance all'inizio e alla fine di tutti i turni in relazione al turno.

	Turno	Inizio	Fine	t (p)
<b>Tempi di reazione</b>	<b>Giorno</b>	544.9 (35.7)	538.2 (40.3)	1.60 (<.06)
	<b>Notte</b>	552.6 (45.2)	548.5 (46.1)	(NS)
<b>Errori</b>	<b>Giorno</b>	2.89 (3.11)	2.97 (3.81)	(NS)
	<b>Notte</b>	1.34 (1.21)	2.20 (2.71)	(NS)
<b>Omissioni</b>	<b>Giorno</b>	3.89 (3.51)	3.69 (4.42)	(NS)
	<b>Notte</b>	7.03 (6.96)	6.54 (6.39)	(NS)

Figure 21 a-b-c: Risultati medi dei tests di performance in relazione ai turni diurni e notturni



In relazione al settore di lavoro (Tabella 74):

- i tempi di reazione si presentano significativamente più bassi nel settore Regionale rispetto agli altri, sia all'inizio ( $F=5.85$ ,  $p<.01$ ) che alla fine ( $F=6.61$ ,  $p<.10$ ) del turno, mentre non vi è alcuna differenza significativa tra inizio e fine turno in tutti e tre i settori;
- gli errori appaiono nettamente più elevati nel settore Cargo ( $F=3.60$ ,  $p<.05$ ), sia all'inizio che alla fine del turno;
- le omissioni sono parimenti più elevate nel settore Cargo sia all'inizio ( $F=3.53$ ,  $p<.05$ ) che alla fine del turno, senza sostanziali modificazioni tra inizio e fine in tutti e tre i settori (considerata l'alta varianza).

Tabella 74: Performance all'inizio e alla fine di tutti i turni in relazione al settore di lavoro.

	Settore	Inizio	Fine	t (p)
<b>Tempi di reazione</b>	<b>Regionale</b>	531.1 (40.4)	521.3 (45.3)	2.05 (<.05)
	<b>Cargo</b>	564.8 (36.2)	562.8 (35.6)	(NS)
	<b>Passeggeri</b>	556.1 (37.7)	553.2 (34.2)	(NS)
<b>Errori</b>	<b>Regionale</b>	1.23 (1.91)	1.49 (1.22)	(NS)
	<b>Cargo</b>	3.46 (5.92)	4.50 (7.19)	(NS)
	<b>Passeggeri</b>	1.75 (2.27)	1.94 (1.65)	(NS)
<b>Omissioni</b>	<b>Regionale</b>	4.17 (3.80)	3.83 (5.00)	(NS)
	<b>Cargo</b>	7.88 (6.91)	6.54 (6.39)	1.66 (<.06)
	<b>Passeggeri</b>	4.25 (5.84)	5.38 (5.37)	(NS)

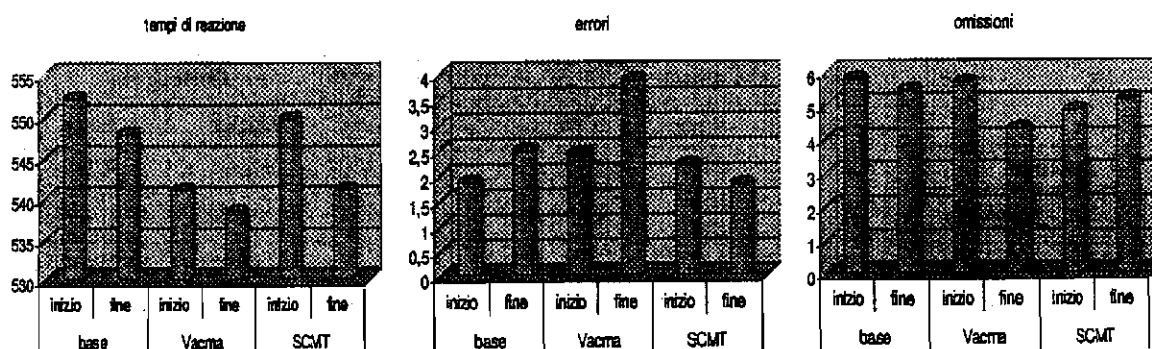
In relazione alla condizione di lavoro (Base, Vacma, SCMT) si rileva (Tabella 75 e Figure 22 a-b-c):

- i tempi di reazione non presentano alcuna differenza significativa né tra settori, né tra inizio e fine turno in tutte e tre le condizioni (piuttosto vi è una lieve tendenza al miglioramento alla fine);
- anche gli errori non presentano alcuna differenza significativa tra settori, mentre presentano un aumento significativo alla fine del turno in condizione "Base" e "Vacma";
- per converso le omissioni si riducono alla fine del turno nella Vacma; esse peraltro presentano un'elevata varianza che inficia i confronti, data la relativa numerosità delle prove a confronto.

Tabella 75: Performance all'inizio e alla fine di tutti i turni in relazione alla condizione di lavoro

	Condizione	Inizio	Fine	t (p)
<b>Tempi di reazione</b>	<b>Base</b>	552.2 (42.8)	547.9 (46.9)	(NS)
	<b>Vacma</b>	541.1 (30.8)	538.5 (38.7)	(NS)
	<b>SCMT</b>	549.7 (44.5)	541.1 (42.7)	1.43 (<.10)
<b>Errori</b>	<b>Base</b>	1.87 (3.35)	2.50 (3.40)	2.19 (<.05)
	<b>Vacma</b>	2.44 (4.84)	3.88 (6.76)	1.65 (<.06)
	<b>SCMT</b>	2.21 (3.61)	1.83 (3.89)	(NS)
<b>Omissioni</b>	<b>Base</b>	5.80 (6.52)	5.47 (6.50)	(NS)
	<b>Vacma</b>	5.69 (5.36)	4.31 (3.82)	1.60 (<.07)
	<b>SCMT</b>	4.88 (4.95)	5.21 (5.66)	(NS)

Figure 22 a-b-c: Risultati medi dei tests di performance in relazione alla condizione di guida



Tra "condizione" ed "età" non si evidenzia alcuna significativa interazione, mentre si conferma la significativa influenza dell'età sia sui tempi di reazione ( $F=14.31$ ,  $p<.001$ ) che sugli errori ( $F=5.62$ ,  $p<.01$ ). Parimenti tra "condizione" e "settore" si conferma una modesta influenza del settore sia sui tempi di reazione ( $F=5.49$ ,  $p<.01$ ) che sugli errori ( $F=3.21$ ,  $p<.05$ ), mentre non vi è alcuna influenza del fattore condizione. Tra Condizione e Giorno/Notte non vi è alcuna significativa interazione.

Infine, l'analisi dell'interazioni tra i tre fattori, Soggetto, Condizione e Giorno/Notte (tabella 76) ribadisce la significativa influenza del fattore "soggetto" e del fattore "Giorno/Notte" per tutti e tre i parametri indagati, mentre non fa rilevare una significativa influenza del fattore "Condizione", eccetto che per i tempi di reazione alla fine del turno; ma ciò appare associato al fatto che la condizione "Vacma" risente del maggior contributo del settore Regionale (quello con i tempi di reazione più bassi) in termini di misure effettuate, mentre è assente il contributo del settore "Passeggeri".

Tabella 76 : Risultati dell'ANOVA a tre vie (Soggetto, Condizione, Giorno/Notte) per tutti i viaggi esaminati.

	Tempi di reazione		Errori		Omissioni	
	Inizio	Fine	Inizio	Fine	Inizio	Fine
Fattore	F (p)	F (p)	F (p)	F (p)	F (p)	F (p)
<b>Soggetto</b>	16.66 ( $<0.001$ )	21.69 ( $<0.001$ )	5.93 ( $<0.01$ )	5.62 ( $<0.01$ )	5.53 ( $<0.001$ )	4.00 ( $<0.001$ )
<b>Condizione</b>	2.31 (NS)	5.12 ( $<0.01$ )	0.01 (NS)	1.81 (NS)	0.73 (NS)	0.56 (NS)
<b>Giorno/Notte</b>	1.19 (NS)	4.63 ( $<0.05$ )	6.64 ( $<0.02$ )	1.66 (NS)	8.87 ( $<0.01$ )	6.16 ( $<0.02$ )

In sintesi quindi si può affermare che:

- vi è un'alta variabilità interindividuale nelle risposte al test di vigilanza;
- i tempi di reazione migliorano leggermente tra inizio e fine turno a testimonianza del mantenimento di un buono stato di performance;
- vi è una significativa influenza dell'età, in termini di allungamento dei tempi di reazione e aumento degli errori nei soggetti più anziani;
- vi è una leggera riduzione della performance nelle ore notturne, sia in generale che nel corso del turno; nei turni diurni essa tende invece a migliorare alla fine, verosimilmente in relazione all'influenza del ritmo circadiano della performance, che presenta il picco nelle ore pomeridiane, ore in cui terminano generalmente i turni diurni;
- vi è una certa influenza del settore, ove il Regionale presenta tempi di reazione più brevi, verosimilmente influenzati dal fatto che in tale settore non vi è la notte completa;
- non vi è una significativa influenza del fattore "Condizione"; anzi il fatto che gli errori aumentino significativamente alla fine del turno nella condizione "Vacma" (cfr. tabella 75) può essere interpretato sia come un'ulteriore conferma del riscontro relativo alla vigilanza documentato all'elettroencefalogramma (ossia che il Vacma non serve a mantenere alta la "vigilanza"), sia come effetto della situazione di disagio lamentata dai macchinisti, come rilevato nella sezione relativa alla valutazione delle condizioni psicofisiche.



## E. VALUTAZIONI SOGGETTIVE

La presente sezione riporta i risultati delle valutazioni soggettive effettuate nel corso dei turni di guida da parte dei macchinisti.

Esse hanno riguardato, da un lato, la percezione delle loro condizioni psico-fisiche (all'inizio, a metà e alla fine di ciascun turno) in termini di umore, forma fisica, fatica e sonnolenza; dall'altro, alla fine del turno, hanno dato una valutazione del carico di lavoro sulla base di sei parametri: carico mentale, carico fisico, pressione del tempo, prestazione, sforzo e frustrazione.

Le scale di valutazione impiegate sono riportate nel file allegato ("*autovalutazioni\_questionario.PDF*") e vengono di seguito presentate sinteticamente per facilitare la lettura dei risultati.

Per quanto riguarda le condizioni psico-fisiche, si sono utilizzate 4 scale, già validate e impiegate in numerosi studi a livello internazionale:

- a) Umore (Halberg et al. 1972): scala di valutazione di 7 items, variante da 1 (Molto depresso) a 7 (Felice, euforico);
- b) Forma fisica (Halberg et al. 1972): scala di valutazione di 7 items, variante da 1 (Debole) a 7 (Assonnato);
- c) Fatica (Grandjean et al. 1971): questionario composto di 5 fattori, ciascuno con una scala da 1 a 7: "forte - debole", "rilassato - teso"; "ristorato - stanco"; "energico - esaurito"; "sveglia - assonnato". E' stata considerato il valore risultante dalla somma dei cinque fattori.
- d) Sonnolenza: è stata utilizzata la Karolinska Sleepiness Scale - KSS (Akerstedt et al.) che si articola su 9 punti, variando da 1 ("Si sente molto vigile") a 9 ("Si sente molto assonnato, in lotta con il sonno; fatica a rimanere sveglia").

Per quanto riguarda la valutazione del carico di lavoro, si è utilizzato il NASA Task Load Index (Hart and Staveland, 1988) che considera 6 parametri:

- Carico mentale
- Carico fisico
- Pressione del tempo
- Prestazione fornita

- Sforzo richiesto
- Livello di frustrazione

Tali parametri vengono valutati per mezzo di scale lineari della lunghezza di 10 cm, con indice "Basso" all'estremo sinistro e "Alto" all'estremo destro. Ai macchinisti è stato inoltre richiesto di esprimere una classifica di "importanza" dei sei fattori considerati.

### E.1. VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI PSICO-FISICHE

La Tabella 77 riporta il dato medio (con deviazione standard), risultato dall'insieme dei 72 viaggi esaminati, relativo alla valutazione dei 4 parametri psico-fisici, effettuata all'inizio e alla fine dei turni.

Come si può rilevare, tra inizio e fine turno l'umore rimane sostanzialmente invariato, mentre decresce la forma fisica e aumentano la sensazione di fatica e la sonnolenza.

In generale, come media di gruppo, l'umore si mantiene per tutto il turno a livello di "come al solito - un po' più allegro del solito", mentre la forma fisica decresce, sempre in media, da un livello positivo ("come al solito - un po' più attivo del solito") a uno leggermente negativo ("un po' meno attivo del solito"); la fatica passa da una condizione favorevole (41% della scala globale) a una più sfavorevole (58% della scala globale) e la sonnolenza passa da una condizione favorevole all'inizio ("si sente abbastanza vigile") ad una condizione intermedia ("né vigile né assonnato") alla fine del turno.

*Tabella 77: Valutazione delle condizioni psico-fisiche nel corso del turno. Dati complessivi di tutti i 72 turni esaminati. Media (deviazione standard).*

	Inizio	Fine	$z^*$	$p$
<b>Umore</b>	4.50 (1.06)	4.36 (0.94)	1.31	NS
<b>Forma fisica</b>	4.42 (1.52)	3.04 (1.43)	5.59	<.001
<b>Fatica</b>	14.47 (5.84)	20.19 (5.26)	-6.79	<.001
<b>Sonnolenza</b>	2.67 (1.57)	4.39 (1.84)	-6.45	<.001

\*Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test.

Tra i dodici soggetti si sono ovviamente rilevate delle differenze di valutazione, ma l'andamento nel corso del turno è stato abbastanza omogeneo, come risulta dalla Figura 23, relativa alla fatica, e dalla Figura 24, relativa alla sonnolenza.

Figura 23: Andamento della valutazione della fatica durante il turno di lavoro nei dodici macchinisti esaminati. Media di tutti i 72 turni di lavoro considerati.  
(Scala: 5 = valore minimo; 35 = valore massimo).

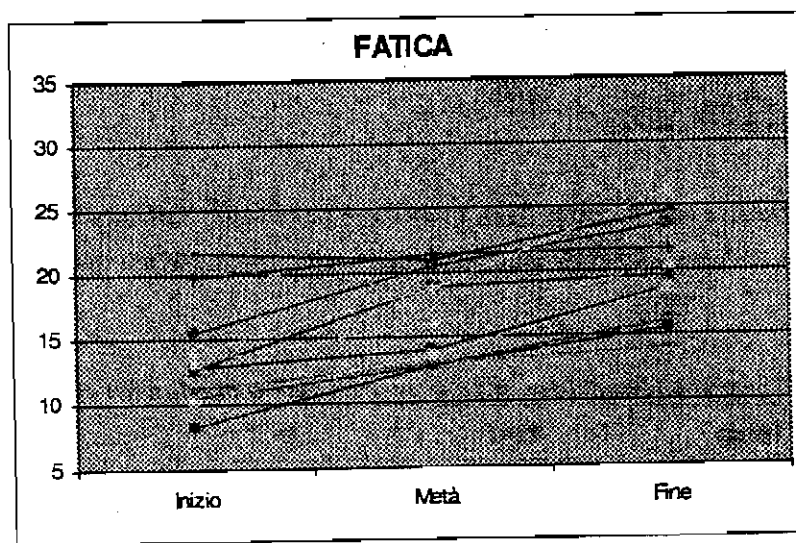
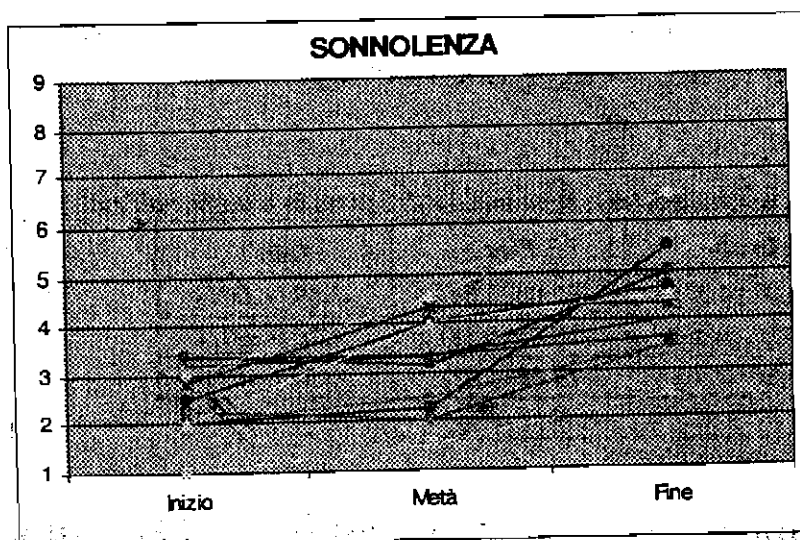


Figura 24: Andamento della valutazione di sonnolenza durante il turno di lavoro nei dodici macchinisti esaminati. Media di tutti i 72 turni di lavoro considerati.  
(Scala: 1 = molto vigile; 5 = né vigile né assonnato; 9 = molto assonnato)



In relazione all'età:

- non si rilevano delle significative differenze di umore (Tabella 78) tra i tre gruppi, né prima né dopo il turno; il calo tra prima e dopo risulta non significativo in nessun gruppo;

Tabella 78: *Umore: valori medi (dev. st.) a inizio e fine turno in relazione all'età.*

	Inizio	Fine	$z(p)^*$
30-35	4.46 (1.14)	4.42 (0.97)	(NS)
40-45	4.77 (0.95)	4.42 (0.95)	(NS)
50-55	4.23 (4.23)	4.23 (0.92)	(NS)
$\chi^2(p)^\circ$	(NS)	(NS)	

\*Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test

° Kruskal-Wallis test

- vi è un significativo calo di forma fisica (Tabella 79) tra inizio e fine turno in tutti e tre i gruppi di età, ma prevalente nei più giovani, che peraltro mostrano livelli più bassi già prima di iniziare i turni;

Tabella 79: *Forma fisica: valori medi (dev. st.) a inizio e fine turno in relazione all'età.*

	Inizio	Fine	$z(p)^*$
30-35	3.83 (1.49)	2.46 (1.41)	2.96 (<.01)
40-45	4.73 (1.43)	3.04 (1.15)	3.79 (<.001)
50-55	4.68 (1.52)	3.68 (1.52)	2.83 (<.01)
$\chi^2(p)^\circ$	((NS)	8.61 (<.02)	

\*Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test

° Kruskal-Wallis test

- per converso la sensazione di fatiga (Tabella 80) aumenta progressivamente nel corso del turno in tutti e tre i gruppi, ed è significativamente maggiore nei più giovani già all'inizio del turno;

Tabella 80: *Fatica: valori medi (dev. st.) a inizio e fine turno in relazione all'età.*

	Inizio	Fine	$z(p)^*$
30-35	16.92 (4.92)	22.08 (4.61)	-3.69 (<.001)
40-45	11.88 (5.25)	18.88 (5.38)	-4.26 (<.001)
50-55	14.86 (6.37)	19.68 (5.42)	-3.77 (<.01)
$\chi^2(p)^\circ$	10.79 (<.01)	4.57 (NS)	

\*Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test

° Kruskal-Wallis test

- anche la sensazione di sonnolenza (Tabella 81) aumenta progressivamente nel corso del turno in tutti e tre i gruppi, senza significative differenze tra le classi di età, ma sempre con i più giovani che lamentano livelli leggermente superiori.

