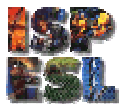


Elaborato finale del progetto

Valutazione degli effetti sulla salute dei conducenti di mezzi pubblici di trasporto urbano, conseguenti a problematiche ergonomiche e all'esposizione ad inquinanti derivanti dal traffico

Fondazione Istituto per il Lavoro

Ricerca finanziata da:



Dipartimento Medicina del Lavoro
Responsabile del progetto: Emanuela Fattorini

luglio 2005

Indice

Introduzione	7
PRIMA PARTE - Qualità del lavoro: le norme di buona pratica ergonomica nella progettazione e valutazione dei fattori hard e soft.....	10
1 Premessa	11
2 La progettazione degli assetti lavorativi secondo gli standard di buona pratica ergonomica	11
2.1 Lo standard europeo e il “modello a stadi” per la valutazione del rischio ...	12
2.2 La valutazione del rischio	14
2.2.1 <i>Il rischio legato a postura incongrua del tronco.....</i>	<i>16</i>
2.2.2 <i>Il rischio legato a postura incongrua degli arti superiori.....</i>	<i>18</i>
2.2.3 <i>Il rischio legato all’assetto posturale di testa e collo.....</i>	<i>19</i>
2.2.4 <i>Il rischio posturale legato ad altre parti del corpo</i>	<i>22</i>
2.3 Il “rischio ergonomico” e le sue ricadute sui parametri psicofisiologici dei conducenti d’autobus	24
3 L’influenza degli agenti chimici sulla prestazione cognitiva e psicomotoria	25
3.1 Test per valutare la prestazione cognitiva e psicomotoria	27
4 Lo stress del conducente di mezzi pubblici di trasporto urbano	34
4.1 Per una definizione della relazione individuo-ambiente.....	34
4.2 La procedura sperimentale per valutare le modificazioni psicofisiologiche da stress nei conducenti di autobus.....	38
4.2.1 <i>Il problema metodologico: valutazione soggettiva ed oggettiva dello stress occupazionale</i>	<i>40</i>
4.2.2 <i>La sperimentazione condotta sul campo ed in laboratorio</i>	<i>43</i>
4.2.3 <i>Gli stimoli in grado di determinare l’attivazione sul campo e in laboratorio.....</i>	<i>44</i>
4.2.4 <i>Campione sperimentale e gruppo di controllo</i>	<i>45</i>
4.2.5 <i>I parametri indicatori di attivazione fisiologica conseguente a stress indotto o subito</i>	<i>46</i>
5 Il confronto di precedenti studi sperimentali sull’attivazione psicofisiologica dei conducenti di autobus urbani	50
5.1 La valutazione dello stress psicofisico nei conducenti di autobus urbani in una grande Azienda Trasporti del nord Italia	51

5.2	Alcuni dati emersi da ricerche internazionali sullo stress occupazionale attribuito a variabili hard e soft.....	52
5.2.1	<i>Uno studio condotto in ambito accademico Svezia-Stati Uniti</i>	52
5.2.2	<i>Gli studi canadesi sul rapporto fra stress occupazionale e fattori psicosociali</i>	55
5.2.3	<i>Ulteriori contributi nord-europei a ricerche sullo stress dei conducenti di mezzi pubblici urbani</i>	57
5.2.4	<i>I metodi utilizzati nelle varie ricerche</i>	59
5.2.5	<i>Stato dell'arte sul fenomeno in indagine risultante dalle ricerche presentate</i>	64
6	Riferimenti bibliografici	66

SECONDA PARTE - Inquinanti da traffico ed effetti sulla salute degli autisti di autobus		73
1	Introduzione	75
2	Il danno alla salute della popolazione generale	76
3	Emissione, diffusione e tipologia degli inquinanti	80
4	Caratteristiche dei principali inquinanti ambientali	81
4.1	Inquinanti convenzionali	81
4.2	Inquinanti non convenzionali	81
4.2.1	<i>Monossido di carbonio (CO)</i>	81
4.2.2	<i>Biossido di zolfo (SO₂)</i>	83
4.2.3	<i>Ossidi di azoto: ossido di azoto (NO) e biossido di azoto (NO₂)</i>	85
4.2.4	<i>Ozono</i>	86
4.2.5	<i>Idrocarburi non metanici (NMHC)</i>	89
4.2.6	<i>BTX (Benzene, Toluene e Xileni)</i>	89
4.2.7	<i>Benzene</i>	90
4.2.8	<i>Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)</i>	92
4.2.9	<i>Polveri (PTS, PM10, PM2.5, PM1)</i>	93
5	Stima dell'esposizione dei lavoratori ad inquinanti da traffico. L'esposizione degli autisti di autobus	97
5.1	Esposizione a monossido di carbonio	102
5.2	Particolato	103
5.3	Esposizione a composti organici volatili: benzene	104
5.4	Ossidi di azoto e biossido di zolfo	106
6	Effetti degli inquinanti da traffico sulla salute degli autisti di autobus: sintesi delle evidenze epidemiologiche	107
7	Riferimenti bibliografici	110
7.1	Introduzione, inquinanti, danno alla salute	110

7.2	Stima dell'esposizione	114
7.3	Sintesi delle evidenze epidemiologiche	115
8	ALLEGATO - Normativa sulla qualità dell'aria.....	117

TERZA PARTE - Problematiche organizzative: il contributo della sociologia del lavoro		121
1	Premessa	123
2	Introduzione al problema dello stress	123
3	Il fattore stress tra i conducenti di autobus.....	127
3.1	Prevenzione ed interventi: raccomandazioni	129
3.1.1	<i>Le aree di intervento.....</i>	<i>130</i>
4	Buone pratiche di interventi sull'organizzazione del lavoro.....	130
4.1	Comitato Europeo per lo sviluppo del dialogo sociale nel trasporto pubblico	132
4.2	La via alta all'organizzazione del lavoro nel trasporto pubblico. Il caso Olandese.	134
4.3	L'esperienza della CTP di Napoli.....	136
5	Ricerche sul trasporto pubblico in Italia	138
5.1	Il trasporto passeggeri nella Provincia di Torino.....	139
5.1.1	<i>Ambiente fisico</i>	<i>140</i>
5.1.2	<i>Organizzazione del lavoro.....</i>	<i>141</i>
5.1.3	<i>La salute</i>	<i>142</i>
5.2	Scelte organizzative e benessere psicofisico	142
5.3	Studio aziendale presso l'ATC di Bologna.....	144
5.3.1	<i>Sistema di igiene e di sicurezza sul lavoro</i>	<i>145</i>
5.3.2	<i>Salute e Sicurezza</i>	<i>145</i>
5.4	Questionario sulla salute e sicurezza sul lavoro	146
6	Riferimenti bibliografici.....	148

Introduzione

Nell'affrontare i temi offerti dal progetto di ricerca, il gruppo di esperti, che si è dedicato alla stesura di questo rapporto, ha voluto condividere alcuni valori di riferimento.

La ricerca scientifica fa riferimento a conoscenze specifiche consolidate che però non possono essere fini a sé stesse. Infatti, accanto alle certezze (di cui il “metodo” è emblema), vanno individuate stimolanti “incertezze” da cogliere con coraggio e intelligenza per la potenzialità evolutiva che consente loro di mettere in discussione certe ortodossie metodologiche o procedure troppo consolidate.

In particolare, nel caso di questa ricerca scientifica, insieme al difficile e delicato compito di argomentare intorno a fattori ergonomici e all'insorgenza di malattie professionali da ricondurre ad inquinanti ambientali (sostanze chimiche e “fisiche”), la valutazione dei rischi per il lavoratore (il conducente di *bus* di servizio urbano) è stata focalizzata sul complesso concetto di benessere/malessere lavorativo. Insieme alla rigorosità scientifica si è dunque perseguito l'obiettivo di “aggiungere” valore sociale.

La ricerca scientifica, quando affronta i problemi del lavoro (perché di questo si tratta), non può prescindere dal fare riferimento alle condizioni che ne devono indirizzare le scelte sia di metodo che sugli obiettivi da perseguire. Tali aspetti rientrano sostanzialmente in due macrosistemi culturali: l'antropologia (e il fattore antropocentrico, *in primis*) e l'organizzazione del lavoro.

In fase progettuale, è stata condivisa l'idea di collocare i ricercatori in una dimensione *intra partes*, consentendo loro di muoversi in questi ambiti per arricchire il loro approccio e rendere ancora più “rigorosa” la scientificità dei risultati del loro lavoro. Nella successiva fase espositiva, la chiarezza del loro pensiero ha reso comprensibili, non solo ai loro pari ma a tutti gli *stakeholders* della ricerca (in particolare ai lavoratori stessi ed ai loro rappresentanti: i più interessati ai problemi vissuti nella quotidianità), le basi teoriche e le proposte operative per migliorare alcuni aspetti organizzativi, il contenuto delle mansioni e le relative modalità di svolgimento.

Nella prima parte del rapporto, ci è sembrato utile proporre la cultura ergonomica nella sua dimensione innovata, non più gravitante sulle “protesi” tecnologiche ma sul “migliore” governo delle condizioni in cui il lavoratore esplica e rende visibili i suoi saperi e la sua capacità di dominare il processo lavorativo all'interno di un sistema di relazioni e di cooperazione.

La proposta che emerge con chiarezza invita ad intervenire sulle situazioni in “modo più sistemico”¹, considerando tutte le variabili della realtà presa in esame, attraverso soluzioni finalizzate alla qualità del lavoro. Tale approccio, nel supportare il piano di intervento focalizzato su *tutte le parti* che compongono il “sistema lavoro”, crea la possibilità di individuare al meglio sia ciò che deve fare il lavoratore che gli aspetti fisici della macchina (o del *macchinario*) con cui interagire. La via

¹ Vedi: Paola Cenni, *Applicare l'ergonomia*; Franco Angeli 2003

“regale” indicata da questa ricerca, è quella rappresentata dall’ “*ergonomia di concezione* che, invece di *aggiustare* il sistema strada facendo (*ergonomia di correzione*), agisce a monte...”², coinvolgendo tutti gli *stakeholders* del sistema³. La *cultura ergonomica* si pone nella prospettiva di prevenire il danno ma anche il rischio (molto spesso presente attraverso disfunzioni organizzative latenti), adottando una visione antropocentrica del “sistema lavoro”. L’uomo, al centro dell’attenzione, viene così inteso come soggetto a cui debbono essere offerte tutte le opportunità e le *facilities* per consentirgli di capire e, quindi, di rappresentarsi nel modo più realistico e corretto la realtà che lo circonda.

La medicina del lavoro si cimenta da tempo con il paradigma della prevenzione e non solo, come troppo spesso continua ad avvenire, della cura e della riabilitazione dell’incidentato o del malato. Ciò porta ad una valutazione non frammentaria ma “globale” del rischio, seppur attenta e analitica a tutti i fattori che, a volte singolarmente, a volte in sinergia, ne dimensionano gli effetti sull’uomo. Per questo la ricerca condotta nella seconda parte del rapporto, fa riferimento a *tutti* gli inquinanti da traffico urbano che possono avere effetti sui conducenti degli autobus, comprese le “*polveri fini*”.

Nell’elaborazione dei due temi prioritari di ricerca, assegnati alla Fondazione Istituto per il Lavoro dall’ISPESL (le problematiche ergonomiche e gli effetti sulla salute degli autisti da inquinanti da traffico), i ricercatori fanno continuamente emergere la necessità di avere, come elemento di misura di efficacia, l’aspetto sociale del lavoro. Trattandosi di valutare le ricadute sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori, la ricerca non può che essere propositiva. Pertanto, deve sapersi integrare con cognizione di causa negli aspetti organizzativi del lavoro, trasformandosi da ricerca teorica in ricerca-intervento.