Tabella 81: Sonnolenza: valori medi (dev. st.) a inizio e fine turno in relazione all'età.

	Inizio	Fine	$z(p)^*$
30-35	2.79 (1.53)	4.83 (2.20)	-3.13 (<.01)
40-45	2.62 (1.70)	4.38 (1.58)	-4.46 (<.001)
50-55	2.59 (1.53)	3.91 (1.66)	-3.74 (<.001)
$\chi^2(p)^\circ$	(NS)	(NS)	

\*Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test

° Kruskal-Wallis test

In relazione ai turni effettuati di **Giorno** o di **Notte** si rileva che:

- l'umore (Tabella 82) è leggermente più alto di giorno, ma non si modifica durante il periodo di lavoro;

Tabella 82: Umore: valori medi (dev. st.) a inizio e fine turno in relazione ai turni diurni e notturni.

	Inizio	Fine	$z(p)^*$
Giorno	4.75 (1.08)	4.47 (0.91)	(NS)
Notte	4.25 (1.00)	4.25 (0.97)	(NS)
$\chi^2(p)^\circ$	4.25 (<.05)	(NS)	

\*Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test

° Kruskal-Wallis test

- la forma fisica (Tabella 83) è nettamente più alta di giorno, mentre cala di più, tra inizio e fine turno, durante il turno di notte rispetto a quello di giorno;

Tabella 83: Forma fisica: valori medi (dev. st.) a inizio e fine turno in relazione ai turni diurni e notturni.

	Inizio	Fine	$z(p)^*$
Giorno	4.89 (1.37)	3.64 (1.46)	3.33 (<.001)
Notte	3.94 (1.53)	2.44 (1.13)	4.55 (<.001)
$\chi^2(p)^\circ$	6.71 (<.01)	12.23 (<.001)	

\*Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test

° Kruskal-Wallis test

- la sensazione di fatica (Tabella 84 e Figura 25) è nettamente maggiore già all'inizio del turno di notte, nel corso del quale si accentua in maniera maggiore che durante il giorno;

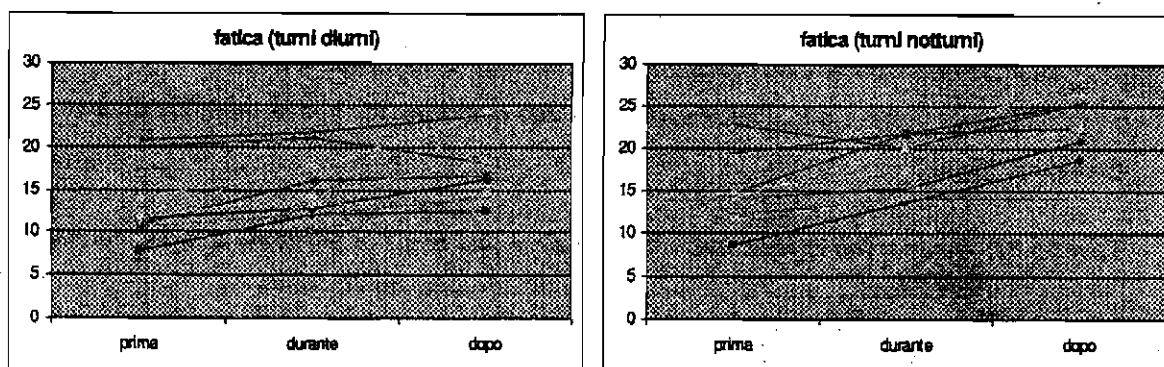
Tabella 84: Fatica: valori medi (dev. st.) a inizio e fine turno in relazione ai turni diurni e notturni.

	Inizio	Fine	$z(p)^*$
<b>Giorno</b>	12.72 (5.37)	17.69 (4.58)	-4.62 (<.001)
<b>Notte</b>	16.22 (5.83)	22.69 (4.73)	-4.98 (<.001)
$\chi^2(p)^\circ$	7.96 (<.01)	15.58 (<.001)	

\*Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test

° Kruskal-Wallis test

Figura 25: Livelli medi di fatica nei turni diurni e notturni nei 12 soggetti esaminati.



- anche la sensazione di sonnolenza (Tabella 85) è nettamente maggiore nel turno di notte, già dall'inizio, e con un progressivo aumento nettamente superiore rispetto al giorno.

Tabella 85: Sonnolenza: valori medi (dev. st.) a inizio e fine turno in relazione ai turni diurni e notturni.

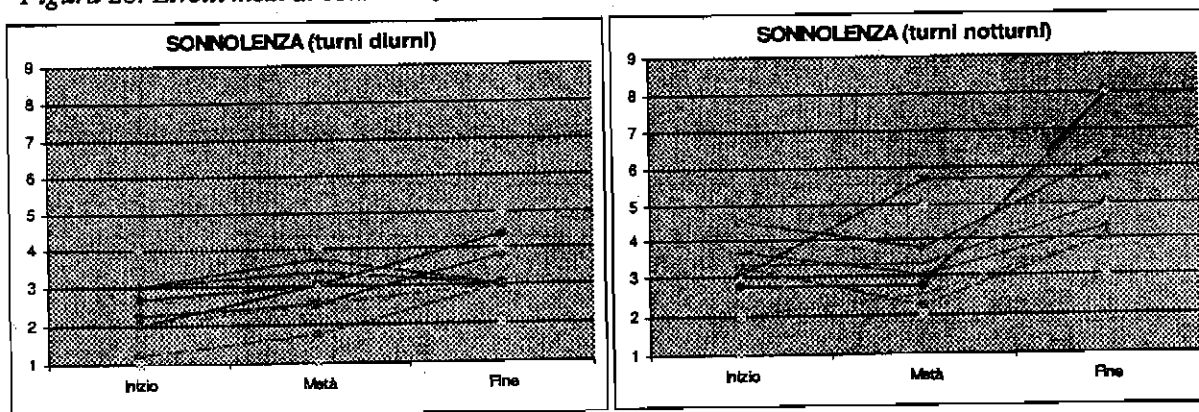
	Inizio	Fine	$z(p)^*$
<b>Giorno</b>	2.14 (1.27)	3.33 (0.99)	-4.24 (<.001)
<b>Notte</b>	3.19 (1.69)	5.44 (1.90)	-4.82 (<.001)
$\chi^2(p)^\circ$	8.94 (<.01)	20.09 (<.001)	

\*Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test

° Kruskal-Wallis test

I turni di notte quindi, come d'altronde era da attendersi, inducono maggior stanchezza e sonnolenza (Figura 26).

Figura 26: Livelli medi di sonnolenza nei turni diurni e notturni nei 12 soggetti esaminati.



In relazione alla condizione di guida (Base, Vacma, SCMT), si rileva:

- l'umore (Tabella 86) è risultato leggermente più basso nella condizione "Vacma", sin dall'inizio del turno; mentre rimane sostanzialmente invariato nel corso del turno stesso;

Tabella 86: Umore: valori medi (dev. st.) a inizio e fine turno in relazione alla condizione di lavoro.

	Inizio	Fine	$z(p)^*$
Base	4.41 (1.10)	4.28 (1.02)	(NS)
Vacma	4.25 (0.86)	4.19 (0.91)	(NS)
SCMT	4.79 (1.10)	4.58 (0.83)	(NS)
$\chi^2(p)^\circ$	(NS)	(NS)	

\*Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test

° Kruskal-Wallis test

- anche la forma fisica (Tabella 87) è sempre più bassa nella condizione "Vacma", e già dall'inizio; nel corso del turno vi è un calo analogo in tutte e tre le condizioni;

Tabella 87: Forma fisica: valori medi (dev. st.) a inizio e fine turno in relazione alla condizione di lavoro.

	Inizio	Fine	$z(p)^*$
Base	4.44 (1.58)	3.28 (1.57)	2.98 (<.01)
Vacma	3.88 (1.54)	2.44 (0.81)	2.92 (<.01)
SCMT	4.75 (1.36)	3.13 (1.48)	3.75 (<.001)
$\chi^2(p)^\circ$	(NS)	(NS)	

\*Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test

° Kruskal-Wallis test

- la sensazione di fatica (Tabella 88) è leggermente maggiore sempre nella condizione "Vacma", e già all'inizio del lavoro, mentre poi nel corso del turno vi è un calo analogo in tutte e tre le condizioni (Figura 27);

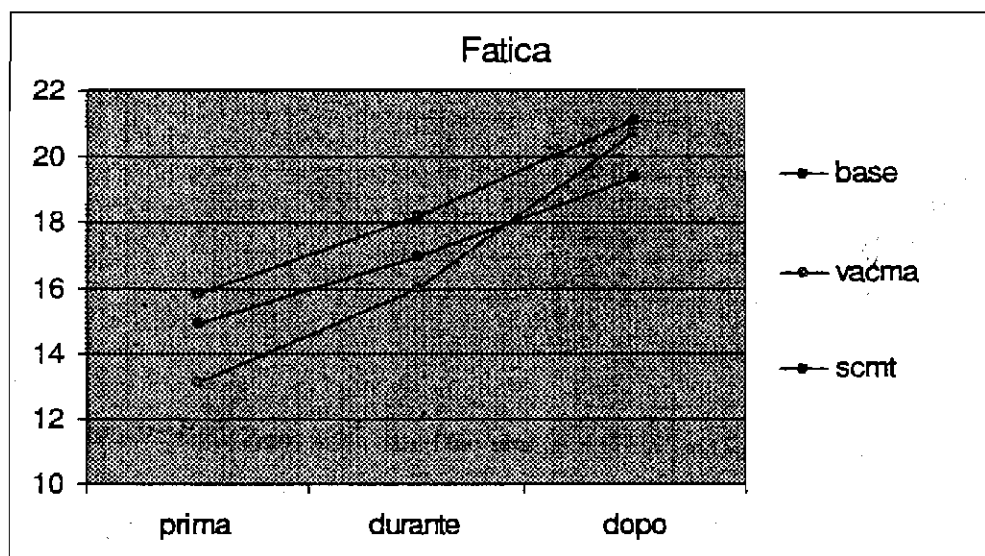
Tabella 88: Fatica: valori medi (dev. st.) a inizio e fine turno in relazione alla condizione di lavoro.

	Inizio	Fine	$z(p)^*$
Base	14.88 (5.96)	19.38 (6.05)	-4.31 (<.001)
Vacma	15.81 (7.32)	21.06 (4.31)	-3.14 (<.01)
SCMT	13.04(4.32)	20.71 (4.73)	-4.15 (<.001)
$\chi^2(p)^\circ$	(NS)	(NS)	

\*Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test

° Kruskal-Wallis test

Figura 27: Valori medi di fatica in relazione alla condizione di guida.



- anche la sensazione di sonnolenza (Tabella 89) è nettamente maggiore all'inizio nella condizione "Vacma"; mentre alla fine del turno il livello di sonnolenza è sostanzialmente uguale in tutte e tre le condizioni, rimanendo comunque al di sotto della metà della scala (Figura 28).



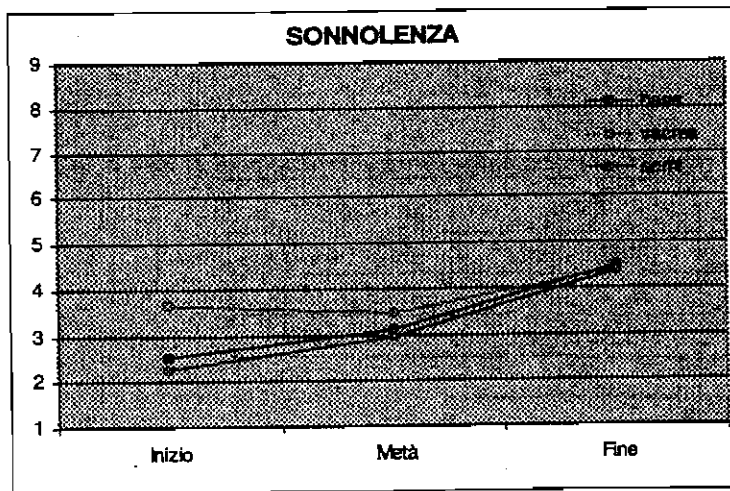
Tabella 89: Sonnolenza: valori medi (dev. st.) a inizio e fine turno in relazione alla condizione di lavoro.

	Inizio	Fine	$z(p)^*$
Base	2.50 (1.55)	4.44 (1.81)	-4.46 (<.001)
Vacma	3.63 (1.93)	4.38 (1.89)	-1.88 (= .06)
SCMT	2.25 (1.07)	4.33 (1.93)	-4.18 (<.001)
$\chi^2(p)^\circ$	6.46 (<.05)	(NS)	

\*Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test

° Kruskal-Wallis test

Figura 28: Valori medi di sonnolenza in relazione alla condizione di guida.



In relazione al settore di lavoro, si rileva:

- l'umore (Tabella 90) è risultato sostanzialmente simile nei tre settori e invariato nel corso del turno;

Tabella 90: Umore: valori medi (dev. st.) a inizio e fine turno in relazione al settore di lavoro.

	Inizio	Fine	$z(p)^*$
Regionale	4.50 (1.11)	4.19 (0.97)	(NS)
Cargo	4.25 (0.99)	4.38 (0.88)	(NS)
Passeggeri	4.88 (1.02)	4.69 (0.95)	(NS)
$\chi^2(p)^\circ$	(NS)	(NS)	

\*Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test

° Kruskal-Wallis test

- la forma fisica (Tabella 91) è risultata leggermente più bassa in generale nel "Regionale", già all'inizio del turno, con analogo decremento nei tre settori nel corso del turno;

Tabella 91: Forma fisica: valori medi (dev. st.) a inizio e fine turno in relazione al settore.

	Inizio	Fine	$z(p)^*$
<b>Regionale</b>	4.03 (1.43)	2.78 (1.18)	3.52 (<.001)
<b>Cargo</b>	4.46 (1.61)	3.17 (1.52)	3.32 (<.001)
<b>Passeggeri</b>	5.13 (1.36)	3.38 (1.71)	2.80 (<.01)
$\chi^2(p)^\circ$	(NS)	(NS)	

\*Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test    ° Kruskal-Wallis test

- la sensazione di fatica (Tabella 92) cresce parimenti nel corso del turno, senza sostanziali differenze tra i settori;

Tabella 92: Fatica: valori medi (dev. st.) a inizio e fine turno in relazione al settore di lavoro.

	Inizio	Fine	$z(p)^*$
<b>Regionale</b>	14.81 (6.55)	20.31 (5.10)	-4.53 (<.001)
<b>Cargo</b>	15.54 (6.11)	20.29 (5.42)	-3.62 (<.001)
<b>Passeggeri</b>	12.19 (2.74)	19.81 (5.68)	-3.52 (<.001)
$\chi^2(p)^\circ$	(NS)	(NS)	

\*Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test  
° Kruskal-Wallis test

- la sensazione di sonnolenza (Tabella 93) si presenta all'inizio del turno maggiore nel settore "Cargo" e "Regionale", mentre alla fine è nettamente superiore nel "Regionale", probabilmente in relazione ad orari più "anomali" (ad es. per le corse del mattino presto nella tratta Rovigo-Verona, che iniziano alle 05, alcuni macchinisti devono alzarsi alle 03 in quanto devono effettuare un trasferimento di un'ora da casa alla stazione di partenza; oppure per le corse della sera tardi senza pisolino durante il giorno).

Tabella 93: Sonnolenza: valori medi (dev. st.) a inizio e fine turno in relazione al settore.

	Inizio	Fine	$z(p)^*$
<b>Regionale</b>	2.78 (1.81)	4.63 (2.01)	-4.79 (<.001)
<b>Cargo</b>	2.96 (1.08)	4.17 (1.49)	-3.12 (<.01)
<b>Passeggeri</b>	2.00 (1.59)	4.25 (2.02)	-3.05 (<.01)
$\chi^2(p)^\circ$	7.46 (<.05)	(NS)	

\*Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test  
° Kruskal-Wallis test

Si è voluto infine confrontare i livelli di sonnolenza percepiti con i livelli di vigilanza registrati all'elettroencefalogramma. Come si può rilevare dalle figure seguenti, non vi è alcuna correlazione tra percezione soggettiva e stato di vigilanza (Figura 29) e/o densità dei momenti di ipovigilanza (Figura 30), sia in generale come pure in funzione delle tre diverse condizioni di lavoro (Figure 31 e 32).

In sintesi quindi:

- tra inizio e fine turno l'umore rimane sostanzialmente invariato, mentre decresce la forma fisica e aumenta la sensazione di fatica e la sonnolenza;
- i macchinisti più giovani presentano, già prima di iniziare il turno, minori livelli di forma fisica e maggiori livelli di fatica e, alla fine del turno, lamentano un più alto livello di sonnolenza: ciò risulta in accordo con quanto rilevato nelle registrazioni elettroencefalografiche per quanto riguarda la densità dei periodi di ipovigilanza (cfr. sezione "Rilievi elettroencefalografici", tabella 6) e può essere verosimilmente riferita ad un certo deficit di sonno relativo che, in generale, i giovani lamentano rispetto alle persone di maggiore età, in relazione a stili di vita che tendono a sacrificare un po' il sonno alle attività sociali;
- le condizioni psico-fisiche sono percepite in modo più sfavorevole nel corso dei turni notturni, soprattutto in termini di stanchezza e di sonnolenza;
- i macchinisti, nella condizione "Vacma", esprimono valutazioni più sfavorevoli delle loro condizioni psico-fisiche già prima di iniziare il lavoro, mentre poi l'andamento nel corso del turno è sostanzialmente analogo in tutte e tre le condizioni e per tutti e quattro i fattori valutati: ciò fa ritenere che l'attuale disputa in corso sull'impiego del "Vacma" abbia influenzato, consciamente o inconsciamente, la percezione delle loro condizioni psico-fisiche quando costretti a lavorare con tale strumento;
- non emergono sostanziali differenze tra i tre settori di lavoro nell'andamento tra inizio e fine turno;
- non vi è correlazione tra la percezione soggettiva della sonnolenza e i riscontri obiettivi di ipovigilanza all'elettroencefalogramma.

Figura 29: Correlazione tra livello di percezione sonnolenza e frequenza % di stato di vigilanza all'EEG ( $r=-0.06$ ,  $p=NS$ ).

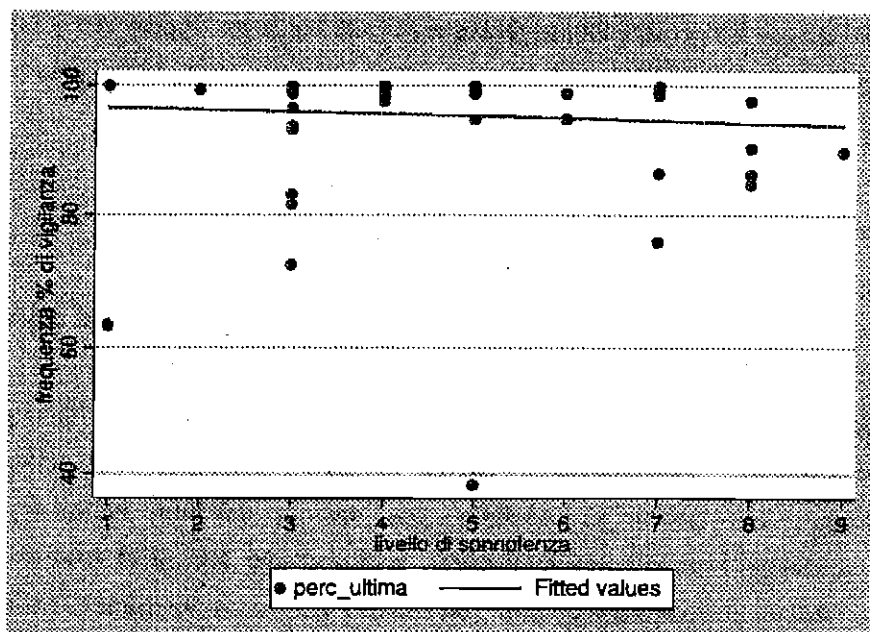


Figura 30: Correlazione tra livello di sonnolenza e densità % di onde alfa (ipovigilanza) all'EEG ( $r=0.07$ ,  $p=NS$ ).

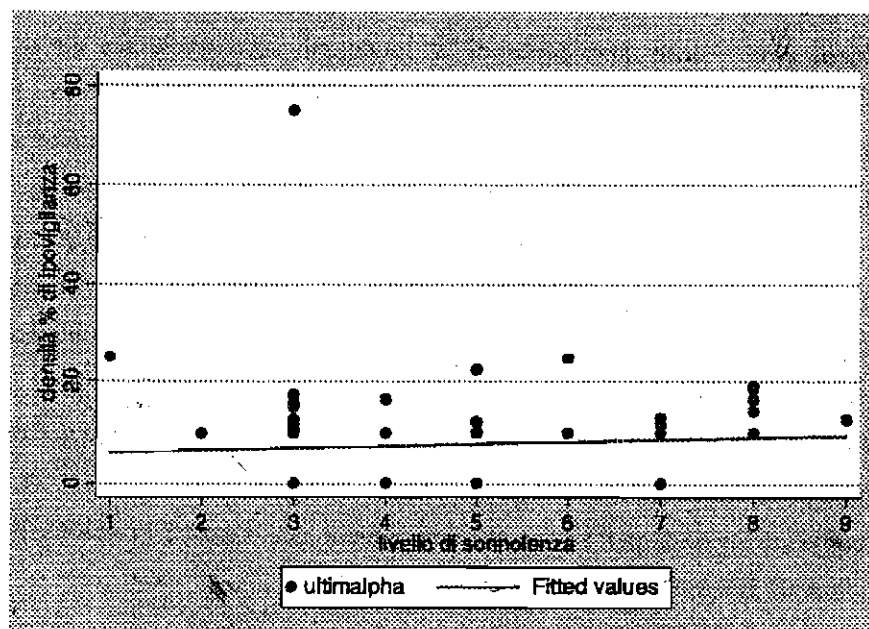


Figura 31: Correlazione tra livello di sonnolenza e frequenza % di stato di vigilanza all'EEG in relazione alla condizione di lavoro.

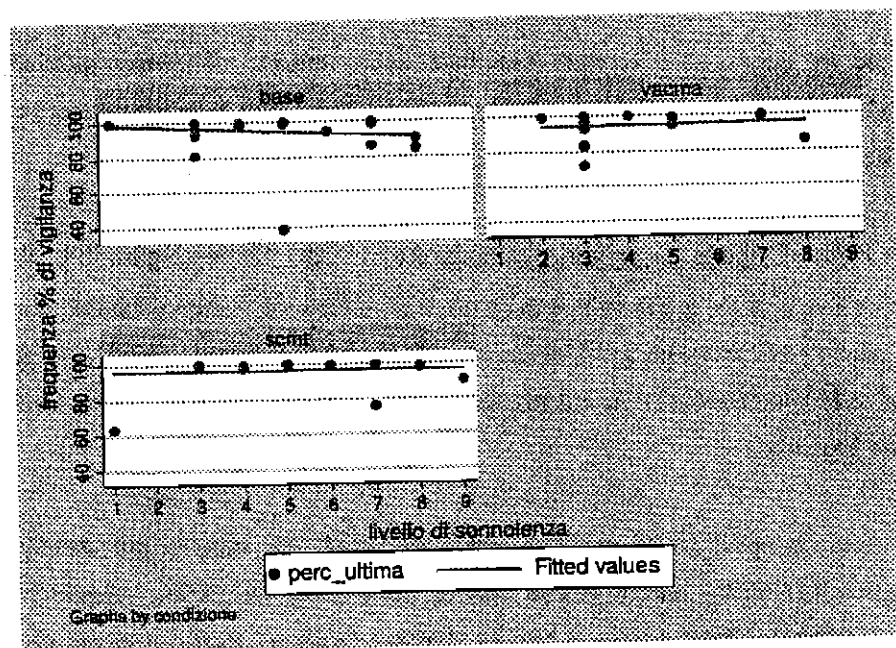
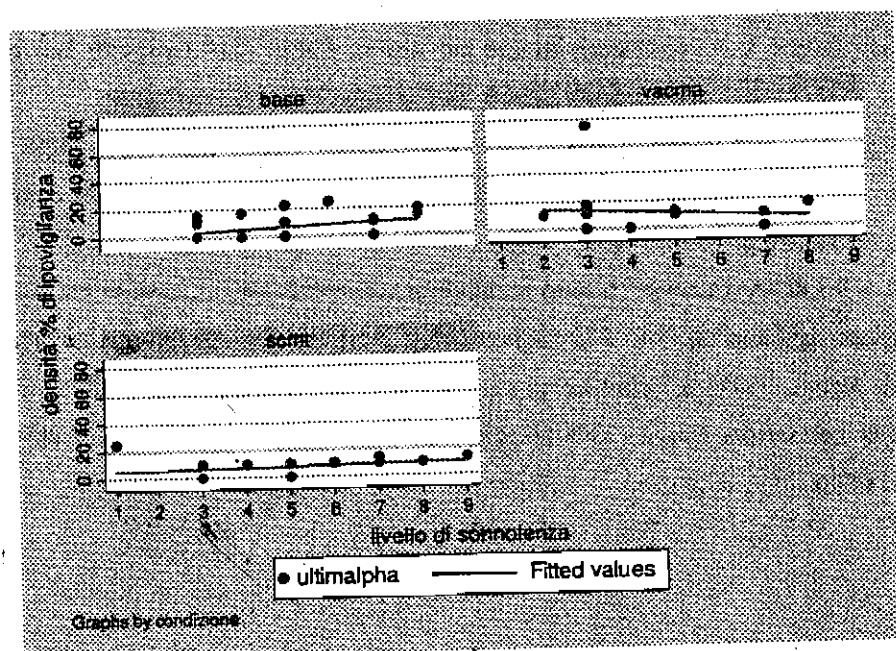


Figura 32: Correlazione tra livello di sonnolenza e densità % di onde alfa (ipovigilanza) all'EEG in relazione alla condizione di lavoro.



## E.2. VALUTAZIONE DEL CARICO DI LAVORO

Anche in questo caso si sono osservate delle sensibili differenze interindividuali riferibili sia al diverso grado di percezione che ognuno può avere di un determinato contesto, sia alle diverse condizioni e situazioni in cui i viaggi si sono svolti.

In merito al grado di importanza attribuito a tali fattori (Figura 33) il fattore maggiormente segnalato, in generale, è risultato di gran lunga il "carico mentale", che è stato messo al primo posto assoluto nel 57% dei viaggi. Seguono il "carico fisico", la "pressione del tempo" e la "prestazione" resa, mentre sono stati denunciati meno lo "sforzo" richiesto e il livello di "frustrazione".

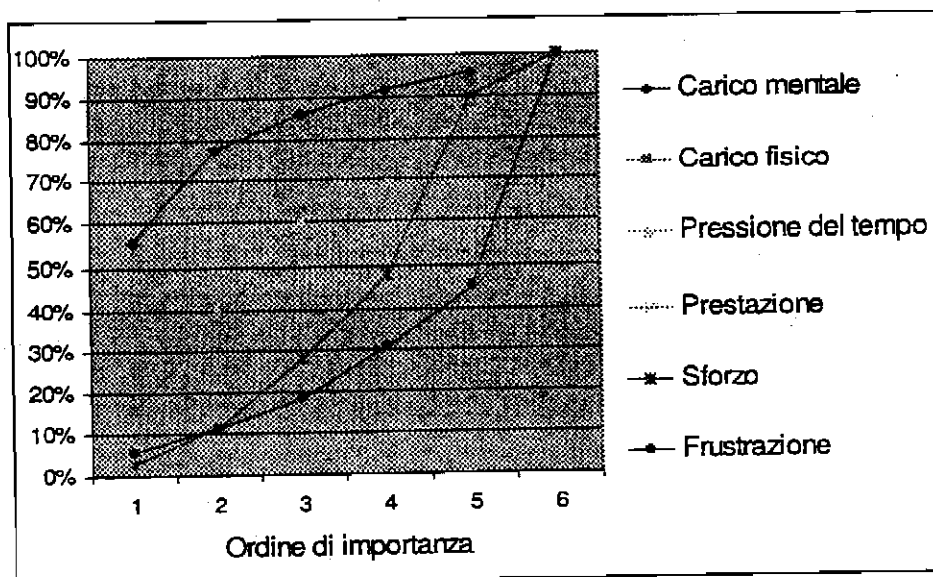
Il "carico mentale" viene maggiormente denunciato dai soggetti più anziani (68%) rispetto agli altri (52%), più di giorno che di notte (66% vs. 50%), maggiormente in condizione "SCMT" (70%) rispetto a "Base" (53%) e "Vacma" (50%), e di più nel settore "Cargo" (66.7%).

Il "carico fisico" appare più denunciato dai soggetti di età intermedia (55% al primo o al secondo posto), più di Notte che di Giorno (40% vs. 32%), senza particolari differenze per condizione, mentre è sensibilmente minore nel settore Cargo (21%) rispetto agli altri due (45%).

La "pressione del tempo" è maggiormente sentita dai soggetti più anziani (50% ai primi due posti rispetto al 35% degli altri) e soprattutto nei settori Passeggeri (50%) e Regionale (42%) rispetto al Cargo (33%).

Il "livello di frustrazione" è stato maggiormente sentito dalla classe di età intermedia (18%) rispetto agli anziani (9%) e ai giovani (4%); inoltre è stata maggiormente espressa in condizione Vacma (31% ai primi tre posti) rispetto alla condizione Base (22%) e SCMT (4%), e più nel settore Cargo (33% ai primi tre posti) rispetto al Regionale (13%) e al Passeggeri (6%).

Figura 33: Ordine di importanza dei fattori di carico di lavoro per tutti i turni (frequenza cumulativa).



Per quanto riguarda il "peso" di tali fattori, come per gli altri parametri dello studio si sono quindi effettuate le analisi statistiche in riferimento ai principali fattori dello studio, e cioè in relazione ad età, turni diurni e notturni, condizione (Base, Vacma, SCMT) e settore (Regionale, Cargo, Passeggeri). Nel complesso non si sono rilevate delle valutazioni significativamente diverse nelle varie situazioni e condizioni esaminate.

*Il carico mentale* è stato segnalato maggiormente dai più giovani, di giorno più che di notte, superiore nella condizione SCMT, e significativamente inferiore nel settore Cargo rispetto al Regionale e al Passeggeri (Tabella 94).

Tabella 94: Valutazione del carico mentale alla fine dei turni di lavoro.

		Media	Min-max	$\chi^2$ (p)
Età	30-35	6.52	2-10	1.397 (NS)
	40-45	6.00	2-9	
	50-55	5.86	3-9	
G/N	Giorno	6.26	2-9	0.292 (NS)
	Notte	6.00	2-10	
Condizione	Base	5.81	2-10	3.681 (NS)
	Vacma	5.94	4-8	
	SCMT	6.70	2-9	
Settore	Regionale	6.42	3-9	0.92 (NS)
	Cargo	5.29	2-10	
	Passeggeri	6.51	3-9	

Anche il *carico fisico* è stato percepito in modo leggermente maggiore dai più giovani, più con uso di SCMT, meno nel settore Cargo, e leggermente maggiore di Notte (Tabella 95).

Tabella 95: Valutazione del carico fisico alla fine dei turni di lavoro.

		Media	Min-max	$\chi^2$ (p)
Età	30-35	6.22	2-9	3.134 (NS)
	40-45	5.81	2-9	
	50-55	5.18	3-10	
G/N	Giorno	5.57	2-10	0.508 (NS)
	Notte	5.92	2-9	
Condizione	Base	5.31	2-9	3.274 (NS)
	Vacma	5.69	3-9	
	SCMT	6.39	2-10	
Settore	Regionale	5.77	2-9	6.046 (NS)
	Cargo	5.04	2-9	
	Passeggeri	6.75	3-10	

La *pressione del tempo* risulta percepita in modo maggiore dai più giovani, in condizione di SCMT, nel settore Passeggeri, ma senza sostanziali differenze tra giorno e notte (Tabella 96).



*Tabella 96: Valutazione della pressione del tempo alla fine dei turni di lavoro.*

		Media	Min-max	$\chi^2$ (p)
Età	30-35	5.87	3-10	1.318 (NS)
	40-45	5.54	1-8	
	50-55	5.18	2-8	
G/N	Giorno	5.37	1-9	0.519 (NS)
	Notte	5.69	2-10	
Condizione	Base	5.22	1-10	3.745 (NS)
	Vacma	5.38	3-7	
	SCMT	6.09	2-9	
Settore	Regionale	5.48	2-8	1.574 (NS)
	Cargo	5.25	1-10	
	Passeggeri	6.06	3-9	

Anche la *prestazione* fornita, al pari della pressione del tempo, risulta percepita in modo maggiore dai più giovani, in condizione di SCMT, nel settore Passeggeri, e senza sostanziali differenze tra turni diurni e turni notturni (Tabella 97).

*Tabella 97: Valutazione della prestazione alla fine dei turni di lavoro.*

		Media	Min-max	$\chi^2$ (p)
Età	30-35	6.39	3-10	6.182 ( $<.05$ )
	40-45	5.81	2-9	
	50-55	5.09	3-8	
G/N	Giorno	5.71	2-9	0.624 (NS)
	Notte	5.83	3-10	
Condizione	Base	5.56	2-10	2.913 (NS)
	Vacma	5.50	3-8	
	SCMT	6.26	2-9	
Settore	Regionale	5.97	3-8	5.137 (NS)
	Cargo	5.13	2-10	
	Passeggeri	6.38	3-9	

Anche lo sforzo richiesto appare essere percepito in modo maggiore dai più giovani, con uso di SCMT, nel settore Passeggeri, ma senza sostanziali differenze tra giorno e notte (Tabella 98).

Tabella 98: Valutazione dello sforzo alla fine dei turni di lavoro.

		Media	Min-max	$\chi^2 (p)$
Età	30-35	6.00	3-9	6.163 ( $<.05$ )
	40-45	5.46	1-8	
	50-55	4.55	2-8	
G/N	Giorno	5.12	1-8	8.476 (NS)
	Notte	5.53	2-9	
Condizione	Base	4.97	1-9	2.987 (NS)
	Vacma	5.38	3-8	
	SCMT	5.87	2-9	
Settore	Regionale	5.29	3-8	4.370 (NS)
	Cargo	4.92	1-9	
	Passenger	6.13	2-9	

Infine, il senso di frustrazione appare invece maggiore nei soggetti di età intermedia, sempre in condizione di SCMT, ma superiore nel settore Cargo, senza differenze tra giorno e notte (Tabella 99).