Gli aspetti sociali ed organizzativi del lavoro assumono rilevanza e portano, accanto alla “verticalità valoriale”, rappresentata dagli “specialisti”, la dimensione del sociale. Questa, integrandosi e interagendo continuamente su ciò che bisogna conoscere, aiuta a progettare “benessere organizzativo” nel luogo di lavoro.

La *terza parte* del rapporto dà un contributo sociologico che si ritiene indispensabile laddove occorre affrontare il “che fare?” nei confronti del cambiamento. Diverse sono le parti che entrano in gioco nella definizione di misure volte al miglioramento delle condizioni di lavoro ma primi tra tutti devono essere i lavoratori, ossia i soggetti su cui principalmente si ripercuotono i disagi dell’ambiente lavorativo. Considerando le cause e le conseguenze del fenomeno dello stress da lavoro, con particolare riferimento al settore dei trasporti, *la terza parte* offre una panoramica articolata di quelle che possono essere definite pratiche partecipative di organizzazione del lavoro.

In tal modo si è reso ancor più evidente il taglio *psico-sociale*; esso acquista e porta valore innovativo in una prospettiva di miglioramento delle condizioni di lavoro e

² Paola Cenni. *ibidem*

³ Fabio Strambi, Claudio Stanzani, Massimo Bartalini, Manuela Cucini (a cura di), *Ergonomia e norme tecniche di sicurezza: il contributo degli utilizzatori*, Franco Angeli 2001

di vita lavorativa che non possono più essere rappresentate soltanto dalla “difesa” dell’equilibrio psico-fisico in ambiente socio/tecnico.

In tutto questo va comunque rilevato un punto di criticità, pur con aspetti contraddittori interessanti sia dal punto di vista del sistema aziendale di sicurezza (regolato dalle norme correnti, per esempio il D.Lgs 626/94), sia da quello dell’organizzazione del lavoro. Qual è la *questio*? La si descrive con una domanda *aperta*: è possibile la definizione del mezzo di trasporto (autobus) come luogo di lavoro in relazione all’obbligo di inserimento dello stesso nel documento di valutazione dei rischi?

Dalle argomentazioni che sono state trattate in questo rapporto si può ragionevolmente dedurre che se ci si deve preoccupare di migliorare le condizioni lavorative e di qualità di vita sul mezzo di trasporto (ergonomia del posto di guida, interventi per garantire all’autista microclima adeguato, tutela del benessere psicosociale, ecc.), la conduzione di un mezzo di trasporto avviene in un “luogo/posto di lavoro”. D’altra parte, dalla lettura del D.Lgs 626/94 e degli orientamenti CEE in materia di valutazione dei rischi contenuti nella linee guida dello stesso D.Lgs 626, si può anche intendere che il mezzo di trasporto è più assimilabile all’attrezzatura di lavoro che al luogo di lavoro; in ogni caso, tutta la regolazione nazionale ed europea sembra portare alla conclusione che i mezzi di trasporto dovrebbero essere soggetti alla valutazione dei rischi.

PRIMA PARTE

QUALITÀ DEL LAVORO: LE NORME DI BUONA PRACTICA ERGONOMICA NELLA PROGETTAZIONE E VALUTAZIONE DEI FATTORI HARD E SOFT

Coordinatrice: Paola Cenni

Alessandro Caraceni

Giovanni Tuozi

1 Premessa

Nell'affrontare il fenomeno complesso oggetto di questo studio, si è ritenuto di considerare le molte variabili in gioco alla luce delle ricerche già condotte in altri paesi, al fine di individuare le ipotesi di ricerca più valide ed innovative.

Il lavoro degli autisti di autobus urbani si configura principalmente come sedentario, ripetitivo, monotono, ad interazione continua con un macchinario (il veicolo pilotato) spesso esposto a vari tipi di inquinanti urbani. Nello stesso tempo, al conducente è richiesto un elevato livello di attenzione, la gestione del rapporto con l'utenza, il rispetto delle tabelle di marcia ed il coinvolgimento in eventi occasionali di tipo criminoso a bordo dei veicoli (es. taccheggio, diverbi fra utenti, etc.).

Pertanto, un disegno di ricerca applicato all'interno dell'approccio ergonomico, presuppone che l'interazione uomo-macchina sia considerata tanto per gli aspetti fisici (*hard*) come posture e movimenti, quanto per gli aspetti psicosociali (*soft*), intesi come *fluttuazioni* nella prestazione cognitiva e psicomotoria attribuibili sia ad agenti chimici, sia all'insorgenza di stress ed affaticamento mentale dovuti alle molteplici richieste attentive (a volte contraddittorie fra di loro) che caratterizzano le mansioni dei conducenti di autobus.

2 La progettazione degli assetti lavorativi secondo gli standard di buona pratica ergonomica

Per quanto attiene agli aspetti fisici dell'attività lavorativa in esame si sono ritenute utili ed attuali le indicazioni riportate nella proposta di standard europeo "prEN 1005-4 Final Draft" (Ottobre 2004) che tratta di "*Sicurezza dei macchinari – Prestazione fisica umana – Parte 4: Valutazione di posture e movimenti lavorativi in relazione ai macchinari*".

Questo standard mette in evidenza che circa un terzo dei lavoratori europei sono impegnati in posture affaticanti o anche dolorose per più di metà della loro giornata lavorativa, e circa il 50% della popolazione lavorativa complessiva è esposta a brevi compiti ripetitivi spesso accompagnati da movimenti dolorosi; sforzi ed affaticamento possono condurre a disturbi muscoloscheletrici, ridotta produttività e ad un generale deterioramento del controllo della postura e dei gesti lavorativi. Quest'ultimo problema può far aumentare il rischio di errori, dar luogo a situazioni di pericolo e condizionare la qualità della prestazione.

Le indicazioni contenute nello standard europeo, basate sulla conoscenza ergonomica attuale e sull'opinione di esperti del settore, possono formalmente applicarsi a tutte le azioni effettuabili con un macchinario mobile, ferma restando la possibilità di subire aggiornamenti in linea con i risultati di ricerche e sperimentazioni future.

Anche se considerare ogni singola azione compiuta dall'uomo può talvolta essere impraticabile, dovrebbero rientrare nella valutazione del rischio non solo i gesti e i comportamenti messi in atto con maggior frequenza, ma anche quelli più discontinui se sono tali da determinare l'insorgenza di dolore, stanchezza o disordini di al-

tro genere. Come indicazione generale, il design dei macchinari mobili dovrebbe essere concepito in modo da consentire delle variazioni fra star seduti, stare in piedi e camminare, riducendo il più possibile i rischi legati alle posture scomode e all'eccessiva ripetitività dei movimenti. Nel caso dei conducenti di mezzi pubblici di trasporto urbano, la postura di lavoro è sostanzialmente quella seduta e i movimenti, seppur non lineari come quelli di una catena di montaggio, sono continui anche se compiuti con poco sforzo.

Per quanto attiene alla valutazione del rischio, lo standard suggerisce un "approccio a stadi" per stabilire posture e movimenti, considerandolo come parte integrante della fase di progettazione del macchinario mobile. L'approccio descritto nel documento opera una distinzione fra:

- Valutazione *senza* gli operatori
- Valutazione *con* gli operatori.

Ovviamente per lo studio in oggetto si fa riferimento al secondo caso perché, superate le fasi di progettazione e *design*, occorre focalizzare l'attenzione su unità e veicoli già in servizio. Al riguardo, viene segnalata l'esistenza quasi certa, nello specifico ambiente di lavoro che si considera volta per volta, di ulteriori informazioni disponibili circa l'uso e le conseguenze di un particolare design e le operazioni che esso permette di compiere. L'analisi di questi dati potrebbe contribuire a stabilire con maggior precisione se il *design* corrente e le pratiche ad esso conseguenti sono adeguati o se è necessaria una "rivisitazione" progettuale. Inoltre, occorre tenere conto del fatto che se i compiti vengono assegnati a soggetti inesperti possono insorgere problemi che operatori esperti hanno imparato ad aggirare.

2.1 Lo standard europeo e il "modello a stadi" per la valutazione del rischio

In figura 1, vengono illustrati i cinque stadi principali del processo di *design*, basato sull'applicazione dei principi ergonomici, così come indicato nello standard europeo.

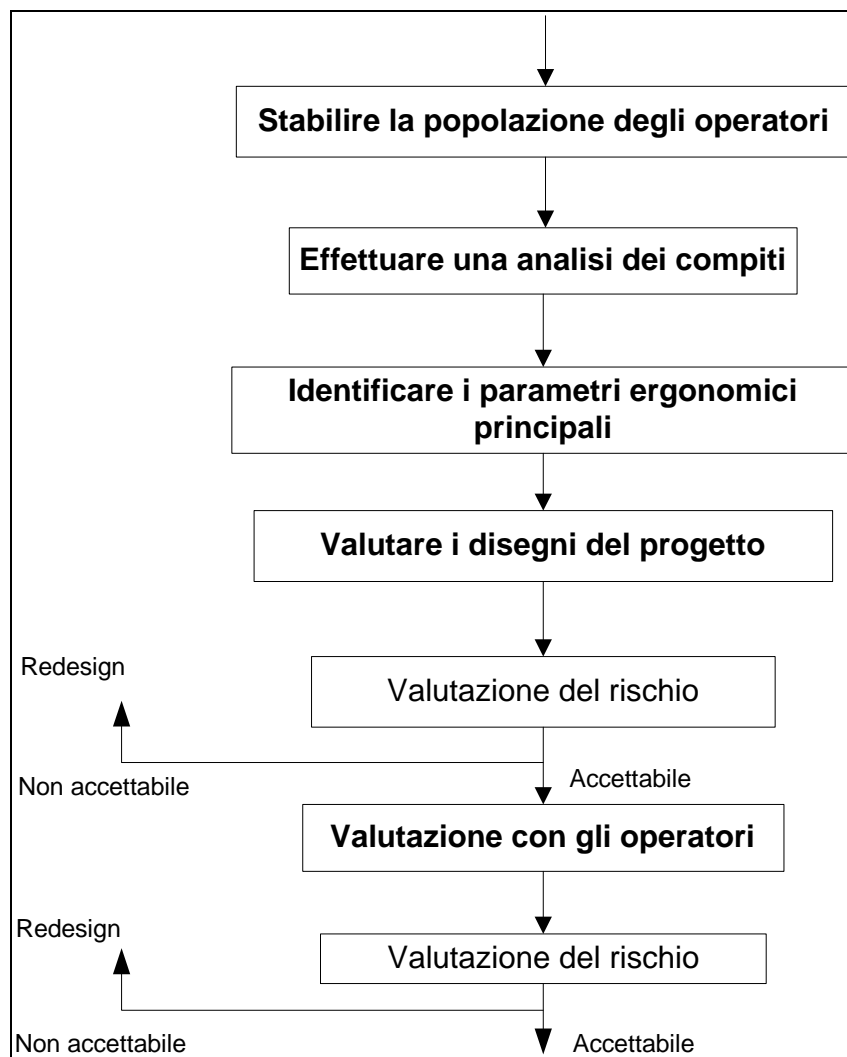
Per gli scopi di questa ricerca, condotta in un'ottica di ergonomia situata, è utile considerare nel dettaglio lo stadio dedicato alla "*Valutazione con gli operatori*" e quello conseguente di "*Valutazione del rischio*", riservato alla raccolta dei dati e alla verifica dei requisiti ergonomici su postura e movimenti. Quest'ultimo passaggio consente di far emergere le variabili più "critiche" per il ricercatore interessato a capire le correlazioni fra postura-movimenti e condizioni psicofisiche degli operatori.

Ovviamente vanno verificate anche le condizioni dei precedenti stadi, dalle quali si possono trarre indicazioni di tipo metodologico circa:

- *il campionamento dei soggetti* che dovrebbe coprire l'intera gamma delle possibili dimensioni corporali presenti nella popolazione di riferimento;
- *l'analisi del compito* per identificare le operazioni elementari che i soggetti devono portare a termine, valutando per ognuna di queste la domanda

all'operatore in termini di impegno visivo, di controllo richiesto (a livello di arti superiori e inferiori), di stabilità durante le operazioni e di forza richiesta.

Figura 1 Diagramma di flusso illustrante l'approccio alla valutazione dei rischi (Fonte: prEN 1005-4:2004, tradotto e modificato)



Questi dati sono necessari perché definiscono i principali parametri ergonomici di riferimento per la progettazione, cioè *postura lavorativa principale* e *dimensioni dello spazio di lavoro*. Da notare che essi sono influenzati da:

- richieste posturali dovute a problemi di visibilità, ad esempio ostruzioni nel campo visivo o inadeguata illuminazione;
- richieste posturali dovute al posizionamento dei controlli del veicolo (ad es., sterzo e pedali);
- richieste posturali dovute a necessità di supporti per la stabilità del corpo o parti di esso, durante l'interazione con il mezzo; nel caso specifico un esempio potrebbe essere rappresentato da un'insufficiente regolazione del sedile di guida dell'autobus che obbligherebbe ad una postura non rispondente alle raccomandazioni dello standard europeo.

Inoltre, va considerata la frequenza dei movimenti possibili e la durata del lavoro richiesto dal momento che entrambe le variabili condizionano lo stadio di *Valutazione del rischio*.

2.2 La valutazione del rischio

Per valutare nel dettaglio postura e movimenti, il documento europeo considera il corpo umano a zone o a "segmenti". Gli esiti della valutazione possono essere di tre tipi:

- *accettabile*, quando il rischio per la salute è considerato basso o trascurabile per quasi tutta la popolazione adulta in salute;
- *accettabile con riserva*, quando è presente un certo livello di rischio per la salute a carico di tutta o parte della popolazione di riferimento; il rischio va analizzato tenendo conto di tutti i fattori presenti nel contesto lavorativo e l'analisi deve essere seguita a breve da una riduzione del rischio oppure, laddove ciò sia impraticabile, vanno intraprese altre azioni idonee come, ad esempio, iniziative di formazione ed informazione agli operatori, finalizzate ad una interazione più sicura con la macchina;
- *non accettabile*, quando i rischi per la salute non possono essere accettati da alcun soggetto della popolazione di riferimento ed è necessaria una riprogettazione per migliorare la postura di lavoro.

Nelle tabelle da 1 a 5 che seguiranno, più di una postura e di una condizione dei movimenti sono considerate *accettabili*, in ogni caso la condizione raccomandata è quella indicata in stampatello⁴. Occorre notare che la conoscenza attuale consente di dare indicazioni quantitative solo parziali, ad es. possono esserci delle combinazioni non accettabili di condizioni singolarmente accettabili.

Nelle stesse sezioni delle tavole sopra indicate, la procedura di valutazione è costituita da un primo *step* di valutazione, a cui ne fa seguito un secondo se la postura o i movimenti osservati vengono giudicati *accettabili con riserva*. Per alcune posture

⁴ La norma ISO 11226 contiene una dettagliata descrizione della procedura per determinare postura e movimenti

particolari, l'accettabilità dipende dalla natura e dalla durata di queste, nonché dal tempo di recupero necessario. Inoltre, per altre posture o movimenti, l'accettabilità può dipendere dalla frequenza dei movimenti o dalla presenza o assenza di supporti per il corpo.

La procedura di valutazione del rischio, descritta nello standard europeo, è basata su un "modello ad U" del rischio per la salute che vede il suddetto rischio crescere all'approssimarsi della mansione lavorativa verso uno dei due estremi della curva, ad esempio assenza di movimenti versus movimenti eccessivamente frequenti, come indicato in figura 2.

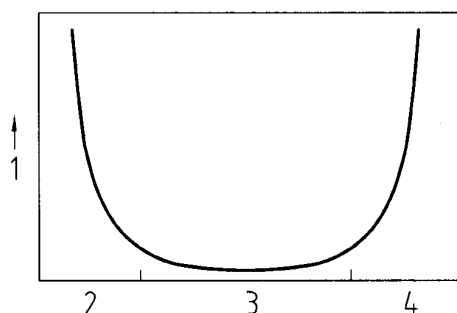
Con il termine "frequenza dei movimenti" si fa riferimento al numero di particolari movimenti di un segmento del corpo. Per quanto riguarda il nostro oggetto di studio, si potrebbe quindi ipotizzare una correlazione fra la variabilità di questo dato e le varie tratte della linea assegnata all'operatore. Al riguardo, esistono criticità legate al fatto che, rispetto a questo parametro, alcuni soggetti risulterebbero più esposti di altri.

Inoltre, è interessante notare la similarità fra il modello adottato per la valutazione del rischio legato a posture e movimenti e quello adottato per la valutazione del carico mentale, ugualmente caratterizzato in negativo da due condizioni estreme: di *sottocarico* e di *sovraccarico*.

La prima pone rischi per la salute mentale della persona perché l'uomo ha bisogno di essere sufficientemente stimolato e impegnato per tendere al benessere psicofisico. Pertanto, monotonia, ripetitività e compiti poco qualificanti vanno evitati, anche in vista di una miglior performance lavorativa.

La seconda condizione presenta, invece, altre criticità legate soprattutto alla pressione temporale causata dalle richieste eccessive dei compiti lavorativi, a fronte del poco tempo messo a disposizione.

Figura 2 Modello di rischi per la salute associati con posture e movimenti.



1 Rischio per la salute
2 Posture statiche

3 Movimenti non eccessivamente frequenti
4 Movimenti eccessivamente frequenti

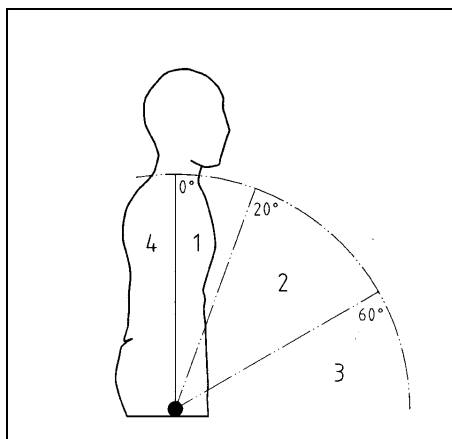
(Fonte: prEN 1005-4:2004)

2.2.1 Il rischio legato a postura incongrua del tronco

La postura del tronco andrà valutata considerandone la flessione in avanti o all'indietro, la flessione laterale e la torsione. La procedura si applica sia a posture sedute che in piedi.

- *Tronco in flessione in avanti o all'indietro*: nello *step 1* la flessione del tronco in avanti o indietro andrà determinata e classificata in una delle zone della figura 3. Per posture statiche, la tabella 1 indica la valutazione di accettabilità o meno per ogni zona del corpo, a seconda che i movimenti siano poco frequenti o molto frequenti. Se il risultato della valutazione sarà *accettabile con riserva*, si procederà con lo *step 2* (A, B o C) che pone ulteriori condizioni finalizzate ad un giudizio definitivo circa la corretta postura del tronco.

Figura 3 Zone del tronco in flessione in avanti o indietro
Step 1



(Fonte: prEN 1005-4:2004, tradotto e modificato)

Tabella 1 Valutazione della flessione del tronco in avanti o indietro

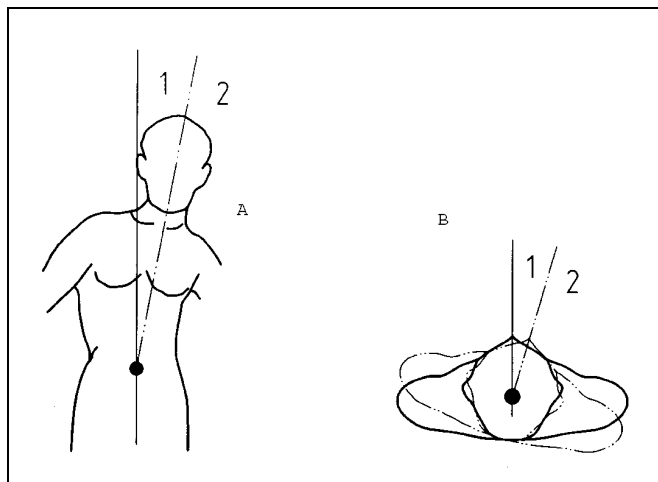
Zona	Postura statica	Movimenti	
		Poco frequenti (<2/min)	Molto frequenti (≥2/min)
1 ^a	Accettabile	Accettabile	Accettabile
2	Accettabile con riserva (Step 2A)	Accettabile	Non accettabile
3	Non accettabile	Accettabile con riserva (Step 2C)	Non accettabile
4	Accettabile con riserva (Step 2B)	Accettabile con riserva (Step 2C)	Non accettabile

^a Si raccomanda di progettare i macchinari in modo tale da far mantenere una postura eretta al lavoratore particolarmente se il macchinario mobile, usato a lungo dallo stesso individuo, richiede una postura statica senza un adeguato periodo di recupero o sono previsti dei supporti per il corpo o nel caso di movimenti ad alta frequenza.

Step 2

- A. La situazione è considerata *accettabile* se vi è un supporto completo del tronco; in caso contrario, la condizione di accettabilità dipende dalla durata della postura e dal periodo di recupero. Il supporto completo del tronco durante la flessione in avanti è considerato *inaccettabile*, a meno che non sia dimostrato che il rischio per la salute è trascurabile per la maggior parte dei soggetti che utilizzano il macchinario ed in considerazione della durata dell'uso di quest'ultimo.
 - B. *Accettabile* in presenza di supporto dell'intero tronco.
 - C. *Non accettabile*, se il mezzo è utilizzato dalla stessa persona per lunghi periodi di tempo. Eccezione: *accettabile* in caso di movimenti poco frequenti nella zona 4 in presenza di supporto completo del tronco. Il supporto completo del tronco durante la flessione in avanti è considerato *inaccettabile*, a meno che non sia dimostrato che il rischio per la salute è trascurabile per la maggior parte dei soggetti che utilizzano il macchinario ed in considerazione della durata dell'uso di quest'ultimo.
- *Tronco in flessione laterale o in torsione*: nello *step 1* indicato nel seguito, la flessione laterale del tronco, come anche la torsione di questo, andranno determinate e classificate in una delle zone indicate in figura 4. Per posture statiche, bassa frequenza di movimenti ed alta frequenza di movimenti, la tabella 2 indica le possibili conseguenze della valutazione per ogni zona.

Figura 4 *Suddivisione delle zone del tronco in flessione laterale (A) e in torsione (B)*
Step 1



La linea continua centrale rappresenta il tronco eretto e non in torsione.
Flessione laterale del tronco o torsione non chiaramente percepibili (circa 10° o meno)
Flessione laterale del tronco o torsione chiaramente percepibili (circa 10° o più)
(Fonte: prEN 1005-4:2004, tradotto e modificato)

Tabella 2 Valutazione della flessione laterale e della torsione del tronco

Zona	Postura statica	Movimenti	
		Poco frequenti (<2/min)	Molto frequenti (≥2/min)
1	Accettabile	Accettabile	Accettabile
2	Non accettabile	Accettabile con riserva (Step 2A)	Non accettabile

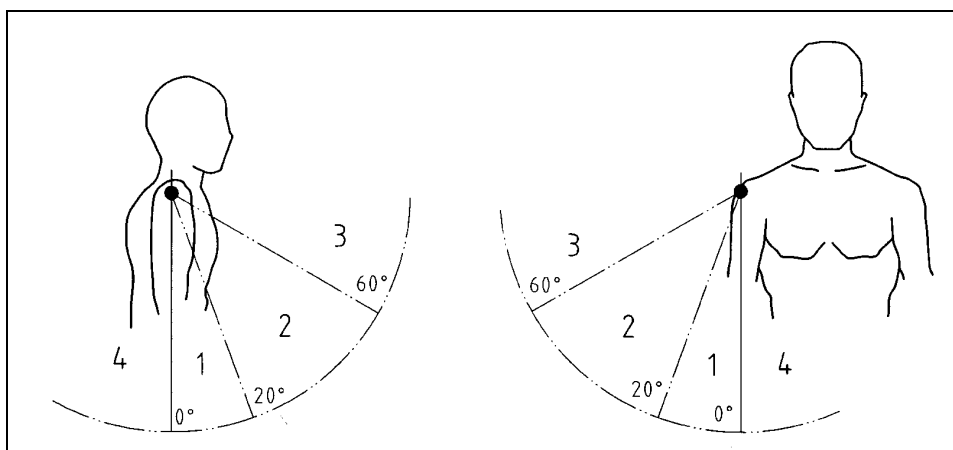
Step 2

A. *Non accettabile* se il mezzo è utilizzato dalla stessa persona per lunghi periodi di tempo.

2.2.2 Il rischio legato a postura incongrua degli arti superiori

Nello *step 1* la postura degli arti superiori del corpo andrà determinata e classificata in una delle zone della figura 5. Per posture statiche, bassa frequenza di movimenti ed alta frequenza di movimenti, la tabella 3 indica le possibili conseguenze della valutazione per ogni zona. Se il risultato della valutazione sarà *accettabile con riserva*, si procederà con lo *step 2* (A, B o C) che indica le condizioni supplementari atte a caratterizzare in modo definitivo la specifica situazione come *accettabile* o *non accettabile*. La procedura si applica sia a posture sedute che in piedi.