Tabella 99: Valutazione della frustrazione alla fine dei turni di lavoro.

		Media	Min-max	$\chi^2 (p)$
Età	30-35	4.48	1-9	11.135 ( $<.01$ )
	40-45	5.27	1-9	
	50-55	3.41	1-7	
G/N	Giorno	4.26	1-7	0.372 (NS)
	Notte	4.61	1-9	
Condizione	Base	4.09	1-9	2.962 (NS)
	Vacma	4.31	2-7	
	SCMT	5.00	2-9	
Settore	Regionale	4.48	1-9	0.778 (NS)
	Cargo	4.67	1-9	
	Passenger	4.00	1-7	

In sintesi, quindi: -

- il fattore di carico di lavoro maggiormente avvertito è il "carico mentale", seguito dal "carico fisico" e dalla "pressione del tempo";
- sono i soggetti più giovani coloro che percepiscono maggiormente il carico di lavoro in tutte le sue componenti, eccettuata la frustrazione;
- il carico di lavoro è percepito in modo preponderante nei turni notturni, soprattutto sotto l'aspetto fisico, dello sforzo e della frustrazione;
- la condizione di "SCMT" viene valutata in modo superiore rispetto a quelle di "Vacma" e "Base", ma ciò potrebbe essere in relazione alla "novità" di tale strumentazione;
- il settore Passeggeri esprime la valutazione maggiore per tutti i fattori, eccetto che per la frustrazione, che prevale nel Cargo.

## F. RILIEVI ELETTROMIOGRAFICI

Contestualmente alla registrazione elettroencefalografica, oculografica ed elettrocardiografica, si è proceduto, sempre mediante il registratore EMBLA, alla registrazione di due derivazioni bipolari dell'attività elettrica muscolare (elettromiografia) dei muscoli tibiali anteriori, destro e sinistro, per mezzo di elettrodi metallici di superficie, posizionati sulla pelle a livello del ventre e del capo superiore dei due muscoli.

In tal modo si è voluto indagare l'entità, in termini di frequenza e di potenziale elettrico, dell'attività di tali muscoli delle gambe nel corso del turno, in funzione dell'uso o meno del sistema Vacma, che implica movimenti di estensione del piede, possibili grazie alla contrazione dei muscoli tibiali anteriori.

Al fine di cercare di quantificare al meglio la sollecitazione relativa a tale attività, i tracciati elettromiografici sono stati depurati dalle "interferenze" mio-elettriche derivanti dall'attività tonica muscolare generale, definendo (sulla base delle osservazioni fatte al simulatore e dei tests eseguiti a inizio turno) una soglia di voltaggio superiore a  $250 \mu V$  per la siglatura della contrazione muscolare "effettiva".

Le contrazioni muscolari così definite e conteggiate comprendono, oltre ai movimenti specifici per il movimento del piede sulla pedana, anche gli altri movimenti fatti per modificare la posizione del piede (ad es. per alzarsi, cambiare assetto posturale) che normalmente avvengono nel corso del periodo di lavoro.

Si è calcolata la somma delle contrazioni di entrambi i muscoli dal momento che si sono osservati comportamenti molto diversi tra i vari macchinisti circa le modalità di azionamento del pedale (prevalentemente con una gamba, alternando parimenti le due gambe), in relazione a preferenze individuali e/o a diverse tipologie di assetto della postazione di guida e di posizionamento del pedale.

Si è pertanto calcolato e confrontato il numero di contrazioni registrate aventi un voltaggio superiore a  $250 \mu V$ , effettuate nel corso di un'ora esatta compresa nella seconda parte del turno di lavoro.

Si è deciso di confrontare le tre condizioni di guida a prescindere dal numero delle prove effettuate da ciascun macchinista, considerato che il loro numero non era omogeneo.

Tale disomogeneità è dipesa dal fatto che nei tre settori le prove effettuate in condizione "Base" sono state duplicate nel "Regionale" per fare il confronto tra autotrice ed elettromotrice, mentre è mancata la condizione "Vacma" nel settore "Passeggeri".

Si è quindi proceduto dapprima al calcolo della media di ciascun soggetto per le prove effettuate nelle diverse condizioni, sulle quali si sono poi effettuate le analisi statistiche di confronto.

La tabella 100 riassume i risultati globali relativi a tutte le corse effettuate nelle diverse condizioni. Come si può rilevare, rispetto alla condizione "Base", vi è un significativo aumento dell'attività muscolare dei muscoli tibiali sia nella condizione "Vacma" ( $t = 4.71$ ;  $p < .001$ ) che nella condizione "SCMT" ( $t = 5.20$ ;  $p < .001$ ), mentre non vi è differenza significativa tra "Vacma" e "SCMT" ( $t = 0.42$ ;  $p = NS$ ).

*Tabella 100. Numero di contrazioni "effettive" dei muscoli tibiali anteriori, dx e sin, nelle tre condizioni di guida.*

	Nr. soggetti	No. Prove	Media	d.s.	Min	Max
Base	12 +4*	32	44.9	24.1	17.3	108
Vacma	8	15	102.3	57.9	35	217
SCMT	12	24	128.0	60.6	46.5	235

\* replicato nel settore Regionale

In tutti e tre i settori la sollecitazione muscolare risulta maggiore nelle condizioni "Vacma" e "SCMT" rispetto alla "Base" (Tabella 101). I macchinisti del settore "Passeggeri", che hanno eseguito le prove solo in condizione Base e SCMT, riflettono le differenze statisticamente significative osservate per "Cargo" e "Regionale" ( $t = 3.70$ ,  $p < .05$ ).

*Tabella 101: Numero di contrazioni dei muscoli tibiali anteriori, dx e sin, nelle tre condizioni di guida, in relazione al settore di lavoro.*

Settore	Condizione	Media	d.s.	Min	Max
Regionale	<i>Base</i>	40.3	18.0	17	65.5
	<i>Vacma</i>	88.1	54.4	35	135
	<i>Scmt</i>	125.5	80.7	46.5	235
Cargo	<i>Base</i>	56.5	35.7	26	108
	<i>Vacma</i>	137.9	66.5	77.5	217.5
	<i>Scmt</i>	114.5	64.6	70	207.5
Passeggeri	<i>Base</i>	55.5	18.0	34.5	87.5
	<i>Scmt</i>	144.1	46.6	82	195

Parimenti, il confronto tra gruppi di età (Tabella 102) rileva uno stress muscolare decisamente superiore in condizione "Vacma" e "SCMT" rispetto alla condizione "Base": il rapporto è analogo in tutti e tre i gruppi, anche se i giovani appaiono presentare meno movimenti in generale.

*Tabella 102: Numero di contrazioni dei muscoli tibiali anteriori, dx e sin, nelle tre condizioni di guida, in relazione all'età.*

Età		Media	d.s.	Min	Max
30-35	<i>Base</i>	28.9	13.6	17	49.5
	<i>Vacma</i>	67.2	28.4	35	89
	<i>Scmt</i>	83.8	43.7	46.5	147
40-45	<i>Base</i>	60.3	26.6	27	108
	<i>Vacma</i>	162.5	47.6	135	217.5
	<i>Scmt</i>	163.8	70.2	82	235
50-55	<i>Base</i>	52.8	15.4	42.5	78.5
	<i>Vacma</i>	107.5	84.9	47.5	167
	<i>Scmt</i>	136.6	46.9	90	195

Anche il confronto tra **turni diurni e turni notturni** non mostra particolari modificazioni rispetto alle differenze sopramenzionate, essendo sempre analoga la differenza tra "Base" e le altre due condizioni sia di giorno (Base/Vacma:  $t = 4.45$ ,  $p < .01$ ; Base/SCMT:  $t = 4.93$ ,  $p < .001$ ) che di notte (Base/Vacma:  $t = 3.44$ ,  $p < .01$ ; Base/SCMT:  $t = 4.93$ ,  $p < .001$ ); mentre non vi è differenza significativa tra "Vacma" e "SCMT" sia di giorno ( $t = 0.52$ ,  $p = \text{NS}$ ) che di notte ( $t = 0.36$ ;  $p = \text{NS}$ ).

In sintesi quindi emerge una chiara differenza di sollecitazione della muscolatura delle gambe nelle condizioni "Vacma" e "SCMT", che risulta aumentata mediamente di 2-3 volte rispetto alla condizione Base.

## G. PROVE AL SIMULATORE

Le prove al simulatore hanno avuto lo scopo di verificare l'eventuale corrispondenza delle risposte fisiologiche registrate in condizioni sperimentali e in condizioni reali di lavoro.

Come riportato nella sezione "metodi", tre macchinisti, uno per ciascun settore, sono stati sottoposti alle stesse registrazioni elettrofisiologiche, ormonali e soggettive nel corso di una condotta al simulatore della durata di un'ora, sulla stessa tratta (Firenze-Arezzo), sia di Giorno che di Notte, e in condizione di guida "Base" e "Vacma".

I dati ottenuti sono stati confrontati con quelli raccolti nel corso delle prove effettuate in precedenza "sul campo", in analoghe condizioni (Base e Vacma, Giorno e Notte).

E' chiaro che il confronto è puramente indicativo, non essendo compatibili i turni di lavoro per durata e per orario di misura dei parametri. Ad esempio, per le registrazioni sul campo si è considerata l'ultima ora di viaggio per i parametri di vigilanza e di risposta cardiaca. Per le scale di valutazione, si consideri che il giudizio del macchinista è stato registrato dopo 6-8 ore di lavoro, mentre al simulatore la durata massima è stata di 3 ore circa; lo stesso vale per la determinazione degli ormoni urinari.

E' ad ogni modo interessante riportare tali dati come prime indicazioni nella prospettiva di valutare quanto possa essere impiegato il simulatore come strumento utile, ed eventualmente predittivo, anche delle risposte psico-fisiologiche dei soggetti nei diversi tests di guida.

Le prove al simulatore sono servite anche per comprendere meglio il significato dei segnali elettrofisiologici registrati con il registratore multicanale, considerato che, in tale condizione, essi si presentavano meno contaminati da "interferenze" connesse con l'ambiente di lavoro esterno. E' stato inoltre possibile replicare alcune manovre sotto diretta osservazione del parametro in registrazione, ai fini di migliorare la taratura delle scale di valutazione o di una più precisa definizione del valore-soglia di un determinato segnale.

Come si può vedere dalle tre tabelle (103, 104, 105) e figure (34, 35, 36) seguenti, che sintetizzano i dati raccolti nei tre soggetti esaminati, vi è una discreta corrispondenza per la maggior parte dei parametri. Senza voler entrare nel dettaglio, in ragione delle considerazioni soprariportate, può essere interessante rilevare la discreta corrispondenza che si riscontra nell'attività elettrica cerebrale, nel test di performance e nel grado di sollecitazione dei muscoli tibiali.

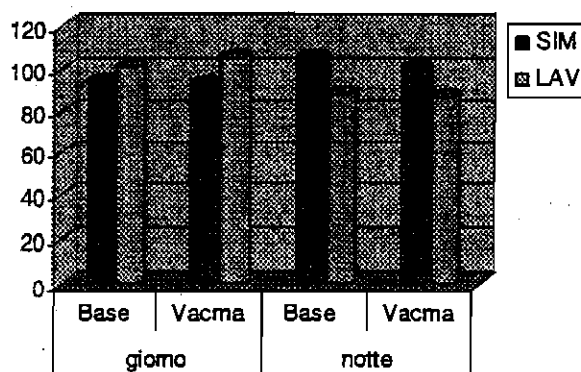


Tabella 103: Confronto dei diversi parametri registrati al simulatore (SIM) e nel normale turno di lavoro (LAV). Soggetto A.

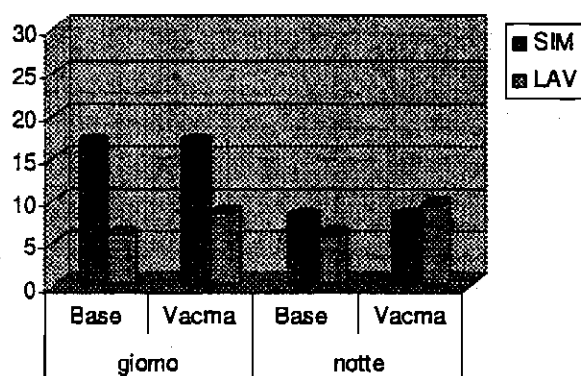
	Giorno				Notte			
	Base		Vacma		Base		Vacma	
	SIM	LAV	SIM	LAV	SIM	LAV	SIM	LAV
<b>EEG</b>								
% vigilanza	100	100	100	100	100	100	100	100
% densità alpha	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Frequenza Cardiaca</b>								
	94.4	100.66	92.95	105.50	105.0	88.20	100.42	87.22
<b>Ormoni</b>								
adrenalina	156	112	156	131	137	52	137	78
nor_adrenalina	502	631	502	565	614	301	614	179
cortisolo	16.9	6.03	16.9	8.54	8.10	5.92	8.10	9.46
melatonina	17.30	7.15	17.30	5.10	29.00	25.50	29.00	43.30
<b>Test Performance</b>								
<b>PRIMA</b>								
Tempi di reazione	534	531	512	532	537	560	513	547
errori	2	1	3	4	4	2	2	3
omissioni	8	1	4	3	7	9	6	10
<b>DOPO</b>								
Tempi di reazione	512	517	519	520	531	522	518	525
errori	3	1	3	2	2	3	3	2
omissioni	4	4	8	2	6	6	3	5
<b>Autovalutazioni</b>								
<b>PRIMA</b>								
Umore	4	4	4	5	3	4	4	4
Forma fisica	6	4	4	4	4	3.5	5	3
Fatica	12	11.5	16	13	14	20	18	24
Sonno	2	2	3	3	3	4	3	7
<b>DOPO</b>								
Umore	4	4	5	4	4	4.5	4	4
Forma fisica	4	4	4	3	5	2.5	2	2
Fatica	16	17.5	15	23	18	27.5	25	27
Sonno	3	3.5	2	4	3	6.5	6	7
<b>Contrazioni muscolari tibiali</b>								
	8	40	180	90	5	14	140	180

Figura 34: Confronto tra medie di alcuni parametri, registrati al simulatore e in condizioni reali di lavoro, nel soggetto A.

### Frequenza Cardiaca



### Cortisolo



### Contrazioni muscolari tibiali

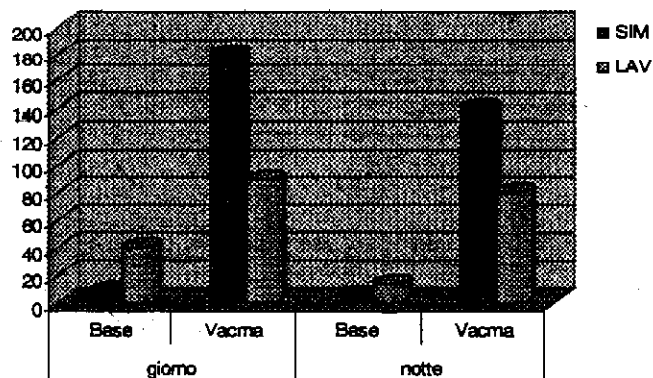


Tabella 104: Confronto dei diversi parametri registrati al simulatore (SIM) e nel normale turno di lavoro (LAV). Soggetto B.

	Giorno				Notte			
	Base		Vacma		Base		Vacma	
	SIM	LAV	SIM	LAV	SIM	LAV	SIM	LAV
<b>EEG</b>								
% vigilanza	99.5	98.3	98.3	99.4	99.4	100	99.4	100
% densità alpha	10	16.7	13.3	10	10	0	10	0

<b>Frequenza Cardiaca</b>	82.52	81.27	80.96	88.2	72.93	72.16	70.38	81.74
---------------------------	-------	-------	-------	------	-------	-------	-------	-------

<b>Ormoni</b>								
adrenalina	124	106	124	183	102	103	102	110
nor_adrenalina	360	245	360	315	394	247	394	195
cortisolo	8.30	27.48	8.30	31.76	9.90	12.53	9.90	14.29
melatonina	1.70	1.30	1.70	2.00	40.0	42.4	40.0	30.8

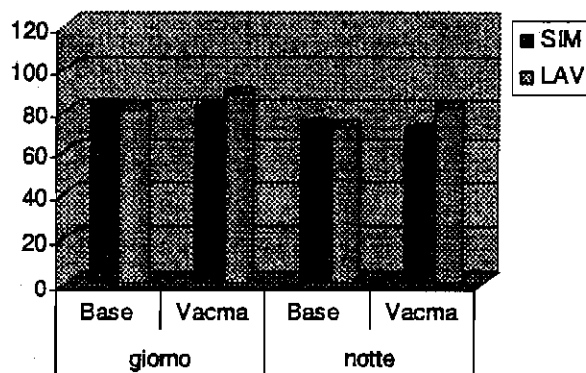
<b>Test Performance</b>								
PRIMA								
Tempi di reazione	589	560	561	550	561	638	552	561
errori	1	0	0	0	1	0	1	0
omissioni	8	4	5	2	2	11	7	1
DOPO								
Tempi di reazione	561	573	591	549	552	581	554	563
errori	0	0	1	0	1	1	0	1
omissioni	5	3	9	3	7	5	2	8

<b>Autovalutazioni</b>								
PRIMA								
Umore	4	4	4	4	5	3	4	3
Forma fisica	2	2	3	3	4	3	3	2
Fatica	22	24	20	23	18	21	24	23
Sonno	4	5	4	2	3	2	4	4
DOPO								
Umore	4	3	5	5	4	6	4	3
Forma fisica	3	2	4	4	3	2	2	2
Fatica	20	27	19	24	24	27	28	22
Sonno	4	4	4	2	4	5	5	4

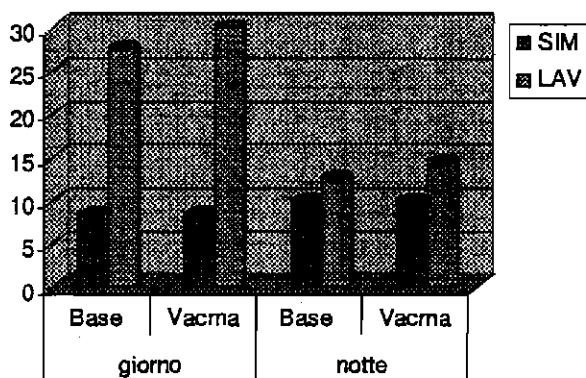
<b>Contrazioni muscolari tibiali</b>								
	30	50	28	60	18	49	23	95

Figura 35: Confronto tra medie di alcuni parametri, registrati al simulatore e in condizioni reali di lavoro, nel soggetto B.