Figura 5 Suddivisione delle zone posturali per gli arti superiori
Step 1



(Fonte: prEN 1005-4:2004, tradotto e modificato)

Tabella 3 Valutazione dell'assetto posturale degli arti superiori

Zona	Postura statica	Movimenti	
		Poco frequenti (<2/min)	Molto frequenti (≥2/min)
1 ^a	Accettabile	ACCETTABILE	Accettabile
2	Accettabile con riserva (Step 2A)	Accettabile	Accettabile con riserva (Step 2C)
3	Non accettabile	Accettabile con riserva (Step 2B)	Non accettabile
4	Non accettabile	Accettabile con riserva (Step 2B)	Non accettabile

a) Si raccomanda di progettare i macchinari in modo tale da far mantenere al lavoratore una postura con gli arti superiori pendenti verso il basso, particolarmente se il macchinario mobile è usato a lungo dallo stesso individuo, richiede una postura statica senza un adeguato periodo di recupero o sono previsti dei supporti per il corpo o nel caso di movimenti ad alta frequenza.

Step 2

- A. La situazione è considerata *accettabile* se vi è un supporto completo dell'arto; in caso contrario, la condizione di accettabilità dipende dalla durata della postura e dal periodo di recupero.
- B. *Non accettabile* se il mezzo è utilizzato dalla stessa persona per lunghi periodi di tempo.
- C. *Non accettabile* se la frequenza dei movimenti è $\geq 10/\text{min}$ oppure se il mezzo è utilizzato dalla stessa persona per lunghi periodi di tempo.

Nello specifico contesto d'indagine, il supporto degli arti superiori, qualora se ne senta la necessità, potrebbe essere raggiunto dagli autisti utilizzando parti del veicolo, come ad esempio quando si apre il finestrino e vi si appoggia il gomito, e ciò potrebbe comportare la formazione di punti localizzati dell'arto dove viene scaricata la maggior parte della pressione dovuta al peso dello stesso.

2.2.3 Il rischio legato all'assetto posturale di testa e collo

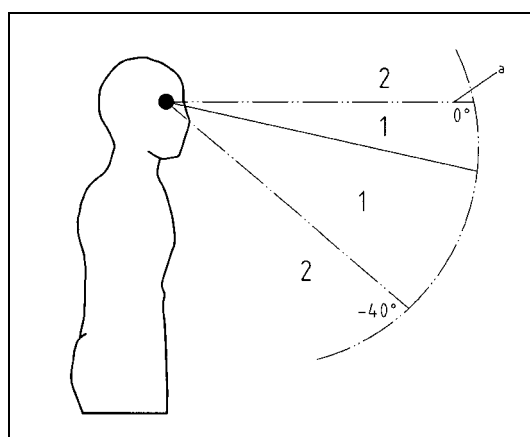
L'assetto posturale di testa e collo è da valutare in considerazione della linea visuale ascendente/discendente (la direzione dello sguardo), della flessione laterale del collo e della sua torsione. La procedura si applica sia a posture sedute che in piedi.

- *Linea visuale ascendente/discendente (la direzione dello sguardo):* si raccomanda di valutare la flessione anteriore/posteriore del collo, prendendo come parametro di riferimento l'inclinazione ascendente/discendente della linea visuale, ovvero del punto verso cui si fissa lo sguardo più frequentemente durante l'interazione con lo strumento, ad esempio il centro del campo visivo (attor-

no alla linea visuale gli occhi percepiscono un campo di 10° in direzione ascendente e discendente). La procedura descritta è valida nella condizione di assetto dritto ed eretto del tronco. Nello *step 1* la direzione della linea visuale andrà determinata e classificata in una delle zone della figura 6. Per posture statiche, bassa frequenza di movimenti ed alta frequenza di movimenti, la tabella 4 indica le possibili conseguenze della valutazione per ogni zona.

Figura 6 *Suddivisione in zone della direzione ascendente/discendente linea visuale (la direzione dello sguardo fisso)*

Step 1



^a **Piano orizzontale**

(Fonte: prEN 1005-4:2004, tradotto e modificato)

Tabella 4 *Valutazione della direzione della linea visuale (la direzione dello sguardo)*

Zona	Postura statica	Movimenti	
		Poco frequenti (<2/min)	Molto frequenti (≥2/min)
1 ^a	Accettabile	Accettabile	Accettabile
2	Non accettabile	Accettabile con riserva (Step 2A)	Non accettabile

^a Si raccomanda di progettare i macchinari in modo tale che la direzione usuale dello sguardo del lavoratore, in caso di assetto dritto del tronco, risulti piuttosto inferiore al piano orizzontale, particolarmente se il macchinario è usato a lungo dallo stesso individuo, richiede una postura statica senza un adeguato periodo di recupero o sono previsti dei supporti per il corpo o nel caso di movimenti altamente frequenti.

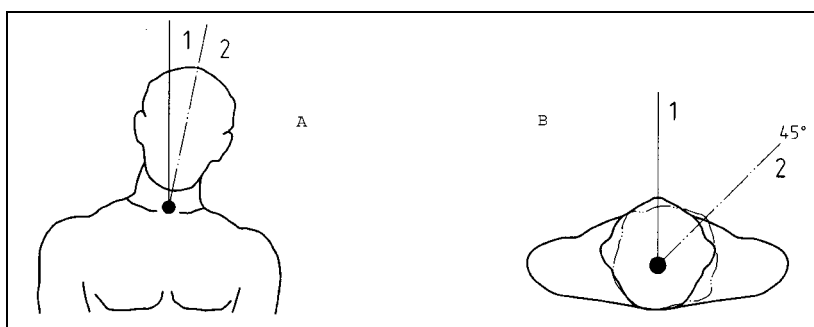
Step 2

A. *Non accettabile*, se il mezzo è utilizzato dalla stessa persona per lunghi periodi di tempo.

- *Flessione laterale o torsione del collo (es. posizione della testa rispetto alla parte superiore del tronco):* nello step 1, sia la flessione laterale che la torsione del collo andranno valutate e classificate secondo le zone indicate nella figura 7, la parte A per la flessione laterale e la parte B per la torsione, rispettivamente. Per posture statiche, bassa frequenza di movimenti ed alta frequenza di movimenti, la tabella 5 indica le possibili conseguenze della valutazione per ogni zona.

Figura 7 Zone di suddivisione circa flessione laterale (A) e torsione (B) del collo.

Step 1



La linea continua centrale rappresenta il collo in una postura o un movimento non flessi lateralmente (A), oppure il collo in assenza di torsione (B)

1. Flessione o torsione non chiaramente percepibili (10° o meno)
2. Flessione o torsione chiaramente percepibili (10° o più).

(Fonte: prEN 1005-4:2004 tradotto e modificato)

Tabella 5 Valutazione della flessione laterale e torsione del collo

Zona	Postura statica	Movimenti	
		Poco frequenti (<2/min)	Molto frequenti (≥ 2 /min)
1	Accettabile	ACCETTABILE	Accettabile
2	Non accettabile	Accettabile con riserva (Step 2A)	Non accettabile

Step 2

A. *Non accettabile*, se il mezzo è utilizzato dalla stessa persona per lunghi periodi di tempo.

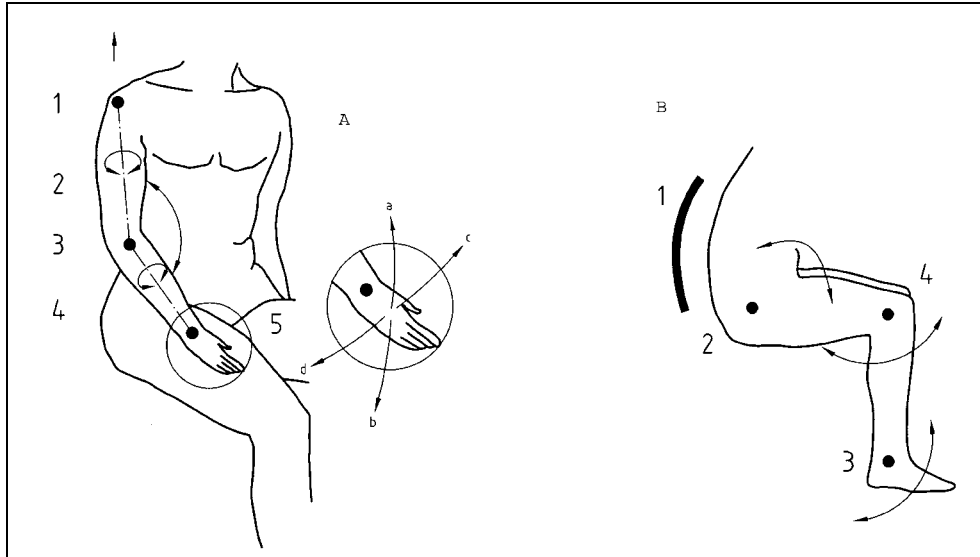
Anche in questo caso, si può prospettare una condizione estremamente variabile circa la frequenza dei movimenti e i cambiamenti a carico della torsione del collo (spesso vengono riferiti dolori nella zona cervicale dopo molto tempo passato alla guida).

Considerando la frequenza con cui l'autista di autobus, nel traffico cittadino, è costretto a modificare la direzione dello sguardo (ad esempio quando guarda negli specchi retrovisori o quando presta attenzione all'utenza durante la discesa/salita dal mezzo), è ipotizzabile che l'elevata frequenza di tali movimenti possa avere delle ricadute sulla sua salute; interventi in grado di ridurre la necessità come, ad esempio, una configurazione alternativa dei dispositivi per tenere sotto controllo le varie zone del veicolo, potrebbe condurre ad una riduzione di questi fattori di rischio. Nel caso in cui il conducente si trovi coinvolto in discorsi di una certa durata con l'utenza, si può ipotizzare che il conseguente grado di torsione del collo vada oltre la soglia di accettabilità del rischio mentre la frequenza di questi movimenti appare estremamente variabile.

2.2.4 Il rischio posturale legato ad altre parti del corpo

Per ciò che riguarda le altre parti del corpo, in relazione a posture statiche, movimenti poco frequenti e movimenti molto frequenti, la figura 8 e la conseguente tabella 6 sono utili alla valutazione della accettabilità o meno di possibili assetti.

Figura 8 Zone di valutazione per le estremità superiori (A) e per la parte lombo-sacrale ed estremità inferiori (B)



1 Spalla

2 Parte superiore del braccio

3 Gomito

4 Avambraccio

5 Polso

a Movimento del dorso della mano verso l'avambraccio

b Movimento del palmo della mano verso l'avambraccio

c Movimento del pollice della mano verso l'avambraccio

d Movimento del mignolo della mano verso l'avambraccio

1 Zona lombo-sacrale

2 Anca

3 Caviglia

4 Ginocchio

(Fonte: prEN 1005-4:2004, tradotto e modificato).

Tabella 6 Valutazione delle altre parti del corpo

Postura statica Ad esempio, alcuni problemi derivano da posture scomode come: avere la zona lombosacrale convessa mentre si è seduti; tenere il ginocchio allungato e/o sollevato senza tenere il tronco inclinato all'indietro (posizione seduta); tenere piegato il ginocchio (posizione in piedi); tenere le braccia sollevate; distribuzione non uniforme del peso sui due piedi (posizione in piedi) e posizioni articolari ai limiti della possibilità di movimento ^a	Movimenti Come per il ginocchio flesso (posizione in piedi), braccia sollevate, e articolazioni vicine ai limiti della possibilità di movimento ^a (per gli esempi, vedere la fig. 8, parte A e parte B).	
	Poco frequenti (<2/min)	Poco frequenti (<2/min)
Non accettabile	ACCETTABILE	Non accettabile
^a Per le posizioni delle articolazioni, si raccomanda di evitare la necessità di movimenti poco frequenti ai limiti della possibilità di movimento dell'operatore. La norma ISO 11226:2000 descrive una procedura per determinare le posizioni delle articolazioni da considerare ai limiti della possibilità di movimento.		

Si possono facilmente notare ancora una volta le ricadute di queste raccomandazioni in riferimento al lavoro di conducente di autobus urbani. La conduzione di un mezzo di dimensioni considerevoli, nel traffico cittadino spesso congestionato, comporta frequenti azioni sui dispositivi di controllo di questo, che, qualora non siano rispettate le condizioni auspiccate dallo standard, possono condurre a modifiche anche importanti nella salute e nelle abitudini posturali dell'individuo.

2.3 Il “rischio ergonomico” e le sue ricadute sui parametri psicofisiologici dei conducenti d'autobus

All'interno di un disegno di ricerca sperimentale che intende indagare sulla salute dei conducenti di mezzi pubblici di trasporto urbano, vanno ricercate correlazioni fra quanto raccomandato nello standard europeo, discusso nel paragrafo precedente, ed eventuali alterazioni a carico dei parametri psicofisiologici indicatori di disturbi attribuibili alla mancata applicazione dei principi raccomandati.

Al riguardo, si potrebbero rilevare effetti congiunti sul sistema muscoloscheletrico e sui nervi interessati da particolari movimenti e posture, dovuti sia a componenti fisiche di tipo meccanico, sia a componenti regolate dal sistema nervoso periferico e/o neuroendocrino (vedi ad esempio variazioni vegetative e ormonali presenti in concomitanza con movimenti o posture sconsigliate, con un eccesso di stress accumulato o con un elevato carico di lavoro fisico o mentale).

Si può ipotizzare anche una variabilità del battito cardiaco, in funzione della durata dell'adozione di posture incongrue e, qualora si volessero rilevare cambiamenti di tono muscolare, ci si può avvalere della registrazione elettromiografica dei muscoli impegnati durante le azioni di base compiute da un autista, che può fornire un indice della frequenza dei movimenti nel tempo. Al riguardo, è possibile computare anche il numero teorico di movimenti dovuto, ad esempio, alle sterzate necessarie per seguire l'intero percorso assegnato o singole tratte di esso. Questo potrebbe servire come valore di confronto con i dati ottenuti dalla registrazione elettromiografica dell'attività di specifici muscoli coinvolti.

3 L'influenza degli agenti chimici sulla prestazione cognitiva e psicomotoria

Proseguendo nello studio delle variabili di ricerca da considerare nel contesto dell'autista di autobus per il trasporto urbano, vanno considerati, oltre ai fattori di tipo più strumentale e biomeccanico precedentemente discussi, ulteriori fattori che riguardano la prestazione cognitiva ed i rischi per la salute derivanti dall'esposizione a particolari agenti chimici. Nello specifico, si vogliono esaminare le loro possibili ricadute sulla performance cognitiva e sugli indici fisiologici, cercando di cogliere le eventuali correlazioni e la loro evoluzione nel tempo.

A questo proposito è interessante riportare un lavoro di Wetherell (1997)⁵, il quale ha indagato le relazioni intercorrenti fra i sintomi lamentati dalle persone sofferenti di Sensibilità Chimica Multipla (MCS), e l'influenza, diretta o indiretta, di questi sulla prestazione cognitiva e psicomotoria delle persone esposte. La ricerca fornisce anche utili indicazioni metodologiche per quanto riguarda i test di prestazione cognitiva e psicomotoria considerati e il disegno di ricerca da predisporre.

La condizione di Sensibilità Chimica Multipla (MCS), insorge successivamente all'esposizione, cronica o acuta, ad un agente chimico e si contraddistingue per l'innalzamento della sensibilità a successive esposizioni anche minime, peraltro generalizzabile anche verso altri tipi di sostanze chimiche. Si comprende che la tipologia degli agenti potenzialmente in grado di innescare un'ipersensibilizzazione, capace di condizionare la performance cognitivo-psicomotoria, è molto vasta ma le sostanze più comuni possono essere ricondotte a:

- Carburanti, emissioni di fumi e prodotti di combustione.
- Profumi.
- Detergenti.
- Materiali da costruzione e decorazione.
- Generi alimentari o sostanze additive.

⁵ Defence Evaluation and Research Agency, Protection and Life Science Division, Chemical and Biological Defence Human Studies Group, Port Down, Salisbury, United Kingdom.

Nel nostro caso l'ipotesi più probabile, pur considerando i detergenti usati per l'igiene dell'automezzo, è certamente quella legata alle emissioni inquinanti delle vetture durante il normale traffico urbano, prodotti di combustione e altri gas immessi nell'ambiente per via dell'uso di combustibili fossili.

In alcuni casi gli individui sanno identificare la natura dell'agente chimico che causa loro dei disturbi, ma in molti altri la diagnosi è piuttosto difficile, visto che i sintomi possono variare considerevolmente fra gli individui. Questi sintomi, a gravità variabile, includono: scompensi cardiaci, affaticamento, problemi muscolari ed articolari, irritazione di occhi, orecchie, naso, gola o pelle, malessere generale, difficoltà di concentrazione e memorizzazione.

Vista la vastità delle possibili sostanze in gioco ed il loro effetto combinato nel produrre la situazione in cui può venirsi a trovare un conducente di autobus urbani, la diagnosi della presenza di eventuali cause chimiche di deterioramento della prestazione mentale e fisica richiede un disegno di ricerca rigoroso, pur essendo strutturato per una indagine sul campo; il numero delle sostanze da monitorare sarà quindi funzione del numero di soggetti disponibili per la ricerca, poiché è necessario coprire tutte le possibilità di esposizione ad ogni inquinante compreso nella ricerca. Per il caso qui trattato, una delle ipotesi che sembra percorribile è quella di una differente esposizione di alcuni individui rispetto ad altri per quanto riguarda le sostanze inquinanti da traffico, e questo dato è funzione del particolare tipo di linea a cui si è assegnati, degli orari e turni di lavoro cui si è soggetti, della distribuzione delle sostanze inquinanti nel centro cittadino, così come risulta da apposite agenzie che svolgono un continuo monitoraggio dell'ambiente⁶.

I test di prestazione cognitivo-psicomotoria, utilizzati nell'analizzare le possibili conseguenze dell'esposizione ad agenti chimici, offrono una serie di vantaggi per aiutare coloro che vivono queste situazioni; possono essere visti come una valutazione oggettiva dell'abilità al lavoro del soggetto; sono molto sensibili e possono agevolmente scoprire e misurare gli effetti di una esposizione o l'efficacia di una misura diagnostica, preventiva o terapeutica; infine, i test sono oggettivi ed il loro utilizzo può aiutare a capire se si è in presenza di una situazione di MCS.

Questi suggerimenti sono utili per fare ulteriori considerazioni circa il disegno di ricerca: nell'impossibilità di disporre di un gruppo di controllo, ovvero di un gruppo di soggetti assimilabile al gruppo sperimentale tranne che per le variabili manipolate dallo sperimentatore (sostanze inquinanti urbane), si possono però fare confronti fra i dati relativi ai soggetti assegnati ad una linea, con un certo tipo di esposizione agli agenti inquinanti, e quelli assegnati ad un'altra, facendo attenzione a bilanciare i campioni per quanto riguarda orari, turni di lavoro, anzianità lavorativa, genere e stato civile. Come visto nel paragrafo precedente, il tipo di linea da percorrere determina anche le variabili ergonomiche relative alla postura ed alla interazione con il veicolo.

⁶ <http://www.arpa.emr.it/>

3.1 Test per valutare la prestazione cognitiva e psicomotoria

Le funzioni cognitive fanno riferimento alle abilità individuali di ragionare in termini di relazioni spazio-temporali e simboli, come numeri o parole. Le funzioni psicomotorie (a volte chiamate funzioni percettivo-motorie), fanno riferimento alle abilità individuali di coordinare tempestivamente le risposte appropriate agli stimoli. Queste due tipologie di funzioni non sono però separate ma sovrapposte fra loro, in considerazione del fatto che lo stimolo richiede di essere processato a livello cognitivo. Ad esempio, un semplice test di reazione riflessa è usualmente considerato di tipo psicomotorio ma se lo stimolo è complesso e richiede una qualche decisione sulla risposta da agire, allora attiene decisamente al “mentale”.

Inoltre, occorre distinguere fra test di prestazione cognitiva e psicomotoria, da un lato, e test neuropsicologici e altri tipi di test psicologici, dall’altro. Queste diverse tipologie mostrano varie sovrapposizioni con alcune differenze legate anche al loro utilizzo.

I test di tipo neuropsicologico fondano le loro basi su principi neurologici, di tipo fisico, e sono *standardizzati*, nel senso che permettono di confrontare in ogni momento il punteggio di un individuo in riferimento alla popolazione generale, per stabilire il grado di devianza dalla normalità; si usano frequentemente per scopi diagnostici.

I test di tipo cognitivo e psicomotorio sono invece fondati su modelli interpretativi, come l’analisi fattoriale, modelli di processamento dell’informazione, modelli delle risorse cognitive; in questo senso sono considerati *modelli predittivi* della prestazione. Normalmente non si acquistano, essendo di pubblico dominio e derivati dalla letteratura psicologica sperimentale. Questi test non sono diagnostici ma si utilizzano per fare previsioni nel mondo reale, con la riserva che abbiano una discreta validità di costruito e dei principi che ne sono alla base. Generalmente non sono standardizzati e molto spesso vengono adattati in modo da migliorarne la sensibilità per gli obiettivi per i quali vengono utilizzati. Alcuni ricercatori auspicano una loro standardizzazione per poter confrontare i risultati fra laboratori diversi, altri invece obiettano che ciò ne ridurrebbe la sensibilità. Purtroppo queste due qualità si escludono a vicenda nel senso che, a maggior livello di standardizzazione di un test corrisponde minor sensibilità nel rilevare i dati di interesse.

In genere, i test non standardizzati non hanno regole di applicazione: ciò comporta lo svantaggio di non poter stabilire se un valore è normale o meno e, quindi, hanno scarso potere diagnostico. Ad ogni modo, stabilire se un certo dato sia normale o meno dipende dalla sensibilità e dall’affidabilità del test nel discriminare fra individui normali e non, ed inoltre dall’affidabilità e dalla validità delle regole di applicazione che lo accompagnano. Queste non vanno adottate in maniera acritica ma considerate in relazione all’ampiezza del campione che si vuole coprire o alle variabili che si vogliono indagare.