### Frequenza Cardiaca



### Cortisolo



### Contrazioni muscolari tibiali

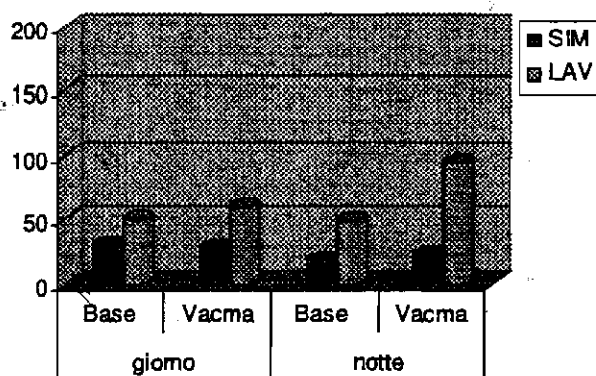
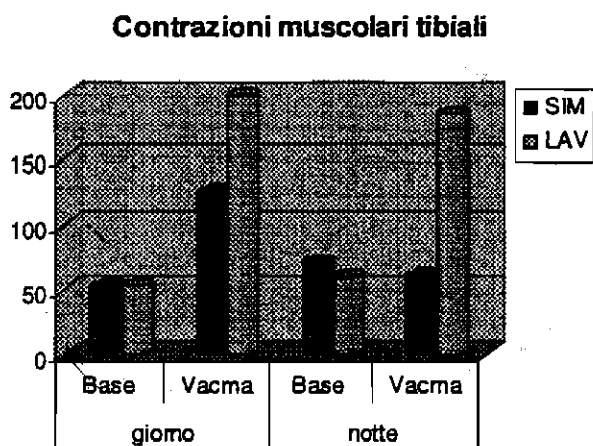
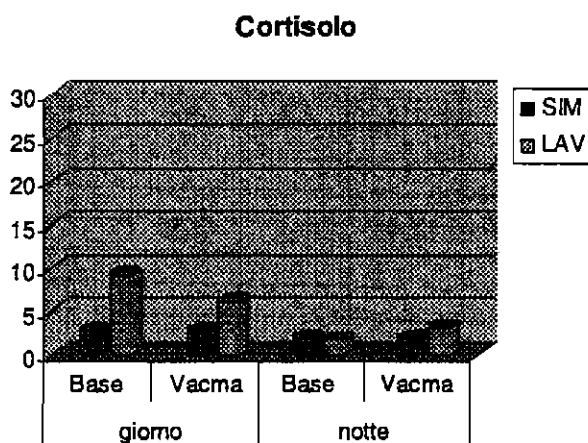
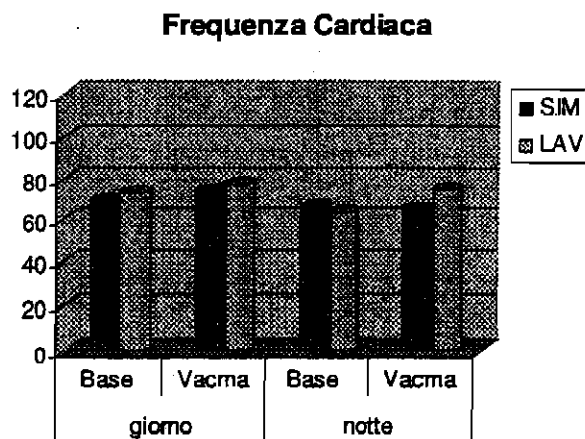


Tabella 105: Confronto dei diversi parametri registrati al simulatore (SIM) e nel normale turno di lavoro (LAV). Soggetto C.

	Giorno				Notte			
	Base		Vacma		Base		Vacma	
	SIM	LAV	SIM	LAV	SIM	LAV	SIM	LAV
<b>EEG</b>								
% vigilanza	100	100	100	100	100	93.9	100	100
% densità alpha	0	0	0	0	0	12.7	0	0
<b>Frequenza Cardiaca</b>								
	68.75	73.57	74.00	77.73	66.20	63.59	64.70	75.00
<b>Ormoni</b>								
adrenalina	25	66	25	44	29	13	29	51
nor_adrenalina	99	437	99	267	192	222	192	459
cortisolo	2.70	9.20	2.70	6.10	1.90	1.70	1.90	3.20
melatonina	0.8	7.5	0.8	3.2	21.9	36.0	21.9	31.0
<b>Test Performance</b>								
<b>PRIMA</b>								
Tempi di reazione	527	519	558	543	550	523	574	524
errori	1	4	1	5	2	0	1	1
omissioni	0	1	1	1	1	1	1	2
<b>DOPO</b>								
Tempi di reazione	558	537	546	514	574	552	589	508
errori	1	2	0	1	1	2	0	4
omissioni	1	1	1	0	1	1	3	3
<b>Autovalutazioni</b>								
<b>PRIMA</b>								
Umore	6	6	6	4	4	4	4	4
Forma fisica		7		4	6	4	4	6
Fatica		9		9	10	10	14	13
Sonno	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>DOPO</b>								
Umore	6	6	6	4	4	4	4	4
Forma fisica		6		4	4	4	4	2
Fatica		10		19	14	22	15	23
Sonno	1	1	1	3	1	3	3	3
<b>Contrazioni muscolari tibiali</b>								
	52	53	125	205	70	59	60	185

Figura 36: Confronto tra medie di alcuni parametri, registrati al simulatore e in condizioni reali di lavoro, nel soggetto C.



## SINTESI DEI RISULTATI E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Come riportato in Premessa, e in particolare nella sezione Metodi, lo studio ha preso in considerazione tratte e turni abitualmente effettuati dai macchinisti nel corso delle loro normali turnazioni di lavoro, e ritenuti rappresentativi della tipologia "media" dell'attività lavorativa usualmente svolta in tutti e tre i settori (Regionale, Cargo e Passeggeri). Si è pertanto cercato e voluto esaminare condizioni di lavoro del tutto abituali, interferendo il meno possibile (solo con l'applicazione dell'apparecchiatura di registrazione) sulle condizioni di lavoro.

Le registrazioni hanno quindi interessato turni di durata variante da 5 a 8 ore nel settore Regionale, da 6.5 a 10 ore nel settore Cargo, e da 7 a 10 ore nel settore Passeggeri, comprendendo da due a quattro periodi di guida/assistenza nel corso del turno stesso, della durata continuativa, variante tra un minimo di 45 minuti, nei settori Regionale e Passeggeri, e un massimo di 4h11' nel settore Cargo. Nell'ambito del ciclo di turnazione si sono inoltre esaminati (salvo sporadiche eccezioni) i turni non immediatamente seguenti i giorni di riposo, ma all'interno o alla fine del ciclo di turno.

Sono stati quindi esaminati complessivamente 72 turni di lavoro, 36 diurni e 36 notturni, di cui 32 nel settore Regionale, 24 nel settore Cargo, 16 nel settore Passeggeri, per un totale di oltre 600 ore di lavoro. In relazione alla tipologia di guida, 32 sono state effettuate con la presenza del doppio agente, 16 con agente unico e dispositivo VACMA, e 24 con agente unico e dispositivo SCMT.

Anche la scelta dei soggetti, oltre che sulla base della volontarietà e disponibilità individuale, si è orientata, dato il piccolo gruppo previsto dallo studio, sulla scelta di soggetti che presentassero caratteristiche psico-fisiologiche e di personalità nella "media" dei parametri indagati mediante lo "Standard Shiftwork Index" (Barton et al.), in particolare per quanto riguarda le caratteristiche di sonno (sonnotipo, rigidità/flessibilità, capacità di vincere la sonnolenza), l'introversione, il neuroticismo, la mattutinità/serotinità, l'ansia cognitiva e somatizzata. Ciò è stato dettato dal piano di studio, che ha previsto l'esame di 12 soggetti (4 per ogni gruppo di età [30-35, 40-45, 50-55] e per ciascuno dei 3 settori) con misure ripetute nelle diverse condizioni di guida (normale, con uso di sistema "Vacma", con uso di sistema "SCMT", sia di giorno che di notte), onde limitare il più possibile la loro interferenza (come

"fattori di confondimento") sugli eventuali effetti relativi ai principali aspetti da valutare, e cioè: età, turni diurni e notturni, settore, condizione di guida.

Dopo un'attenta valutazione dei pro e contro delle due opzioni possibili (misure singole su un esteso numero di soggetti o misure ripetute su un numero ristretto di soggetti), si è deciso di scegliere la seconda alternativa, in ragione di due ordini di considerazioni: a) cercare di limitare l'effetto della variabilità interindividuale che avrebbe reso più difficile il confronto tra le diverse condizioni, non avendo parametri di riferimento "assoluti", e quindi valutando ciascun soggetto come "controllo" di se stesso; b) servire come base di riferimento di eventuali successivi studi (essendo questo tipo di studio il primo che viene effettuato in tale ambito), volti ad approfondire ulteriori aspetti che si ritenessero importanti da valutare, come ad esempio il comportamento di soggetti con caratteristiche "opposte" dal punto di vista di alcuni tratti comportamentali o di personalità, ovvero le risposte dei macchinisti in differenti condizioni operative sia in termini organizzativi che ambientali.

Ciononostante, come è emerso per la pressoché totalità dei parametri indagati, la variabilità della risposta interindividuale presenta ancora una significativa influenza. Tuttavia, come si è evidenziato dai dati registrati e riportati nelle rispettive sezioni, ciò appare imputabile essenzialmente a diverse caratteristiche fisiologiche su base costituzionale, piuttosto che a differenti modalità di risposta in relazione alle diverse situazioni di lavoro.

Ciò premesso, appare opportuno richiamare sinteticamente quanto emerso dai risultati dello studio:

a) Le registrazioni elettroencefalografiche hanno evidenziato come i livelli di vigilanza siano in generale molto elevati in tutte le condizioni di lavoro. Più in particolare, la percentuale di periodi assenti da segni elettroencefalografici di ipovigilanza è stata in media del 95.7% del totale di tutti i microperiodi ("epoche" di 20 secondi) esaminati nell'arco delle oltre 600 ore di registrazione, senza significative differenze né tra i settori (Regionale, Cargo, Passeggeri) né tra le diverse condizioni di guida ("Base", "Vacma", "SCMT").

Dieci soggetti su 12 hanno presentato segni elettroencefalografici indicativi di uno stato transitorio di ridotta vigilanza in meno del 4% di tutti i microperiodi considerati, e 5 soggetti addirittura in meno dell'1% di tutte le situazioni; d'altro canto due soggetti hanno presentato mediamente una frequenza percentuale di periodi di ipovigilanza tra il 19.6% e il 23.5% in un caso, e tra l'11.7% e il 12.1% nell'altro caso; nei periodi nei quali sono stati evidenziati segni



EEG di ipovigilanza, la loro "densità" è stata mediamente del 9.1%, arrivando ad un massimo del 40%.

I periodi di ipovigilanza variano in media dal 1.3% al 19.3% nella prima parte dei turni e dal 2.9% al 24.8% nel corso della seconda parte degli stessi, mentre sono ugualmente poco frequenti, in generale, sia di giorno che di notte: tuttavia alcuni dei brevi periodi di ipovigilanza che compaiono di notte sono un po' più intensi.

Vi sono alcune differenze significative in relazione all'età, ove i soggetti più giovani hanno presentano minori livelli di vigilanza soprattutto nei turni diurni e prevalentemente nella prima parte del turno, mentre nei soggetti più anziani vi è un peggioramento nella parte finale del turno, soprattutto nelle ore notturne.

b) Dall'analisi della risposta cardiaca è emerso che il "costo cardiaco" del lavoro risulta essere di grado "lieve / moderato", ma che vi sono significative differenze in termini di frequenza cardiaca durante il lavoro da parte dei diversi soggetti, in relazione a diversi atteggiamenti di tipo vago-tonico o simpatico-tonico. Non vi sono peraltro significative differenze in relazione al gruppo di età, nè tra i diversi settori (Regionale, Cargo, Passeggeri), nè tra le diverse condizioni ("Base", "Vacma", "SCMT"), nè tra la prima e la seconda parte del turno di guida, mentre la risposta cardiaca differisce significativamente tra giorno e notte, risultando inferiore nei turni notturni, nonostante lo sforzo compensativo richiesto per il mantenimento dello stato di veglia e di attività, in quanto ancora condizionata dal ritmo circadiano di base.

Anche la variabilità della frequenza cardiaca (HRV) non presenta alcuna relazione né con il settore lavorativo né con la condizione di lavoro ("Base", "Vacma", "SCMT"); essa peraltro conferma la significativa variabilità interindividuale e testimonia dello sforzo adattativo richiesto per il lavoro notturno.

c) L'escrezione ormonale ha mostrato come vi siano significative differenze tra i diversi soggetti nei livelli di escrezione per tutti gli ormoni considerati (cortisolo, adrenalina, nor-adrenalina e melatonina), ma tutti entro il range di normalità e senza differenze significative tra i tre gruppi di età. Si è peraltro rilevata una chiara differenza di escrezione tra ore diurne e ore notturne legata all'influenza del normale ritmo circadiano, con maggiore escrezione nei turni diurni per cortisolo, adrenalina e nor-adrenalina, mentre è maggiore nei turni notturni

per la Melatonina. Ciò conferma del mantenimento della normale sincronizzazione circadiana di tutti i soggetti, anche se la evidente riduzione della fisiologica differenza tra giorno e notte, per quanto riguarda cortisolo e catecolamine, indica come il ritmo biologico venga parzialmente "mascherato" dallo sforzo adattativo richiesto per la veglia notturna.

Non si sono rilevate differenze significative, per tutti gli ormoni, tra i diversi settori (Regionale, Cargo, Passeggeri), anche se nell'ambito del settore Regionale vi è una maggiore escrezione di cortisolo nella guida delle automotrici rispetto alle elettromotrici, evidenziando un maggiore stress psico-fisico in tale condizione.

Non si sono riscontrate differenze significative, per tutti gli ormoni, tra le diverse condizioni ("Base", "Vacma", "SCMT").

d) Il test di performance ha evidenziato come, in generale, i tempi di reazione migliorino leggermente tra inizio e fine turno, a testimonianza del mantenimento di un elevato stato di prestazione psico-fisica; vi è peraltro una significativa influenza dell'età, in termini di allungamento dei tempi di reazione e aumento degli errori nei soggetti più anziani. Si registra inoltre una leggera riduzione della performance nelle ore notturne, sia in generale che nel corso del turno, mentre nei turni diurni essa tende a migliorare alla fine, verosimilmente in relazione all'influenza del ritmo circadiano della performance, che presenta il suo picco nelle ore pomeridiane, ore in cui terminano generalmente i turni diurni. Si è rilevata una certa influenza del settore, ove nel Regionale di sono riscontrati tempi di reazione più brevi, verosimilmente influenzati dal fatto che in tale settore non vi è la notte completa; non vi è invece alcuna relazione significativa con il fattore "Condizione" ("Base", "Vacma", "SCMT").

e) La valutazione soggettiva del carico di lavoro indica che il fattore di carico di lavoro maggiormente avvertito è il "carico mentale", seguito dal "carico fisico" e dalla "pressione del tempo". Sono soprattutto i soggetti più giovani coloro che percepiscono maggiormente il carico di lavoro in tutte le sue componenti, eccettuata la frustrazione. Esso viene giudicato in modo più sfavorevole nei turni notturni, soprattutto sotto l'aspetto fisico, dello sforzo e della frustrazione.

La condizione di "SCMT" viene valutata complessivamente in modo meno favorevole rispetto a quelle di "Vacma" e "Base", ma ciò potrebbe essere in relazione alla "novità" di tale strumentazione. I macchinisti del settore Passeggeri esprimono una valutazione

maggiormente sfavorevole per tutti i fattori, eccetto che per la frustrazione, che prevale nel Cargo.

f) La valutazione soggettiva delle condizioni psico-fisiche nel corso del lavoro evidenzia come tra inizio e fine turno l'umore rimanga sostanzialmente invariato, mentre decresce la forma fisica e aumenta la sensazione di fatica e la sonnolenza. I macchinisti più giovani presentano, già prima di iniziare il turno, minori livelli di forma fisica e maggiori livelli di fatica e, alla fine del turno, lamentano un più alto livello di sonnolenza. Le condizioni psico-fisiche sono percepite in modo più sfavorevole nel corso dei turni notturni, soprattutto in termini di stanchezza e di sonnolenza.

I macchinisti, nella condizione "Vacma", esprimono valutazioni più sfavorevoli delle loro condizioni psico-fisiche già prima di iniziare il lavoro, mentre poi l'andamento nel corso del turno è sostanzialmente analogo in tutte e tre le condizioni e per tutti e quattro i fattori valutati: ciò fa ritenere che l'attuale disputa in corso sull'impiego del "Vacma" abbia influenzato, consciamente o inconsciamente, la percezione delle loro condizioni psico-fisiche quando costretti a lavorare con tale strumento.