Qualsiasi test psicologico deve soddisfare tre requisiti psicometrici di base: *sensibilità*, *affidabilità* e *validità*.

La *sensibilità* si riferisce al fatto che il test coglie ogni cambiamento indotto sperimentalmente nel parametro da misurare; l’*affidabilità* riguarda il fatto che le diffe-

renze fra i punteggi di successive applicazioni del test devono rispecchiare reali differenze di risposta e non l'effetto di variabili di disturbo o di scarsa certezza dei principi su cui il test si basa; la *validità* concerne la certezza che il test misuri ciò per cui è stato costruito e non altro.

Questi principi vengono applicati in molte aree della psicologia, ma non abbastanza nell'ambito della valutazione delle prestazioni cognitive e psicomotorie e, per quanto riguarda gli effetti delle sostanze chimiche sull'uomo, la loro validità andrebbe ulteriormente verificata.

Come già accennato, i test di prestazione cognitiva e psicomotoria sono basati su modelli della stessa⁷. In letteratura vengono raggruppati in tre tipologie di base: *analisi fattoriale*, *modello delle risorse* e *modello della elaborazione dell'informazione*.

L'*analisi fattoriale* tenta di identificare i fattori di base sottostanti alla prestazione, indagando le correlazioni fra i punteggi ottenuti nei vari test e l'effettiva prestazione nella vita reale.

Il *modello delle risorse* postula che gli esseri umani abbiano uno o più insiemi di risorse limitate che vengono, di volta in volta, chiamate in causa per fornire la prestazione in un particolare compito.

Il *modello di elaborazione dell'informazione* è affascinante ma molto spesso abusato ed applicato in qualsiasi procedura dove vi sia elaborazione di informazioni; il termine si applica più propriamente a procedure il cui tentativo è quello di illustrare il meccanismo mediante il quale le informazioni sono elaborate, fra lo stimolo e la risposta. La variante più utile di questo modello può essere il modello a stadi dell'elaborazione dell'informazione che sostiene la tesi secondo cui gli esseri umani elaborano le informazioni in ingresso mediante il passaggio a stadi successivi come la percezione dello stimolo, il suo riconoscimento attraverso la banca dati della memoria, il giudizio, la scelta decisionale e la risposta.

I modelli basati su analisi fattoriale e quelli basati sulla assegnazione delle risorse sono di tipo fenomenologico, in quanto rispecchiano abilità e comportamenti che gli esseri umani mettono in pratica nella vita reale. I modelli basati sull'elaborazione dell'informazione non necessariamente rispecchiano la realtà ma sono utili nel cercare di isolare i singoli stadi coinvolti ed il loro contributo a livello di performance complessiva.

Nello studio della Chemical and Biological Defence si elencano una serie di test giudicati validi, affidabili ed utili per tracciare e registrare la presenza di eventuali fonti di stress nell'ambiente ed inoltre sono quelli considerati maggiormente utili, per valutare gli effetti di vari agenti chimici sulla prestazione lavorativa. Questi test sono risultati utili anche nello studio di altri fattori di stress, come l'affaticamento, la deprivazione di sonno e l'utilizzo di indumenti protettivi⁸.

⁷ Wetherell A., "Performance Tests", *Environ. Health Perspect*, 104:247-273, 1996.

⁸ Wetherell A., Shattock JA, Cook JM, "The ergonomics of nuclear, biological and chemical individual protective equipment", in *Contemporary Ergonomics*, 1992 (Lovesey EJ, ed). London: Taylor and Francis, 1992.

Non tutti i test sono usati per lo stesso fenomeno e l'appropriatezza del loro impiego dipende sia dalla specifica sostanza (o fonte di stress) che si vuole indagare, sia dalla particolare situazione lavorativa oggetto di indagine. Tutti i test descritti possono essere somministrati ripetutamente per monitorare l'evoluzione temporale dei dati ottenuti; le versioni parallele sono prodotte mediante generazione casuale o semicasuale degli stimoli.

Dove non altrimenti indicato, i test vengono somministrati mediante l'ausilio di un personal computer ed hanno una durata di 3 minuti; i punteggi sono computati in base al numero di problemi risolti, al numero di risposte corrette fornite ed al tempo di risposta (o derivati di questi criteri).

Di seguito si riportano i test maggiormente impiegati, secondo le rispettive aree di competenza.

- **Elaborazione matematica**

- *Elaborazione numerica*: viene presentata una serie di problemi, ognuno consistente in tre numeri e due operatori. I soggetti devono stabilire se la risposta al quesito da un valore inferiore o superiore a 5. I problemi sono costruiti in modo da non dare mai 5 come risultato.
- *Facilità numerica*: vengono presentati tre numeri da una o due cifre disposti in verticale, ed il soggetto deve indicare la somma di questi.

- **Ragionamento logico**

- *Versione originale*: viene presentata una serie di enunciati, ognuno seguito da una coppia di lettere, ed il soggetto deve stabilire se la coppia di lettere è vera o falsa, in base all'enunciato/criterio presentato che descrive l'ordine nel quale dovrebbero trovarsi le lettere.
- *Versione AGARD STRES*: in questa versione della NATO Advisory Group on Aerospace Research and Development (AGARD) Standardised Test for Research into Environmental Stressor (STRES)⁹, viene presentata una serie di coppie di enunciate/criteri che descrivono l'ordine dei simboli, ognuna seguita da una serie di tre simboli; se i criteri, rispetto ai simboli proposti, sono entrambi veri o falsi, il soggetto preme un tasto indicante "uguali", altrimenti ne preme uno indicante "diversi". Questa versione presenta il vantaggio di essere meno dipendente dal linguaggio del soggetto ed inoltre i simboli non hanno effetti di ordine, come le lettere alfabetiche.

- **Elaborazione spaziale**

- *Manichini*: viene presentata la figura di un manichino umano, in prospettiva anteriore o posteriore, non ruotato di nessun angolo, e recante in una

⁹ AGARD. Human Performance Assessment Methods. AGARDograph 308. Neully-sur-Seine, France: NATO Advisory Group on Aerospace Research and Development, 1989; Wetherell A., "The STRES Battery: Standardised Tests for Research into Environmental Stressor", in Contemporary Ergonomics 1990 (Lovesey EJ, ed), London: Taylor and Francis, 1990: 270-275.

mano una bandiera; il soggetto deve specificare quale mano regge la bandiera.

- *Istogrammi*: viene mostrato per 3 sec. un istogramma a 4 barre, seguito da uno schermo nero per 1 sec., seguito ancora da un altro istogramma ruotato di 90° o 270°; i soggetti devono specificare se i due istogrammi sono uguali o differenti.

- **Tracciamento**

- *Inseguimento di bersagli*: il soggetto, usando un joystick, deve mantenere un cursore su un bersaglio mobile. Il test dura 3 min. e il punteggio è rappresentato dallo scarto quadratico medio degli errori.
- *Tracciamento instabile*: il soggetto, usando un joystick o un mouse, deve mantenere un cursore orizzontale mobile su un bersaglio fisso. Il test è fatto in modo che la velocità di spostamento del cursore cresca con il crescere della sua distanza dal bersaglio, richiedendo al soggetto maggior controllo sui movimenti.

- **Tempi di reazione**

- *Tempo di reazione semplice*: il soggetto deve premere il più rapidamente possibile un tasto in seguito alla presentazione di uno stimolo, usualmente un quadrato nero o un disco sullo schermo, oppure un segnale acustico tramite gli altoparlanti del pc.
- *Tempo di reazione su numerose prove*: il soggetto deve premere uno di diversi tasti il più velocemente possibile dopo la presentazione di svariati stimoli. Usualmente, il tempo di reazione considerato è la media delle diverse prove, ciò per controbilanciare eventuali errori di distrazione.
- *Tempo di reazione complesso*: questo test si basa sul modello a stadi di elaborazione dell'informazione ed è disegnato per individuare lo stadio in cui può mostrare i suoi effetti una droga o un agente chimico. Una cifra (2,3,4, o 5) viene presentata alla sinistra o alla destra dello schermo del pc, ed il soggetto deve premere il corrispondente tasto il più velocemente possibile. Il test è composto da sei parti, ognuna della durata di 3 min. ed ognuna disegnata per indagare un particolare stadio di elaborazione dell'informazione: decodifica dello stimolo, programmazione motoria, attivazione motoria, selezione della risposta ed esecuzione della risposta. Ciò viene ottenuto mediante la variazione della qualità dello stimolo (difficoltà di riconoscimento più o meno accentuata), complessità della risposta (singola cifra e quindi singolo tasto da premere o tripla cifra e quindi combinazione di tre tasti da premere), incertezza nella sequenza temporale (intervallo fra gli stimoli regolare oppure casuale) e compatibilità stimolo-risposta (il tasto di risposta si trova sulla parte di tastiera corrispondente al-

la medesima parte dello schermo oppure sul lato opposto rispetto a quello sul quale è stato presentato lo stimolo).

- **Attenzione/Vigilanza**

L'attenzione è alla guida di molte funzioni ma, nei termini del test, è generalmente concettualizzata come l'abilità di riconoscere stimoli abbastanza frequenti in una matrice di stimoli presentata rapidamente e ripetutamente. In contrasto la vigilanza è considerata come l'abilità di riconoscere stimoli infrequenti o incerti per un periodo prolungato di tempo. Molti test di attenzione/vigilanza coinvolgono funzioni cognitive superiori rispetto alla semplice detenzione di stimoli, e di conseguenza il termine è spesso usato per includere altri tipi di test che sarebbero difficili da descrivere in altro modo.

- *Cancellazione di lettere*: viene presentata una matrice di lettere e il soggetto deve marcarne alcune anziché altre.
- *Risposte seriali*: al soggetto viene presentata una fila di quadrati con bordo, corrispondenti ai tasti da 1 a 5 sulla tastiera. Il soggetto elimina, mediante la pressione dell'appropriato tasto, un quadrato nero che appare casualmente in uno dei quadrati bordati. Ad ogni pressione del tasto, il quadrato nero scompare e riappare.
- *Attenzione focalizzata*: vengono presentate tre croci di allarme sullo schermo, una nel mezzo, e le altre due vicino alla prima o vicino ai bordi dello schermo. La croce nel mezzo viene sostituita da una lettera (A o B) e le altre da un asterisco, dalle stesse lettere del bersaglio o da altre lettere. Il soggetto deve rispondere premendo il tasto appropriato.
- *Ricerca*: due croci di allarme vengono presentate vicino al centro o vicino ai bordi dello schermo. In seguito una delle croci viene sostituita da una lettera bersaglio e l'altra da un altro carattere oppure scompare. Il soggetto deve rispondere premendo il tasto appropriato.
- *Monitoraggio di display*: questo test è costruito per valutare la prestazione nei compiti di controllo di processo. Il soggetto guarda sul display una scala e un puntatore che si muove su questa. Ad intervalli casuali, il puntatore tende a rimanere in una metà della scala. Il soggetto deve annotare quando ciò avviene. La difficoltà del test può essere variata aggiungendo ulteriori scale da controllare sullo schermo.
- *Vigilanza*: sono usati diversi test di vigilanza acustici e visuali, tutti richiedenti che il soggetto riconosca un particolare segnale fra il rumore di fondo. Tipicamente il rumore di fondo è indicato come *rumore bianco*, la risultante di molti toni mescolati fra loro, oppure stringhe di lettere o numeri o altri simboli. L'ampiezza della popolazione dei simboli influisce sulla prestazione dei soggetti, ad esempio i numeri sono solo 10, mentre le lettere sono 26. Lo stimolo bersaglio può essere una particolare frequenza acustica o un particolare simbolo, lettera, numero. Il soggetto preme un tasto

ogni qual volta riconosce lo stimolo bersaglio. Il rapporto segnale rumore può essere variato in termini di frequenza di occorrenza, intensità e grado di somiglianza.

- *Riconoscimento colore-parola*: i nomi dei colori vengono presentati al soggetto scritti in caratteri del colore che si nomina o di un colore differente. Il soggetto deve classificare appropriatamente il nome o il colore.

- **Test di autogenerazione delle risposte**

Questi test non presentano stimoli, ma richiedono al soggetto di auto generare delle risposte. Sono spesso usati per valutare il carico cognitivo o percettivo-motorio. Sono comunemente usati nei test multicompleto come compito addizionale per valutare le riserve di risorse allocabili del soggetto.

- *Produzione di intervalli*: il soggetto deve produrre un ritmo costante, tipicamente battendo un dito, un piede o pronunciando qualcosa ad intervalli regolari. La regolarità del ritmo prodotto viene considerata inversamente proporzionale al carico percettivo-motorio.
- *Generazione casuale*: il soggetto deve produrre cifre, lettere, nomi dei giorni o dei mesi il più casualmente possibile. Il grado di casualità prodotta viene misurato per singoli items e per gruppi di items come funzione della popolazione dei possibili items; la casualità viene considerata inversamente proporzionale al carico mentale.

- **Memoria**

Con ogni probabilità esistono più test sulla memoria che su ogni altra funzione cognitiva, dal momento che la memoria è praticamente coinvolta in tutte le attività cognitive e psicomotorie umane. I test esposti di seguito sono stati scelti perché si suppone che chiamino maggiormente in causa la memoria rispetto ad altri, e quindi possono dirsi più correttamente test mnemonici. I test di memoria generalmente sono costituiti da informazioni senza senso come lettere, numeri casuali, sillabe, parole oppure da informazioni di senso compiuto come piccole storie. A tempi variabili dall'esposizione allo stimolo, al soggetto vengono chieste rievocazioni dell'informazione. I test di memoria sono particolarmente distorti dall'effetto dell'apprendimento, dal momento che spesso sono costruiti proprio per misurare quest'ultimo. Molti psicologi cercano di migliorare l'apprendimento, ma per uno psicologo che studia la prestazione ciò è considerato un problema, poiché crea confusione nei risultati a test ripetuti.

- *Serie numerica*: una serie di numeri (usualmente 4) viene presentata al soggetto. Immediatamente dopo gli viene chiesto di ricordarli. Se le cifre vengono rievocate correttamente si aumenta il numero di cifre presentate nella serie successiva e così via, finché il soggetto non compie un errore. In seguito è permesso un altro tentativo della stessa lunghezza; se il soggetto risponde correttamente allora si continua, altrimenti il test termina ed il punteggio è rappresentato dal numero massimo di cifre rievocate. Spesso il

test viene ripetuto chiedendo al soggetto di rievocare le cifre in ordine inverso.

- *Rievocazione di item*: viene presentata una lista di lettere, cifre, sillabe senza senso o termini reali ed il soggetto deve rievocarli. In una versione del test vengono presentate dieci coppie di parole. In sei coppie le parole sono correlate fra loro, mentre nelle altre non è così. Al soggetto viene quindi presentata una parola per volta e gli viene chiesto di ricordare la compagna.
- *Ricerca in memoria*: questo test è basato sul modello dell'elaborazione a stadi dell'informazione. Un insieme di simboli viene presentato al soggetto (insieme bersaglio) ognuno seguito da un simbolo sonda. Il soggetto deve dire se il simbolo sonda appartiene all'insieme appena presentato e la sua accuratezza e il suo tempo di risposta vengono misurati. L'ampiezza dell'insieme dei simboli bersaglio può essere variata come anche la difficoltà di riconoscimento dello stimolo sonda nell'insieme degli stimoli bersaglio, e il meccanismo di risposta può essere cambiato per indagare un particolare stadio del processamento dell'informazione.
- *Lista della spesa*: al soggetto viene presentata una lista di items; successivamente gli viene consegnato un box contenente sia gli items della lista presentata che quelli di un'altra. Il soggetto deve tirare fuori tutti gli items della lista presentata. Utilizzare oggetti reali piuttosto che ricordare stimoli astratti, può accrescere la motivazione e la prestazione del soggetto, e può essere più rappresentativo di situazioni di vita reale.
- *QRST test*: questo è un test sulla memoria di lavoro basato sul modello a stadi del processamento dell'informazione. Le lettere Q, R, S e T sono presentate casualmente; il soggetto deve conteggiare l'occorrenza di ciascuna lettera e dichiararne il numero quando gli viene richiesto. Possono essere presentate una, due o tutte e quattro le lettere, il valore iniziale per il conteggio di ogni lettera può essere variato ed il valore incrementale (o decrementale) varia per variare il carico nello stadio coinvolto.
- *Riconoscimento di volti*: molti test utilizzano caratteri alfanumerici e ci sono evidenze che le informazioni grafiche siano processate da sistemi differenti¹⁰. Una serie di fotografie di persone o volti viene presentata al soggetto, e questi deve riconoscerli in un insieme di fotografie più vasto.
- *Memoria di eventi accidentali*: ai soggetti non sono date specifiche informazioni da ricordare, ma viene loro chiesto di riportare eventi accidentali occorsi durante il test o durante altri momenti della situazione. Uno svantaggio dell'uso ripetuto di questo genere di test, è che i soggetti apprendo-

¹⁰ Wetherell A., "Performance effects of [physostigmine](#) and scopolamine as nerve agent pretreatments", Proc Medical Defense Bioscience Review, Vol. 2 U.S. Army Medical Research and Development Command, 1993; 653-661.

no che verrà loro fatto questo tipo di domande e prestano più attenzione agli eventi accidentali. Ciò rappresenta un forte aiuto per la rievocazione, vista la scarsità di eventi accidentali che possono manifestarsi in una situazione controllata.

- **Compiti multipli**

Nella realtà quotidiana le persone sono chiamate a svolgere molti compiti contemporaneamente. I test fin qui esposti possono essere quindi usati in varie combinazioni fra di loro, ma piuttosto spesso vengono combinati i test basati sul modello di processamento dell'informazione assieme a test psicomotori, come il tracciamento di oggetti, i test di attenzione/vigilanza o i test di risposte autogenerate.

I test da combinare sono scelti in accordo con la combinazione di compiti coinvolti in un particolare lavoro oppure per stressare una particolare funzione cognitiva, suscettibile all'azione di agenti chimici.

4 Lo stress del conducente di mezzi pubblici di trasporto urbano

4.1 Per una definizione della relazione individuo-ambiente

L'interazione con l'ambiente fisico e sociale e gli stimoli che questo produce implica che l'uomo adotti strategie e risposte che richiedono l'utilizzo di risorse energetiche. Si determina uno stato di attivazione fisica e psichica che implica un dispendio energetico nell'azione tesa a ripristinare la condizione di equilibrio (omeostasi psicofisica) momentaneamente turbata dalla condizione determinata dallo stimolo.

In particolare, le modalità di risposta adottate dall'uomo sul lavoro devono sottostare all'osservanza della massima conservazione di energia spesa nell'affrontare il compito assegnato per cui occorre che l'azione sia caratterizzata da un fattore di massimo rendimento, pena l'instaurarsi di uno stato di esaurimento delle risorse. Se ciò accade, la condizione di squilibrio protratta nel tempo che si determina induce stress.

Al riguardo, si possono ipotizzare alcune condizioni in grado di determinare queste "carenze energetiche", in base al carattere prevalente delle sollecitazioni ambientali. Ad esempio, la richiesta continua di risorse da parte dell'ambiente mobilita nell'uomo la produzione di una serie di risposte a carico: del Sistema Nervoso Centrale (SNC), del Sistema Nervoso Autonomo (SNA), del Sistema Neuroendocrino, del Sistema Immunitario e del Sistema Muscoloscheletrico.

Un aspetto rilevante che caratterizza particolarmente la condizione di stress, come *eustress (stress buono)* o *distress (stress dannoso)*, è determinato dalla presenza di un particolare vissuto emozionale del soggetto in concomitanza con la condizione di sollecitazione. Tale vissuto è caratterizzato da;

- a) *valenza emozionale*, lungo la dimensione spiacevole-piacevole che il soggetto definisce in relazione alla sollecitazione;
- b) *livello di attivazione fisiologica*, lungo la dimensione poco attivato-molto attivato che il soggetto percepisce in sé durante la condizione,
- c) *grado di dominanza*, lungo la dimensione situazione poco controllabile-situazione altamente controllabile che il soggetto ritiene di poter mettere in atto.

Ciò premesso, durante l'esecuzione di un compito che richiede l'attivazione di strategie cognitive a vari livelli di complessità (si pensi alla risoluzione di un problema in cui sono richieste abilità attentive e competenze di tipo logico-matematico), si presentano anche stati emozionali diversificati nel tempo, in relazione alla validità di esecuzione del compito stesso. L'emozione stessa, inoltre, per essere definita tale necessita non solo della presenza di uno stimolo e di un'attivazione fisiologica ma anche di una condizione "valutativa" durante la quale l'intera sfera cognitiva viene coinvolta nelle sue componenti distintive.

La valutazione di una particolare esperienza come stressante è diversa da soggetto a soggetto, così come sono diverse anche le modalità di risposta psicofisica messe in atto. Ogni individuo possiede una personalità definibile come la risultante di due vettori o forze: costituzionalità biologica e strutturazione psichica che risente dell'impulso determinato da fattori sociali, etici e culturali del gruppo di appartenenza. Tale struttura si modella in un aggregato, relativamente stabile, di motivazioni, attitudini, valori, meccanismi di difesa e comportamenti che definiscono un carattere la cui forza, espressione e presenza di problematicità sono determinate dal grado di organizzazione ed integrazione dei fattori citati e, di conseguenza, le reazioni che il soggetto esibisce in determinati contesti sociali come la famiglia e l'ambiente di lavoro, ne risultano influenzate. Alcuni aspetti problematici del carattere potrebbero trovare espansione ed accentuazione in certi contesti, anche a causa del particolare vissuto emotivo, con il quale il soggetto affronta la condizione. Pertanto, in alcune persone si manifesta lo sviluppo di un disagio psicologico ben definito, senza che i nessi tra evento scatenante e disturbi in atto siano facilmente individuabili. Tali condizioni che possono rasentare la patologia sono più evidenti in soggetti caratterizzati da personalità definita, da un lato, sensibile ed insicura e, dall'altro, rigida e orgogliosa.

Un buon inserimento sul lavoro risente quindi dei fattori individuali di personalità oltre che, naturalmente, di quelli presenti nell'ambiente in cui si opera.

Rispetto al quadro della situazione vissuta dal soggetto, le emozioni percepite concorrono a formare una sorta di colore emotivo di fondo sul quale possono spiccare specifiche figure emozionali di rilievo, caratterizzate da un elevato livello di attivazione fisiologica. Questa "colorazione" che accompagna lo stimolo è soggettiva e favorisce reazioni che si diversificano anche notevolmente da persona a persona.