Non emergono sostanziali differenze tra i tre settori di lavoro nell'andamento tra inizio e fine turno, e non si registra alcuna correlazione tra la percezione soggettiva della sonnolenza e i riscontri obiettivi di ipovigilanza all'elettroencefalogramma.

g) Le registrazioni elettromiografiche indicano una chiara differenza di sollecitazione della muscolatura delle gambe nelle condizioni "Vacma" e "SCMT". Le contrazioni "significative" dei muscoli tibiali aumentano mediamente di 2-3 volte nelle condizioni "Vacma" e "SCMT" rispetto alla condizione "Base". Oltre all'aumento in frequenza vi è ovviamente anche un aumento in intensità, sulla cui entità in termini di fatica muscolare non è possibile dare una risposta precisa in quanto la tecnica utilizzata non era indirizzata in tal senso. Sulla base della tipologia e modalità di contrazione (contrazioni brevi, forza lieve) e dei pareri espressi dai macchinisti nel corso delle prove, pare comunque di poter affermare che tali contrazioni non siano tali da determinare uno stato di alterazione muscolare di tipo patologico, quanto piuttosto una condizione di transitorio affaticamento e disturbo sia sotto l'aspetto fisico (contratture, dolori, lievi crampi) che mentale (tensione, ansia). Per quanto riguarda l'aspetto fisico, esso appare essenzialmente in relazione con le posture forzate che

devono essere mantenute per azionare l'apparecchiatura, che costringono ad atteggiamenti contratti sia delle gambe che della colonna vertebrale, soprattutto in relazione alle postazioni poco ergonomiche della maggior parte dei posti di guida esaminati: ciò mi consta essere oggetto di uno studio specifico di riprogettazione da parte di codesto Ente.

h) Le prove al simulatore indicano che, al di là della loro utilità al fine di tarare e interpretare, in condizioni controllate, alcuni rilievi registrati sul campo, esse possono essere utilmente impiegate per verificare le risposte dei macchinisti in diverse condizioni di guida, sia sotto il profilo delle condizioni ambientali che delle procedure operative, anche al fine di testare eventuali modifiche o innovazioni da mettere in atto nelle condizioni operative reali.

In relazione a tali risultati appare infine opportuno fare alcune considerazioni sui principali aspetti oggetto dello studio, in particolare:

#### 1) Livelli di vigilanza e turni di lavoro

Occorre premettere, a tale riguardo, che lo stato di vigilanza (e per converso di sonnolenza) è la risultante del processo di regolazione delle interazioni tra uomo e ambiente; esso è determinato sia da condizionamenti interni alla persona, di natura fisiologica e/o patologica, sia da condizionamenti esterni connessi al contesto lavorativo e socio-ambientale. Esso risulta infatti principalmente dal bilancio tra il ritmo fisiologico circadiano, determinato dall'orologio biologico interno, che favorisce naturalmente la veglia diurna e il sonno notturno, e il debito di sonno che progressivamente si instaura in relazione al tempo di veglia trascorso dal precedente sonno, e se tale sonno è stato adeguato o meno. Esso è inoltre sensibilmente influenzato dal livello di stimolazione dell'ambiente, in particolare dal tipo di compito lavorativo (ad es. significato, ripetitività, monotonia), nonché da alcune caratteristiche individuali, sia di tipo fisiologico (ad es. età, ansia, estroversione), sia di tipo comportamentale (ad es. interesse, motivazione, stress, dieta, pisolini, alcool, caffè) che patologico (ad es. disturbi primitivi e/o secondari del sonno, malattie croniche, farmaci).

In condizioni normali quindi lo stato di vigilanza e l'efficienza delle funzioni psicomotorie mostrano, in generale, un progressivo aumento dopo il risveglio, con picco nel tardo mattino e nelle prime ore del pomeriggio, per poi peggiorare progressivamente nelle ore serali, fino a presentare i livelli più bassi nelle ore notturne. Inoltre, la relazione tra efficienza

mentale e attivazione psico-biologica ("arousal") viene descritta in generale come una curva a "U" invertita, per cui c'è un livello ottimale di "arousal" al di sopra ("overload") o al di sotto ("underload") del quale la performance peggiora; inoltre, quanto più ci si allontana dal livello ottimale tanto più aumenta la variabilità della risposta.

I livelli ottimali di "arousal" per un determinato compito dipendono anche dalle sue caratteristiche, ove i compiti più complessi presentano livelli di arousal ottimali più bassi. D'altro canto, aumentati livelli di arousal, dovuti a più alta motivazione o elevate richieste del compito, fanno diminuire l'oscillazione circadiana, che viene mascherata dallo sforzo aggiuntivo, messo in atto per compensare la riduzione di vigilanza e l'aumento della fatica. Al contrario, la mancanza di interesse o un compito noioso hanno l'effetto opposto: infatti le oscillazioni circadiane si fanno più evidenti quando vi sia scarsa motivazione o interesse per il lavoro.

In letteratura vi sono numerosi studi che riportano segni di eccessiva sonnolenza nei macchinisti, soprattutto durante le ore notturne (vedi bibliografia). Ciò è stato messo in relazione con numerosi fattori quali: schemi di turno molto irregolari; intervalli tra un turno e l'altro troppo brevi; sonno non adeguato nei periodi trascorsi fuori casa; monotonia di guida; inizio molto precoce del turno del mattino. Alcuni autori hanno documentato casi di estrema sonnolenza, quali il colpo di sonno durante la guida, particolarmente nelle ore notturne (vedi Akerstedt et al. 1983; Kogi e Otha 1975) e stimano che il 17% degli incidenti ferroviari siano imputabili ad eccessiva sonnolenza (Kecklund et al. 1999). Di qui l'esigenza e la ricerca di sistemi atti a sostenere la vigilanza e verificare la presenza operativa dei macchinisti.

E' stato richiamato in premessa dello studio come il lavoro in turni, particolarmente nel caso di lavoro notturno e con orari di inizio molto anticipati al mattino presto, sia in grado di causare una sicura interferenza sul normale ritmo sonno/veglia e sul recupero di sonno, in grado di determinare effetti negativi sullo stato di vigilanza durante il lavoro, con conseguenti possibili effetti negativi sullo stato di benessere psico-fisico della persona e sull'efficienza ed efficacia della performance lavorativa (errori, incidenti, infortuni). Come è ben documentato da numerosi studi condotti in questi anni nei lavoratori a turni di diversi settori produttivi, tutto ciò può essere sensibilmente attenuato e compensato attraverso adeguati interventi a livello organizzativo, da un lato, e altrettanti adeguati comportamenti a livello individuale, dall'altro. Ne consegue che la strategia volta a garantire e sostenere elevati livelli di vigilanza

e di performance deve prioritariamente e principalmente basarsi su idonee azioni preventive in entrambi tali ambiti.

Dal punto di vista dell'organizzazione degli orari di lavoro vi è un generale consenso tra gli esperti nel ritenere che una pianificazione degli schemi di turno secondo criteri ergonomici sia in grado di attenuare gli effetti sfavorevoli del lavoro a turni (e in particolare notturno) sulla vigilanza, la performance, e il benessere degli operatori (vedi Colquhoun et al. 1996 e Costa 2003 per rassegne di sintesi).

Tali criteri risultano in buona parte soddisfatti nel caso dei turni effettuati dai soggetti esaminati. In particolare si tratta di turni a rotazione rapida, con una sola o al massimo due notti di lavoro per ciclo, con almeno 11 ore di riposo tra un turno e l'altro, generalmente con rotazione in ritardo di fase, con largo anticipo nella comunicazione del turno (alcuni mesi), che compensa l'elevata irregolarità nella cadenza dei periodi di lavoro, e con discreta possibilità di cambiare il turno a seconda delle esigenze della persona.

Per converso, vi sono da rilevare due aspetti che possono risultare importanti nell'influenzare la vigilanza e la performance, ossia l'inizio molto precoce di alcuni turni del mattino (soprattutto nel settore Regionale), e la lunga durata di alcuni turni, soprattutto nel settore Cargo, dove si associa anche una maggiore monotonia del compito. Ciò può facilitare una relativa deprivazione di sonno nel primo caso, e una eccessiva stanchezza nel secondo caso, con conseguenti riflessi negativi in termini di attenzione e vigilanza.

I risultati emersi nello studio, in riferimento al principale parametro di analisi delle condizioni di vigilanza dei soggetti, ossia la registrazione dell'attività elettrica cerebrale, indicano che, in generale, la percentuale di periodi con segni transitori di ipovigilanza, nel corso dei turni di lavoro e in tutti i soggetti, è molto bassa (inferiore al 5% del totale dei microperiodi esaminati nel corso di tutte le oltre 600 ore di lavoro registrate, risultando leggermente superiore nella seconda parte del turno rispetto alla prima. Anche di notte i livelli di vigilanza sono risultati ugualmente elevati come di giorno, pur se alcuni dei brevi periodi di ipovigilanza registrati risultano un po' più intensi.

Tali riscontri appaiono quindi confermare la sostanziale bontà del ciclo di turnazione adottato, come viene altresì indicato dal mantenimento del normale ritmo di secrezione ormonale, in particolare della Melatonina, che testimonia la persistenza della normale sincronizzazione circadiana dei soggetti che, come ampiamente dimostrato in letteratura, non viene alterata da una o due notti consecutive di veglia/lavoro.

Vi è comunque un ovvio riscontro di una maggior percezione del carico di lavoro di notte, soprattutto sotto l'aspetto del carico fisico, dello sforzo e della frustrazione. D'altro canto la risposta cardiaca e quella ormonale testimoniano il compenso adattativo messo in atto per mantenere idonei livelli di performance nel corso delle ore notturne, documentato dalla riduzione della fisiologica differenza dei livelli di frequenza cardiaca e di escrezione di cortisolo e catecolamine (adrenalina e nor-adrenalina) tra giorno e notte, connessi al normale ritmo sonno/veglia. Tali risposte indicano comunque uno "sforzo" di grado moderato.

Peraltro lo stesso grado di percezione di fatica e di sonnolenza alla fine del turno da parte dei macchinisti, pur risultando nettamente superiore rispetto all'inizio del turno di lavoro, non fa rilevare, in generale, livelli particolarmente elevati, attestandosi attorno ai livelli mediani delle scale. Inoltre il test di performance evidenzia tempi di reazione addirittura leggermente inferiori dopo i turni, sia di giorno che notte, a testimonianza che i macchinisti hanno mantenuto soddisfacenti livelli di prestazione psico-fisica per tutto il turno, nonostante alla fine del turno la stanchezza si faccia maggiormente sentire anche attraverso un leggero aumento degli errori e/o delle omissioni al test.

## 2) Strategie comportamentali e risposte individuali

Come accennato sopra, idonee strategie comportamentali sono l'altro elemento su cui si basa il mantenimento di un elevato livello di vigilanza e di performance. E' evidente che il soggetto turnista deve assumere degli adeguati stili di vita in grado da consentirgli di mettere in atto efficaci misure compensative nei riguardi dello stress relativo al lavoro in turni, al fine di garantirgli, nel modo migliore possibile, un soddisfacente recupero del sonno e della condizione psico-fisica.

Non è infatti pensabile che tale fattore di stress, che nel settore dei trasporti è una condizione necessaria volta a soddisfare esigenze di servizio sociale, non debba essere affrontato con adeguate contromisure, che riguardano l'adozione di corretti stili di vita che pongano particolare attenzione all'igiene del sonno (orari, durata, condizioni ambientali), alla dieta (orari dei pasti, quantità e qualità dei cibi, caffè, bevande alcoliche e stimolanti), alle condizioni psico-fisiche (esercizio fisico, fumo, assunzione di farmaci).

Dai diari compilati dai soggetti esaminati nel corso del ciclo di turno, emerge come tutti i macchinisti, in base all'esperienza diretta di anni di lavoro a turni, siano ben consci

dell'importanza di tale aspetto sulle loro condizioni di benessere psico-fisico, e tutti paiono aver messo in atto opportune strategie volte a farvi fronte in base alle proprie caratteristiche personali, condizioni familiari, ed esigenze di interazione sociale.

I dati raccolti nel presente studio evidenziano peraltro delle differenze in relazione all'età, ove i soggetti più giovani hanno presentano minori livelli di vigilanza (e maggiore sonnolenza) soprattutto nei turni diurni e principalmente nella prima parte del turno, mentre nei soggetti più anziani vi è un peggioramento nella parte finale del turno, soprattutto nelle ore notturne.

Emerge quindi come i soggetti più giovani, a differenza di quelli più anziani, tendano inconsciamente un po' a sottovalutare le implicazioni del lavoro a turni e notturno sulle loro condizioni psico-fisiche, soprattutto per quanto riguarda il sonno, forse ritenendosi in grado di compensare comunque, data la loro maggiore prestantza fisica: essi tuttavia denunciano livelli di sonnolenza leggermente maggiori rispetto ai più anziani sia all'inizio che alla fine del turno. Tale riscontro è già stato segnalato in altri studi sui turnisti, ossia come i giovani siano più sensibili alla perdita acuta di sonno, presentino maggiori livelli di sonnolenza nei turni mattutini e abbiano più incidenti di notte (vedi ad es. Rosa et al. 1996; Harma et al. 1994; Summa e Mikkola 1994; Harma 1995). Ne deriva la necessità di una loro adeguata informazione e formazione su tale rischio.

D'altro canto i dati raccolti evidenziano minori livelli di vigilanza, con aumento dei tempi di reazione e degli errori al test di performance, nei macchinisti più anziani alla fine del turno, e soprattutto di notte, anche se non è maggiore la valutazione del carico di lavoro complessivo né il livello di stanchezza percepita. Ciò suggerisce di tenere in considerazione il fattore età nella pianificazione dei turni e dei carichi di lavoro, anche in considerazione del fatto che con l'aumentare dell'età vi è anche una aumentata prevalenza di disturbi del sonno (minore durata, maggiore frammentazione, riduzione di sonno REM e sonno profondo) e quindi minore capacità di compensazione.

### 3) Vigilanza e sonnolenza

E' degno di nota il fatto che non si sia rilevata alcuna correlazione tra percezione soggettiva della sonnolenza alla fine del turno e i segni elettro-encefalografici di ipovigilanza nell'ultima ora del turno stesso (cfr. Figure 29 e 30), a testimonianza del fatto che le



modificazioni cerebrali dello stato di vigilanza possono comparire anche indipendentemente dalla sensazione di sonnolenza, oppure essere mascherate o sottovalutate a livello di coscienza. In altri termini la sensazione soggettiva della sonnolenza non necessariamente riflette il grado di ipovigilanza in atto e non costituisce quindi un indicatore sensibile e affidabile, se non a livelli molto intensi.

La sonnolenza è infatti una forma di stanchezza del sistema nervoso centrale, direttamente connessa con il livello di attività cerebrale, sulla quale svolge una funzione fondamentale la sostanza reticolare mesencefalica, che regola l'afflusso di stimoli, sia dall'ambiente esterno che dall'interno del corpo, al cervello. La sonnolenza è stata definita anche come una "guida" fisiologica verso il sonno, ossia come uno stadio di passaggio dalla veglia al sonno, che include aspetti sensoriali (occhi pesanti, palpebre cadenti), fisiologici (diminuzione dei movimenti degli occhi, del respiro e del battito cardiaco, aumento dell'attività alfa e diminuzione dell'attività theta cerebrale) e comportamentali (diminuita performance, aumento degli errori, facile irritabilità e cambiamenti del tono dell'umore).

L'eccessiva sonnolenza peraltro non si sviluppa necessariamente attraverso una graduale riduzione dello stato di vigilanza, ma piuttosto mediante una sequenza sempre più frequente di brevi attacchi di sonnolenza; ciò può comportare il rischio di cadere addormentati improvvisamente senza accorgersene, come nel caso del "colpo di sonno" durante la guida.

Noti studi di Akerstedt e coll. (vedi bibliografia) hanno evidenziato come, da un lato, si riscontrino una elevata variabilità interindividuale sia nella percezione della sonnolenza sia nella comparsa di segni più o meno marcati di ipovigilanza all'EEG, e, dall'altro, come esse covarino in maniera curvilinea: ovvero segni marcati di ipovigilanza all'EEG non è probabile che si manifestino se non quando la sensazione di sonnolenza è estrema. D'altro canto la comparsa di segni elettroencefalografici di ipovigilanza si associa a decremento della performance cognitiva.

In un noto studio su di un gruppo di macchinisti svedesi condotto una ventina di anni fa (Tornsvall e Akerstedt, 1987) si sono rilevate notevoli differenze tra i soggetti per quanto riguarda la percezione della sonnolenza e la comparsa di onde alfa all'EEG, con due soggetti su 11 senza alcun segno di ipovigilanza, 5 livelli modesti, mentre 4 soggetti avevano manifestato elevati livelli di sonnolenza durante la guida nelle ore notturne, e due di questi avevano mancato di rispondere al segnale di arresto del treno mentre presentavano chiari

segni elettro-encefalografici (onde alfa) ed elettro-oculografici (movimenti lenti degli occhi) di ipovigilanza.

#### 4) Livelli di vigilanza in relazione al settore e alle condizioni di guida

Non si sono evidenziate differenze rilevanti tra i diversi settori (Regionale, Cargo, Passeggeri), anche se vale la pena di sottolineare come nel settore Regionale i soggetti denunciano maggiori livelli di sonnolenza alla fine del turno, verosimilmente connessi con l'inizio molto anticipato delle corse del mattino che li costringe ad un risveglio molto precoce nel cuore della notte. D'altro canto, maggiori livelli di sonnolenza e minori livelli di vigilanza possono essere più frequenti nel settore Cargo, sia di giorno che soprattutto di notte, in relazione alla maggior monotonia e lentezza di guida.

Non sono emerse differenze sostanziali neanche tra le Condizioni ("Base", "Vacma", "SCMT") sia per quanto riguarda lo stato di vigilanza che per quanto riguarda la risposta cardiaca e quella ormonale, mentre vi è una maggiore sollecitazione dei muscoli tibiali (mediamente 2-3 volte superiore) nelle condizioni "Vacma" e "SCMT" rispetto alla condizione "Base".

E' peraltro opportuno segnalare come, nella condizione di guida "Vacma", la densità delle "epoche" di ipovigilanza non risulti significativamente diversa dalla condizione "Base" quanto, piuttosto, leggermente superiore, anche se in misura non statisticamente significativa (cfr. Tabelle 11, 13, 15, 17 e 19). Ciò appare confermare che tale strumento non è tanto in grado di stimolare o sostenere lo stato di "vigilanza" *per se*, per lo meno nell'accezione funzionale elettro-encefalografica qui definita, quanto piuttosto a rivelare lo stato di "presenza operativa" della persona. Ciò pare avvalorato anche dal riscontro che gli errori al test di performance (cfr. Tabella 75) risultano aumentare alla fine del turno in condizione "Vacma" in modo analogo alla condizione "Base", così come aumentano in modo analogo i livelli di sonnolenza percepita (cfr. Tabella 89 e Figura 28).

Per valutare appropriatamente tale aspetto occorre, a mio parere, considerare il fatto che vi sono diverse concezioni relative al significato del termine "vigilanza" e, conseguentemente, diverse prospettive sul come promuoverne un adeguato livello, consono alle richieste operative del compito che viene svolto. In altre parole, il termine "vigilanza"

viene spesso usato e interpretato come sinonimo di "veglia" o di "all'erta" o di "attenzione", termini che hanno ben distinti significati sia dal punto concettuale che fisiologico.

Lo stato di "vigilanza", come qui è stato considerato e valutato, corrisponde allo stato di attivazione cerebrale che denota una condizione di "veglia attiva", documentato da una caratteristica e ben codificata tipologia e frequenza di onde elettriche registrate all'elettroencefalogramma. Una diminuzione dello stato di vigilanza si caratterizza per una altrettanto caratteristica e ben codificata modificazione di tipologia e frequenza di onde elettriche, che denotano uno stato di "veglia passiva". Le registrazioni elettroencefalografiche di tali condizioni costituiscono quindi il parametro di riferimento per ogni altro tipo di valutazione della "vigilanza".

D'altro canto, un ottimale livello di attenzione e di prestazione mentale, cosciente e intenzionale, è sì sostenuto da un elevato livello di "vigilanza", ma è fortemente condizionato anche da numerosi altri fattori quali, ad esempio, il tipo di stimolo, l'interesse, la motivazione, l'agilità psico-motoria, lo stress, le condizioni di salute (ad es. ansia e/o depressione).

Tale non uniforme concezione del termine può quindi ingenerare delle erronee o distorte interpretazioni su di uno strumento (a mio parere impropriamente denominato "vigilante") creato per sostenere e verificare una condizione di "presenza operativa", secondo il ben noto meccanismo del "second task".

La domanda che si pone, e a cui hanno cercato di dare risposta alcuni studi al riguardo, è in quale misura una semplice risposta psico-motoria (quale quella richiesta dal "Vacma") possa servire come indicatore di attivazione cerebrale/mentale o, al contrario, come tali due aspetti possano dissociarsi in certe condizioni, per cui può accadere che, pur essendovi un buon stato di vigilanza cerebrale la performance sia diminuita (es. disattenzione, errore di valutazione, emotività) ovvero, al contrario, che vi possa essere una prestazione accettabile in condizioni di ridotta vigilanza (es. rilassamento, fatica). E' stato infatti segnalato da alcuni autori tedeschi (Peter et al. 1983) e francesi (Coblenz et al. 1986, 1989) come il semplice movimento periodico di rilascio del pedale possa a lungo andare diventare di tipo automatico e avvenire anche in condizioni di elevata sonnolenza, ovvero possano intercorrere periodi di ridotta vigilanza tra un azionamento e l'altro del pedale stesso, e quindi si venga sensibilmente a ridurre la funzione di prevenire o segnalare la caduta della vigilanza.

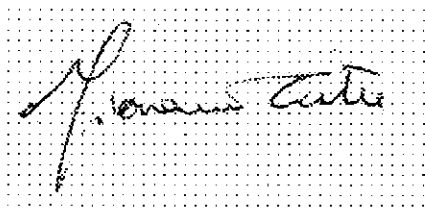
Prof. Giovanni Costa  
Cattedra di Medicina del Lavoro  
Università di Verona

Va ricordato d'altra parte che il sistema è stato introdotto alcuni decenni fa come un utile servomeccanismo di emergenza, atto a garantire un maggior livello di sicurezza al viaggio, e che deve intervenire quando venga rilevata una defaillance delle normali condizioni che garantiscono la sicurezza nella conduzione del treno.

E' necessario quindi tenere ben distinti tali due aspetti, sia dal punto di vista concettuale che operativo, per non incorrere in fraintendimenti o in confusioni interpretative.

Da un lato, il livello di "vigilanza" cerebrale, nella sua accezione fisiologica ed elettroencefalografica sopra citata, che deve essere sostenuto e garantito da idonee misure organizzative e strategie comportamentali; dall'altro, la possibilità di una caduta critica della stessa o perdita del controllo della situazione di guida, su cui si indirizzano i vari sistemi volti a verificare e richiamare la presenza operativa del macchinista: tra questi vi è il "Vacma", che è un sistema complementare di emergenza e sicurezza, di supporto ai sistemi primari di garanzia del lavoro/viaggio, atto ad evitare conseguenze disastrose nel caso inopinato i dovuti livelli di vigilanza dovessero (per cause diverse) venire meno.

Prof. Giovanni Costa



Verona, 14.05.2005

## BIBLIOGRAFIA

- Adams-Guppy J., Guppy A.: Truck driver fatigue assessment and management: a multinational survey. *Ergonomics*, 46: 763-779, 2003.
- Åkerstedt T.: Shifted sleep hours. *Ann. Clin. Res.*, 17/5 : 273-279, 1985.
- Åkerstedt T.: Work hours, sleepiness and the underlying mechanism. *J. Sleep Res.*, 4 (Suppl. 2): 15-22, 1995.
- Åkerstedt T.: Wide awake at odd hours. Swedish Council for Work Life Research, Stockholm, 1996.
- Åkerstedt T.: Is there an optimal sleep-wake pattern in shift work?. *Scand. J. Work Environ. Health*, 24 (suppl 3): 18-27, 1998.
- Åkerstedt T., Folkard S.: The three-process model of alertness and its extension to performance, sleep latency, and sleep length. *Chronobiol. Int.*, 14: 115-123, 1997.
- Åkerstedt T., Froberg J.E.: Individual differences in circadian patterns of catecholamine excretion, body temperature, performance, and subjective arousal. *Biological Psychology*, 4: 277-292, 1976.
- Åkerstedt T., Gillberg M.: Subjective and objective sleepiness in the active individual. *Int. J. Neurosci.*, 52: 29-37, 1990.
- Åkerstedt T., Torsvall L.: Age, sleep and adjustment to shift work. In Koella W.P. (ed) *Sleep*, Karger, Basel, 190-194, 1981.
- Åkerstedt T., Torsvall L.: Age, sleep and adjustment to shift work. In Koella W.P. (ed) *Sleep*, Karger, Basel, 190-194, 1981.
- Åkerstedt T., Torsvall L.: Napping in shift work. *Sleep*, 8: 105-109, 1985.
- Åkerstedt T., Torsvall L., Froberg J.: Questionnaire study of sleep/wake disturbances and irregular hours. *Sleep Res.*, 12: 358, 1983.
- Åkerstedt T., Gillberg M., Torsvall L., Froberg J.: Irregular work hours (in Swedish). Reports from the Laboratory for Clinical Stress Research, 132, 1980.
- Åkerstedt T., Kerklund G., Knutsson A.: Manifest sleepiness and spectral content of the EEG during shift work. *Sleep*, 14: 221-225, 1991.
- Åkerstedt T., Kerklund G., Knutsson A.: Spectral analysis of sleep electroencephalography in rotating three-shift work. *Scand. J. Work Environ. Health*, 17: 330-336, 1991.
- Andlauer P., Rutenfranz J., Kogi K., Thierry H., Vieux N., Duverneuil G.: Organization of night shifts in industries where public safety is at stake. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, 49: 353-355, 1982.
- Barton J., Spelten E., Totterdell P., Smith L., Folkard S.: Is there an optimum number of night shifts? Relationship between sleep, health and well-being. *Work & Stress*, 9: 109-123, 1995.

- Barton J., Spelten E., Totterdell P., Smith L., Folkard S., Costa G.: The Standard Shiftwork Index: A battery of questionnaires for assessing shiftwork related problems. *Work & Stress*, 9(1), 4-30, 1995.
- Billiard M., Alperovitch A., Perot C., Jammes A.: Excessive daytime somnolence in young men: prevalence and contributing factors. *Sleep*, 10: 297-305, 1987.
- Bohle P., Tilley A.J.: The impact of night work on psychological well-being. *Ergonomics*, 32/9: 1089-1099, 1989.
- Branton P.: Investigation onto the skills of train driving. *Ergonomics*, 22: 155-164, 1979.
- Brookhuist K.A., De Waard D., Fairclough S.H.: Criteria for driver impairment. *Ergonomics*, 46: 433-445, 2003.
- Buyse D.J.: Drugs affecting sleep, sleepiness and performance. In Monk T.H. (ed): *Sleep, Sleepiness and Performance*. Chapter 10, 249-306, Wiley, Chichester, 1991.
- Cabon P.H., Coblentz A., Mollard R., Fouillot J.P.: Human vigilance in railway and long-haul flight operation. *Ergonomics*, 36: 1019-1033, 1993.
- Cabon P.H., Coblentz A., Mollard R.P., Fouillot J.P.: Human vigilance in railway and long-haul flight operation. *Ergonomics*, 36: 1019-1033, 1993.
- Campbell S.: Intrinsic disruption of normal sleep and circadian patterns. In Turek F.W., Zee P.C. (eds): *Regulation of sleep and circadian rhythms*. Marcel Dekker Inc., Basel, 1999.
- Carskadon M.A., Dement W.C.: Cumulative effects of sleep restriction on daytime sleepiness. *Psychophysiology*, 18: 107-113, 1981.
- Carskadon M.A., Dement W.C.: Nocturnal determinants of daytime sleepiness. *Sleep*, 5 (Suppl. 2): 73-81, 1982.
- Carter F.A., Corlett E.N.: *Shift-work and accidents*. European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, Dublin, 1978.
- Chokroverty S.: *Sleep disorders*. Butterworth, Oxford, 1999.
- Coblentz A.M., Ignazi G., Mollard R., Sauvignon M.: Effect of monotony on vigilance and biomechanical behaviour. In J.P. Leonard (ed), *Vigilance: Methods, Models, and Regulation*. Peter Lang, Frankfurt aM, 129-136, 1986.
- Coblentz A.M., Cabon P.H., Ignazi G.: Human operator efficiency in monotonous transport operations. *Proceedings of the 33<sup>rd</sup> Annual Meeting of the Human Factors Society*, 941-945, 1989.
- Colligan M.J., Rosa R.R.: Shiftwork effects on social and family life. *Occupational Medicine: State of art review*, 5/2: 315-322, 1990.
- Colquhoun W.P. (ed): *Aspects of human efficiency*. The English Universities Press Ltd, London, 1972.
- Colquhoun W.P., Costa G., Folkard S., Knauth P.: *Shiftwork: problems and solutions*. Peter Lang, Frankfurt aM., 1996.
- Comperatore C.A., Krueger G.P.: Circadian rhythm, desynchronization, jet lag, shift lag, and coping strategies. *Occupational Medicine: State of art review*. 5/2: 323-341, 1990.

- Costa G.: Factor influencing health and tolerance to shift work. *Theor. Issues in Ergon. Sci.*, 4(3-4): 263-288, 2003.
- Costa G.: Lavoro a turni e notturno. Organizzazione degli orari di lavoro e riflessi sulla salute. SEE Editrice, Firenze, 2003, 376 pp.
- Costa G.: Prevention and compensation of shift work effects. In: Karwowski W. (ed): *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors*. Taylor & Francis, London, 1293-1295, 2001.
- Costa G.: Shift work and occupational medicine: an overview. *Occupational Medicine*, 53, 83-88, 2003.
- Costa G.: Shift work health consequences. In: *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors*. (ed. W. Karwowski), pp. 1359-1361. Taylor & Francis: London, 2001.
- Costa G.: Shiftwork and circadian variations of vigilance and performance. In Wise J.A., Hopkin V.D., Smith M.L. (eds): *Automation and systems issues in air traffic control*. NATO ASI Series, Vol. F73. Springer-Verlag Publ, Berlin Heidelberg, 267-280, 1991.
- Costa G.: Shiftwork and Circadian Variations of Vigilance and Performance. In: *Automation and System Issues in Air Traffic Control*. J.A. Wise, V.D. Hopkin, & M.L. Smith (Eds.), NATO-ASI Series, Series F: Computer and Systems Sciences, Vol. 73. Springer-Verlag, Berlin, 1991, pp. 267-280.
- Costa G.: Some considerations about aging, shift work and work ability. In: Costa G., Goedhard W., Ilmarinen J. (eds): *Assessment and Promotion of Work Ability, Health and Well-being of Ageing Workers*. Elsevier, Amsterdam, 2005, p. 67-72.
- Costa G.: The impact of shift and night work on health. *Appl. Ergon.*, 27/1: 9-16, 1996.
- Costa G., Cesana G.C., Kogi K., Wedderburn A. (Eds.): *Shiftwork: Health, sleep and performance*. Studies in Industrial and Organizational Psychology, Vol. 10., Peter Lang GmbH, Frankfurt a.M., 1990.
- Costa G., Lievore F., Casaletti G., Gaffuri E., Folkard S.: Circadian characteristics influencing interindividual differences in tolerance and adjustment to shiftwork. *Ergonomics*, 32/4: 373-385, 1989.
- Costa G., Pinchera E., Pistilli M., Battisti S., Munafò E.: Stress and performance on air traffic controllers. *Ergonomia*, 12/1: 93-100, 1989.
- Davies D.R.: Individual and group differences in sustained attention. In Folkard S., Monk T.H. (eds): *Hours of work - Temporal factors in work-scheduling*. John Wiley & Sons, Chichester, 123-132, 1985.
- Dawson D., Roach G., Reid K., Baker A.: *Australian Railroads Shiftwork and Workload Study. Final Report*. The Centre for Sleep Research, Australia, 1998.
- Dekker D.K., Paley M.J., Popkin S.M., Tepas D.I.: Locomotive engineers and their spouses: coffee consumption, mood, and sleep reports. *Ergonomics*, 36: 233-238, 1993.
- Dinges D.: An overview of sleepiness and accidents. *J. Sleep Res.*, 4 (Suppl. 2): 15-22, 1995.
- Edkins G., Pollock C.: The influence of sustained attention on railway accidents. *Accident Anal. Prevention*, 29: 533-539, 1997.

- Folkard S.: Circadian performance rhythms: some practical and theoretical implications. *Phil. Trans. Royal Soc. London*, B327: 543-553, 1990.
- Folkard S.: Black times: temporal determinants of transport safety. *Accid. Anal. And prev.*, 29: 417-430, 1997.
- Folkard S., Monk T.H.: Circadian performance rhythms. In Folkard S., Monk T.H. (eds): *Hours of work - Temporal factors in work-scheduling*, John Wiley & Sons, Chichester, 37-52, 1985.
- Foret J., Benoit O., Royant-Parola S.: Sleep schedules and peak times of oral temperature and alertness in morning and evening types. *Ergonomics*, 25: 821-827, 1982.
- Foret J., Lantin G. The sleep of train drivers. An example of the effects of irregular work hours on sleep. In: Colquhoun W.P. (ed), *Aspects of human efficiency*. London, English University Press, 1972.
- Foret J.: Conditions de travail des conducteurs de train; revue des etudes physiologiques et psychophysiologiques. *Le Travail Humain*, 50: 17-33, 1987.
- Fruhstofer H., Langanke P., Meinzer K., Peter J.H., Pfa U.: Neurophysiological vigilance indicators and operational analysis of a train vigilance monitoring device: a laboratory and field study. In: R. R. Mackie (Ed.). *Vigilance*. Plenum Press, New York, London, 147-162, 1977.
- Gamberale F., Iregren A., Kjellberg A. APES: The computerised Swedish performance Evaluation System. National Institute of Occupational Health, Arbete och Halsa, 6, 1989.
- Gersten A.H., Duchon J.C., Tepas D.I.: Age and gender differences in night worker's sleep lengths. In Haider M., Koller M., Cervinka R. (eds): *Night and Shiftwork: Longterm effects and their prevention*. Verlag Peter Lang GmbH, Frankfurt am Main, 467-470, 1986.
- Gillberg M.: Effects of naps on performance. In Folkard S., Monk T. (eds): *Hours of work - Temporal factors in work scheduling*. John Wiley & Sons, Chichester, 77-86, 1985.
- Gillberg M.: Sleepiness and its relation to the length, content, and continuity of sleep. *J. Sleep Res.*, 4 (S2): 37-40, 1995.
- Gillberg M., Kecklund G., Akerstedt T.: Relations between performance and subjective ratings of sleepiness during a night awake. *Sleep*, 17: 236-241, 1994.
- Gillberg M., Kecklund G., Akerstedt T.: Sleepiness and performance of professional drivers in a truck simulator - comparison between day and night work. *J. Sleep Res.*, 5:12-15, 1996.
- Grandjean, E.P., Wotzka, G., Schaad R. and Gilgen A.: Fatigue and stress in air traffic controllers, *Ergonomics*, 14, 159-165, 1971.
- Hak A., Kampman R.: Working irregular hours. complaints and state of fitness of railway personnel. In: A. Reinberg, N. Vieux and P. Andlauer (Eds) *Night and Shift Work. Biological and Social Aspects*. Pergamon Press, Oxford, 229-236, 1981.
- Halberg, F., Johnson, E.A., Nelson W., Runge W. and Sothorn R.: Autorhythmometry procedures for physiologic self-measurements and their analysis, *Physiology Teacher*, 1, 1-12, 1972.



- Hamelin P.: Lorry driver's time habits in work and their involvement in traffic accidents. *Ergonomics*, 30: 1323-1333, 1987.
- Härmä M.: Ageing, physical fitness and shiftwork tolerance. *Appl. Ergon.*, 27/1: 25-29, 1996.
- Härmä M.: Interindividual differences in tolerance to shiftwork: a review. *Ergonomics*, 36: 101-109, 1993.
- Härmä M.: Sleepiness and shiftwork – individual differences. *J. Sleep Res.*, 4: 57–61, 1995.
- Härmä M., Hakola T., Akerstedt T., Laitinen J.: Age and adjustment to night work. *Occup. Environ. Med.*, 51: 568–573, 1994.
- Härmä M., Knauth P., Ilmarinen J., Ollila H.: The relation of age to the adjustment of the circadian rhythms of oral temperature and sleepiness to shift work. *Chronobiol. Internat.*, 7: 227-233, 1990.
- Härmä M., Sallinen M., Ranta R., Mutanen P., Muller K.: The effect of an irregular shift system on sleepiness at work in train drivers and railway traffic controllers. *J. Sleep Res.*, 11, 141-151, 2002.
- Hart S.G., Staveland L.E.: Development of a NASA TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. In: Hancock PS, Meshkati N (eds) *Human mental workload*. Amsterdam, Elsevier, 1988.
- Hildebrandt G., Rohmert W., Rutenfranz J.: 12 and 24 hour rhythms in error frequency of locomotive drivers and the influence of tiredness. *Int. J. Chronobiol.*, 2: 97-110, 1974.
- Hildebrandt G., Rohmert W., Rutenfranz J.: On the influence of age on the frequency of lack of performance by engine-drivers of the Federal German Railway. *Int. Arch. Arbeitsmed.*, 32: 33–41 (German), 1974a.
- Hildebrandt G., Rohmert W., Rutenfranz J.: 12 & 24 rhythms in error frequency of locomotive drivers and the influence of tiredness. *Int. J. Chronobiol.*, 2: 175–180, 1974b.
- Hildebrandt G., Rohmert W., Rutenfranz J.: The influence of fatigue and rest period on the circadian variation of error frequency of shift workers (engine drivers). In Colquhoun P., Folkard S., Knauth P., Rutenfranz J. (eds): *Experimental Studies of Shiftwork*. Westdeutscher Verlag, Opladen, 174-187, 1975.
- Home J.A., Reyner L.A.: Sleep related vehicle accidents. *Br. Med. J.*, 310: 565-567, 1995.
- Ingre M., Soderstrom M., Kecklund G., Akerstedt T., Kecklund, L.: Train Drivers Work Situation. Working Hours, Sleep, Stress and Safety. Stress Research Report no. 292 (Swedish with an English abstract). Institutet for Psykosocial Medicin (IPM), Stockholm, 2000.
- Kecklund G., Akerstedt G.: Sleepiness in long distance truck driving: an ambulatory EEG study of night driving. *Ergonomics*, 36: 1007-1017, 1993.
- Kecklund G., Akerstedt G., Ingre M., Soderstrom M.: Train Drivers' Working Conditions and Their Impact on Safety, Stress and Sleepiness. A Literature Review, Analyses of Accidents and Schedules. Stress Research Report no. 299, Institutet for Psykosocial Medicin (IPM), Stockholm, 1999.

- Klein E.K., Wegmann H.M. Circadian rhythms of human performance and resistance: operational aspects. In Sleep, wakefulness and circadian rhythm. AGARD Lectures Series No. 105, London, 2.1-2.17, 1979.
- Knauth P.: The design of shift systems. *Ergonomics*, 36: 15-28, 1993.
- Knauth P.: Designing better shift systems. *Appl. Ergon.*, 27: 39-44, 1996.
- Knauth P.: Ergonomische Beiträge zu Sicherheitsaspekten der Arbeitszeitorganisation. *Fortschr.-Ber. VDI-Z, Reihe 17, No. 8*, 1983.
- Knauth P.: Innovative design of working time: profitability AND humanity. In Hornberger S., Knauth P., Costa G., Folkard S. (eds): *Shiftwork in the 21<sup>st</sup> Century. Arbeitswissenschaft in der betrieblichen Praxis 17*, Peter Lang, Frankfurt aM, 13-18, 2000.
- Knauth P., Rutenfranz J.: The effects of noise on the sleep of night-workers. In Colquhoun W.P., Folkard S., Knauth P., Rutenfranz J. (eds): *Experimental studies of shiftwork*. Westdeutscher Verlag, Opladen, 57-65, 1975.
- Kogi K.: Improving shift workers' health and tolerance to shiftwork: recent advances. *Appl. Ergon.*, 27/1: 5-8, 1996.
- Kogi K.: Should shiftworkers nap? Spread, roles and effects of on-duty napping. In Hornberger S., Knauth P., Costa G., Folkard S. (eds): *Shiftwork in the 21<sup>st</sup> Century. Arbeitswissenschaft in der betrieblichen Praxis 17*, Peter Lang, Frankfurt am Main, 31-36, 2000.
- Kogi K.: Sleep problems in night and shift work. *J. Human Ergol.*, 11 (Suppl): 217-231, 1982.
- Kogi K., Ohta T.: Incidence of near accidental drowsing in locomotive driving during a period of rotation. *J. Hum Ergol.*, 4: 65-76, 1975.
- Koller M.: Preventive health measures for shiftworkers. In Wallace M. (ed): *Managing shiftwork*. Brain-Behaviour Research Institute, Dept. Psychology, La Trobe University, Bundoora, Australia, 17-24, 1989.
- Kolmodin-Hedman B., Svensson A.: Problems related to shift work. A field study of Swedish railroad workers with irregular work hours. *Scand. J. Work Environ. Health*, 1: 254-262, 1975.
- Langlois P.H., Smolensky M.H., Hsi B.P., Weir F.W.: Temporal patterns of reported single-vehicle car and truck accidents in Texas, USA, during 1980-1983. *Chronobiol. Internat.*, 2: 131-140, 1985.
- Lauber J., Kayten L.: Sleepiness, circadian dysrhythmia, and fatigue in transportation system accidents. *Sleep*, 11: 503-512, 1988.
- Laundry B., Lees, R.: Industrial accidents experience of one company on 8- and 12-hour shift systems. *J. Occup. Med.*, 33: 903-906, 1991.
- Lavie P., Chillag N., Epstein R., Tzischimsky Q., Givon R., Fuchs S., Shahal B.: Sleep disturbances in shift-workers: a marker for maladaptation syndrome. *Work & Stress*, 3: 33-40, 1989.

- Lavie P.: Sleep habits and sleep disturbances in industry workers in Israel: main findings and some characteristics of workers complaining of excessive daytime sleepiness. *Sleep*, 4: 147-158, 1981.
- Lavie P.: Ultradian cycles in wakefulness. Possible implications for work-rest schedules. In Folkard S., Monk T.H. (eds): *Hours of work - Temporal factors in work-scheduling*. John Wiley & Sons, Chichester, 97-106, 1985.
- Lavie P.: Ultrashort sleep-waking schedule III. Gates and forbidden zones for sleep. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 63: 414-425, 1986.
- Leger D.: The cost of sleep related accidents: a report to the national commission on sleep disorders research. *Sleep*, 17/1: 84-93, 1994.
- Leger D., Levy E., Paillard M.: The direct costs of insomnia in France. *Sleep*, 22 (Suppl 2): S394-S401, 1999.
- Levine B., Roehrs T., Zorick F., Roth T.: Daytime sleepiness in young adults. *Sleep*, 11: 39-46, 1988.
- Lowden A., Kecklund G., Axelsson J., Akerstedt T.: Change from an 8-hour shift to a 12-hour shift, attitudes, sleep, sleepiness and performance. *Scand. J. Work, Environ. Health*, 24: 69-75, 1998.
- Luna T.: Air traffic controller shiftwork: what are the implications for aviation safety? A review. *Aviation, Space Environ. Med.*, 68: 69-79, 1997.
- Lyznicki J.M., Doege T.C., Davis R.M., Williams M.A.: Sleepiness, driving and motovehicle crashes. *J. Am. Med. Ass.* 279: 1908-1913, 1998.
- Makie RR (ed): *Vigilance*. New York, Plenum, 1977.
- Mitler M.M., Carskadon M.A., Czeisler C.A. et al.: Catastrophes, sleep, and public policy: Consensus Report. *Sleep*, 11, 100-109, 1988.
- Monk T.H.: Advantages and disadvantages of rapidly rotating shift schedules - A circadian viewpoint. *Human Factors*, 28: 553-557, 1986.
- Monk T.H.: Coping with the stress of shiftwork. *Work & Stress*, 2/2: 169-172, 1988.
- Monk T.H. (ed): *Sleep, Sleepiness and Performance*. J.Wiley & Sons, Cicester, 1991.
- Monk T.H., Folkard S., Wedderburn A.I.: Maintaining safety and high performance on shiftwork. *Appl. Ergon.*, 27/1: 17-23, 1996.
- Moore-Ede M., Mitchell R., Heitmann A., Trutschel U., Aquirre A., Hajarnavis H.: Canalert 95. Alertness Assurance in the Canadian Railways. Phase II Report 1996. Circadian Technologies Inc., Cambridge, 1996.
- Myrtek M., Deutschmann-Janicke E., Strohmaier H. et al.: Physical, mental, emotional, and subjective workload components in train drivers. *Ergonomics*, 37:1195-1203, 1994.
- Nachreiner F.: Extended working hours and accident risk. In Marek T., Oginska H., Pokorski J., Costa G., Folkard S. (eds): *Shiftwork 2000. Implications for science, practice and business*. Institute of Management, Jagellonian University, Cracow, 29-44, 2000.
- Naitoh P., Englund C.E., Ryman D.: Restorative power of naps in designing continuous work schedules. *J. Human Ergol.*, 11 (Suppl): 259-278, 1982.

- Olsson K., Kandolin I., Kauppinen-Toropainen K.: Shiftworkers' coping with stress. *Ergonomia*, 12/1: 57-64, 1989.
- Olsson K., Kandolin I., Kauppinen-Toropainen K.: Stress and coping strategies of three-shift workers. *Travail Humain*, 53: 175-188, 1990.
- Peen P.E., Bootzin R.R.: Behavioural techniques for enhancing alertness and performance in shift work. *Work & Stress*, 4: 213-226, 1990.
- Peter J.H., Cassel W., Ehring B., Faust M. et al.: Occupational performance of a paced secondary task under conditions of sensory deprivation. II. The influence of professional training. *Eur. J. App. Physiol.*, 60: 315-320, 1990.
- Peter J.H., Cassel W., Ehring B., Faust M. et al.: Occupational performance of a paced secondary task under conditions of sensory deprivation. I. Heart rate changes in train drivers as a result of monotony. *Eur. J. App. Physiol.*, 60: 309-314, 1990.
- Peter J.H., Fuchs E., Langanke P., Meinzer K., Pfaff U.: The SIFA train function safety circuit. I. Vigilance and operational practice in psycho-physiological analysis. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, 52: 329-339, 1983.
- Peter J.H., Fuchs E., Langanke P., Meinzer K., Pfaff U.: The SIFA train function safety circuit. II. Inefficiency of paced secondary task as a vigilance monitor. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, 52: 341-352, 1983.
- Philip P., Taillard J., Quera-Salva M.A. et al.: Simple reaction time, duration of driving and sleep deprivation in young versus old automobile drivers. *J. Sleep Res.*, 8: 9-14, 1999.
- Pisarski A.: Effects of coping strategies, social support and work-non work conflict on shift workers health. *Scand. J. Work Environ. Health*, 24 (Suppl 3): 141-145, 1998.
- Pokorny M., Blom D., Van Leeuwen P.: Analysis of traffic accident data (from bus drivers). An alternative approach (I). In Reinberg A., Vieux N., Andlauer P. (eds): *Night and shift work: biological and social aspects*. Pergamon Press, Oxford, 271-278, 1981.
- Pokorny ML, Blom DH, van Leeuwen P: Shift, duration of work and accident risk of bus drivers. *Ergonomics*, 30, 61-88, 1987.
- Quinkert K.A.: A multifactor approach to the study of circadian rhythms in temperature and skilled performance. University of Louisville, Kentucky, Graduate School Diss., 1985.
- Reyner L.A., Horne J.A.: Falling asleep while driving: are drivers aware of prior sleepiness? *Int. J. Legal Med.*, 111: 120-123, 1998.
- Roehrs T., Timms V., Zwyghuisen-Doorenbos A., Roth T.: Sleep extension in sleepy and alert normals. *Sleep*, 12: 449-457, 1989.
- Rosa R.: Editorial: Factors for promoting adjustment to night and shift work. *Work & Stress*, 4: 201-202, 1990.
- Rosa R.: Extended workshifts and excessive fatigue. *J. Sleep Res.*, 2: 51-56, 1995.
- Rosa R.: Napping at home and alertness on the job in rotating shift workers. *Sleep*, 16: 727-735, 1993.
- Rosa R., Bonnett M.: Performance and alertness on 8-hour and 12-hour rotating shifts at a natural gas utility. *Ergonomics*, 36: 1177-1193, 1993.

- Rosa R., Colligan M., Lewis P.: Extended workdays: effects of 8-hour and 12-hour rotating shift schedules on performance subjective alertness, sleep patterns, and psychosocial variables. *Work Stress*, 3: 21-32, 1989.
- Rosa R., Härmä M., Pulli M., Mulder M., Nasman O.: Rescheduling a three-shift system at a steel rolling mill: effects of a 1-hour delay of shift starting times on sleep and alertness in younger and older workers. *Occup. Environ. Med.*, 53: 677-685, 1996.
- Rosa R.R., Bonnet M.H., Bootzin R.R., Eastman C.I., Monk T., Penn P.E., Tepas D.I., Walsh J.K.: Intervention factors for promoting adjustment to nightwork and shiftwork. *Occupational Medicine: State of art reviews*, 5: 391-414, 1990.
- Roth T., Roehrs T., Carskadon M.A., Dement W.C.: Daytime sleepiness and alertness. In Kryger M.H., Roth T., Dement W.C. (eds): *Principles and Practice of Sleep Medicine*. Saunders, Philadelphia, 14-23, 1989.
- Sallinen M., Härmä M., Akerstedt T., Rosa R., Lillquist O.: Promoting alertness with a short nap during a night shift. *J. Sleep Res.*, 7: 240-247, 1998.
- Smith C., Robie C., Folkard S., Barton J., MacDonald I., Smith L., Spelten E., Totterdell P., Costa G.: A comparative investigation of older and younger shiftworkers. In: *Shiftwork in the 21st century: challenges for research and practice*. Hornberger S., Knauth P., Costa G. & Folkard, S. (Eds). *Arbeitswissenschaft in der betrieblichen Praxis* 17, Peter Lang, Frankfurt am Main, Berlin, Bern, Bruxelles, New York, Oxford, Wien, 2000, 281-285.
- Sparkes A.: Research into Working Time Patterns and Safety. Paper presented at the World Congress on Railway Research '94. Paris, France, 14-16 November 1994.
- Summala H., Mikkola T.: Fatal accidents among car and truck drivers: effects of fatigue, age, and alcohol consumption. *Hum. Factors*, 36: 315-326, 1994.
- Task Force of the European Society of Cardiology and The North America Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Eur. Heart J.*, 17:354-381, 1996.
- Tepas D.I.: Educational programmes for shiftworkers, their families, and prospective shiftworkers. *Ergonomics*, 36: 199-209, 1993.
- Tepas D.I., Carvalhais A.B.: Sleep patterns of shiftworkers. *Occupational Medicine: State of art review*, 5/2: 199-208, 1990.
- Torsvall L., Akerstedt T., Gillander K., Knutsson A.: Sleep on the night shift: 24-hour EEG monitoring of spontaneous sleep/wake behaviour. *Psychophysiology*, 26: 352-358, 1989.
- Torsvall L., Akerstedt T., Gillberg M.: Age, sleep and irregular work hours. A field study with electroencephalographic recording, catecholamin excretion and self-ratings. *Scan. J. Work Environ. Health*, 7: 196-203, 1981.
- Torsvall L., Akerstedt T.: Extreme sleepiness; quantification of EOG and spectral EEG parameters. *Int. J. Neurosci.*, 38: 435- 441, 1988.
- Torsvall L., Akerstedt T.: Sleepiness on the job: continuously measured EEG changes in train drivers. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 66: 502-511, 1987.

**Prof. Giovanni Costa**  
*Cattedra di Medicina del Lavoro*  
*Università di Verona*

- Torsvall L., Åkerstedt T.: Sleepiness on the job: Continuously measured EEG changes in train drivers. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 66: 502-511, 1987.
- Turek F.W., Zee P.C.: Regulation of sleep and circadian rhythms. Marcel Dekker Inc, Basel, 1999.
- U.S. Congress, Office of Technology Assessment: Biological rhythms. Implications for the worker. OTA-BA-463, Washington, DC: U.S. Government Printing Office, September 1991.
- Verwey W.B., Zaidel D.M.: Preventing drowsiness accidents by an alertness maintenance device. *Accident Analysis and Prevention*, 31: 199-211, 1999.
- Wallace M.: Coping with shiftwork. In Wallace M. (ed): Shiftwork and health. Brain-Behaviour Research Institute, Dept. Psychology, La Trobe University, Bundoora, Australia, 15-18, 1985.
- Wedderburn A. (ed): Guidelines for shiftworkers. Bulletin of European Shiftwork Topics No 3. European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, Dublin, 1991.
- Wedderburn A. (ed): Instruments for designing, implementing and assessing working time arrangements. Bulletin of European Studies on Time, no 7. European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, Dublin, 1994.
- Zhang J., Yu K.F.: What's the relative risk? A method of correcting the odds ratio in cohort studies of common outcomes. *JAMA*, 280: 1690-1691, 1998.
- Zulley J., Bailer J.: Polyphasic sleep/wake patterns and their significance to vigilance. In Leonard J.P. (ed): Vigilance. Methods, models, and regulations. Verlag Peter Lang, Frankfurt am Main, 167-180, 1988.