Posto che la sollecitazione ambientale d'intensità moderata è condizione naturale per tutti gli organismi viventi e che - di conseguenza - assolve una funzione importante in quanto invita e predispone l'organismo all'adattamento ambientale, l'uomo viene chiamato a mettere in atto (nei vari contesti di vita e di lavoro) modalità di comportamento specifiche, nuove o già sperimentate, che costituiscono le strategie

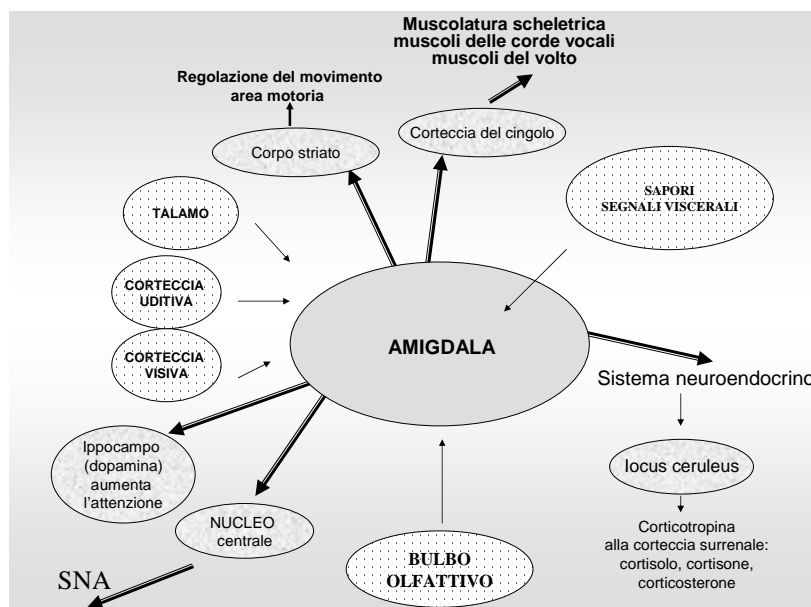
di *coping*. Ciò consentirà di fronteggiare la situazione e di “assestare” il proprio vissuto emozionale che, a partire da un’iniziale condizione caratterizzata da forte attivazione o scarsa piacevolezza, potrà consentire al soggetto di conservare il controllo della situazione e di mantenere costante un giusto grado di tensione (*eustress*).

Selye, che teorizzò il concetto di stress negli anni ’50, individuò tre fasi nella sindrome generale di adattamento alla condizione stressante:

- la prima fase è definita **reazione d’allarme** e consiste nell’attivazione dell’asse ipotalamo-ipofisi-surrene, allo scopo di mobilitare l’organismo alla difesa;
- la seconda fase è di **resistenza** e consiste nell’attivazione surrenalica, con produzione di cortisolo per continuare e mantenere la condizione;
- la corteccia surrenale entra in uno stato di **esaurimento** funzionale e cala la reazione di difesa, con conseguenze non sempre reversibili, a carico di organi e apparati.

Queste fasi condizionano la risposta dell’individuo allo stress determinata dalla valutazione, a livello di sistema limbico, del pericolo percepito a causa della presenza e persistenza della sollecitazione. Gli effetti somatici e biologici sono la conseguenza delle connessioni del sistema limbico con il sistema ipotalamo-ipofisi mentre, attraverso altre vie di conduzione, si attivano risposte comportamentali complesse come le sequenze motorie di lotta o fuga. In figura 9 sono rappresentate le vie di afferenza (linee tratteggiate) e di efferenza agli organi (linea continua).

Figura 9 La regolazione emozionale del sistema limbico (amigdala) e la sua diffusa influenza a livello di sistema nervoso centrale ed autonomo



Negli anni '70 e '80, anche le ricerche di Mason e Davis hanno ribadito che nella formazione della complessa risposta allo stress, oltre al coinvolgimento dell'asse ipotalamo-ipofisi-surrene, è chiamato in causa anche il sistema limbico attraverso l'attivazione dei principali assi endocrini:

- a) ipotalamo-ipofisi- tiroide
- b) ipotalamo-ipofisi e GH (ormone della crescita)
- c) ipotalamo-ipofisi e gonadi.

Pertanto, si può affermare che nella genesi della modalità di risposta allo stress, non è il solo stimolo esterno a qualificarla ma l'elaborazione che di questo ne fa la persona, al punto da trasformarlo in stimolo "interno".

Le ragioni che giustificano la rilevanza dell'asse ipotalamo-ipofisi-surrene nella reazione allo stress chiamano in causa il nucleo paraventricolare dell'ipotalamo che produce il fattore di rilascio della corticotropina (CFR) e riceve le afferenze dalla periferia e dal sistema nervoso centrale: corteccia associativa e sistema limbico, quest'ultimo determinante per la registrazione del significato emotivo degli stimoli e per lo sviluppo di una "memoria emozionale".

L'ipotalamo, a seguito della presenza di CFR, rilascia l'ormone adrenocorticotropo (ACTH) la cui azione sulla corteccia surrenale determina la liberazione, a livello periferico, di corticosteroidi che agiscono su:

1. *sistema cardiocircolatorio* con variazioni della pressione arteriosa, della frequenza cardiaca e della gittata cardiaca,
2. *regolazione metabolica degli zuccheri* nel circolo con variazione del tasso glicemico,
3. *livello della muscolatura liscia e della mucosa del tratto gastrointestinale,*
4. *tratto bronchiale,*
5. *comportamento del soggetto* con aumento dell'aggressività, anche per l'azione di mediazione operata dal sistema limbico, anch'esso dotato di recettori sensibili alla presenza di CFR.

La presenza di CFR, senza la mediazione dell'ipotalamo e della corteccia surrenale, esercita anche altri importanti effetti:

- (a) determina un'attivazione in ambienti noti e una disattivazione in ambienti nuovi, anche in relazione alla struttura dell'ippocampo che regola le modalità di risposta emozionale in relazione al contesto,
- (b) modifica gli schemi di apprendimento,
- (c) rafforza la tendenza a nascondersi,
- (d) inibisce le condotte sessuali,
- (e) condiziona l'assunzione di cibo.

Inoltre il CFR attiva il sistema nervoso autonomo (SNA) nella componente ortosimpatica (energizzante) e inibisce il parasimpatico (equilibratore-inibitore), determinando un'attività di tipo vagale che:

- (a) induce un aumento delle catecolamine plasmatiche,
- (b) determina l'aumento del ritorno venoso a livello periferico,
- (c) induce un aumento della frequenza e della gittata cardiaca,

- (d) aumenta la pressione arteriosa,
- (e) aumenta la glicemia,
- (f) inibisce l'attività gastrointestinale,
- (g) produce una variazione nelle risposte immunitarie.

Infine, secondo Golemann, il CFR contribuisce ad indurre un aumento, a livello ipotalamico, degli oppioidi naturali che producono un effetto analgesico sul dolore da stress e un dislocamento delle risorse attentive sulle strategie da adottare nella condizione individuata e percepita come lotta/fuga.

L'importanza della teoria di Selye, volta ad evidenziare maggiormente gli effetti somatici e le successive integrazioni operate da altri studiosi che hanno enfatizzato l'aspetto mentale come fattore rilevante nella sindrome da stress sono state confermate da numerose ricerche. Ne deriva un modello teorico integrato che, a partire dalle condizioni di *allarme*, *resistenza* ed *esaurimento*, è in grado di spiegare l'evolversi della condizione psicofisica dell'uomo nell'ambiente di lavoro. Pertanto i punti focali sui quali volgere gli strumenti di ricerca sono le risposte fisiologiche e i processi mentali che l'individuo attiva durante lo svolgimento dei compiti.

4.2 La procedura sperimentale per valutare le modificazioni psicofisiologiche da stress nei conducenti di autobus

In accordo con il modello concettuale appena illustrato, la valutazione dei cambiamenti indotti da una condizione di stress lavorativo riguarda tre momenti che si definiscono *di base*, *di attivazione* ed uno finale *di recupero*.

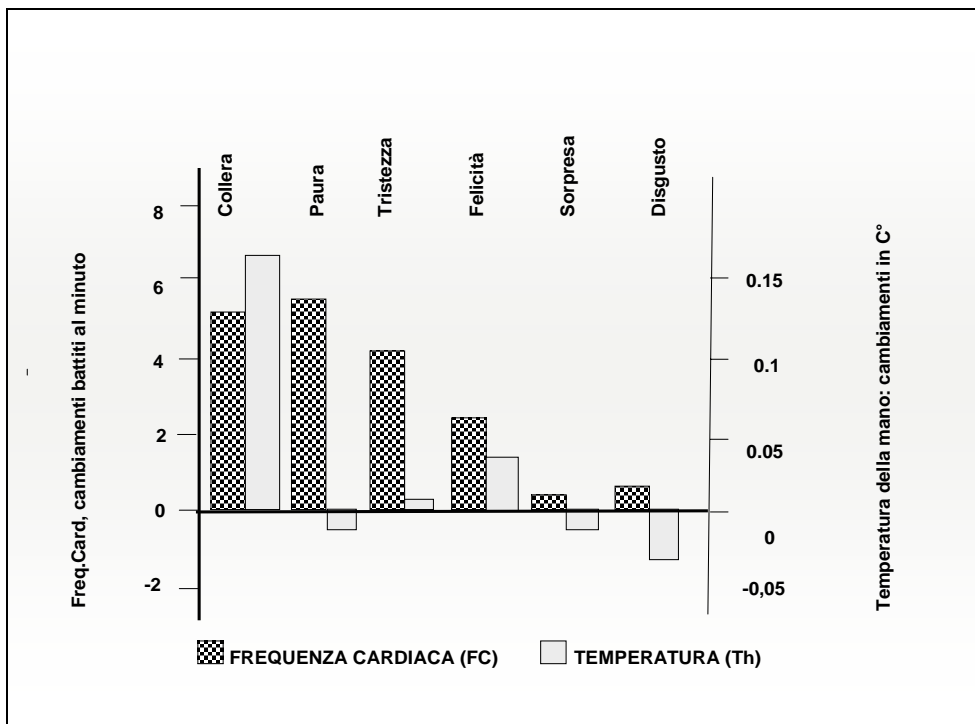
Il primo momento (*di base*) si riferisce ad una condizione "neutra" o di riposo in cui il soggetto presenta, a livello psicofisiologico, indici relativi alla sua condizione di equilibrio (omeostasi).

Il secondo momento (*di attivazione*) è caratterizzato dalla presenza di un agente ritenuto stressante che, suscitando la *reazione di allarme*, comporta la presenza di emozioni capaci di stimolare il soggetto dal punto di vista psicofisiologico fino ad indurlo ad utilizzare risorse interne (mentali e fisiche) per difendersi. Questa condizione è analoga a quella definita da Selye come *resistenza*. In questa fase, due dimensioni quali l'*arousal* e la *valenza* caratterizzano lo svolgimento del processo. L'*arousal* è definibile come la disposizione a fornire una reazione variabile per intensità di energia alla condizione indotta da uno stimolo (Lang, Bradley & Cutthbert, 1990; Hamm & Vaitl, 1993) mentre la *valenza* indica, a livello fisiologico e comportamentale, la disposizione che l'individuo manifesta attraverso una configurazione di risposte che definiscono il suo grado di accettazione o di rifiuto della condizione stressante (Lacey & Lacey, 1970).

Figura 10 Possibili reazioni ad uno stimolo stressante, valutato negativamente, a livello di apparati, sintomi, disturbi funzionali e sindromi organiche

Sintomi	Disturbi Funzionali	Sindromi Organiche	Apparati
Insomnia notturna e sonnolenza diurna Irrequietezza Affaticabilità Distraibilità Difficoltà a concentrarsi Disturbi della memoria	Modificazioni del ritmo sonno-veglia e del livello di vigilanza Cefalea Dolore cronico		Sistema nervoso
Anoressia e bulimia Nausea e vomito Stipsi e diarrea	Colon irritabile Vomito Anoressia mentale (oggi classificata come categoria autonoma fra i disturbi della condotta alimentare)	Gastrite Ulcera gastrica Rettocolite ulcerosa Enterite regionale	Gastroenterico
Alterazioni della voce Sospiro Tachipnea Tosse	Afonia Bitonalità vocale Oppressione toracica Dispnee asmatiformi	Asma bronchiale Tubercolosi polmonare	Respiratorio
Tachicardie Ipotensioni e ipertensioni transitorie	Palpitazioni Precordialgie Lipotimie	Infarto del miocardio Ipertensione arteriosa Aritmie Scempenso congestizio Sindrome di Raynaud	Cardiovascolare
Tensione muscolare Ipotonia muscolare Tremore	Rachialgie Contratture Ipertonie parossistiche (crampo dello scrivano)	Artrite reumatoide	Muscoloscheletrico
Pallore Rossore Sudorazione Prurito	Orticaria Edema di Quincke Iperidrosi Prurito anale Prurito vulvare	Acne Psoriasi Neurodermatite Verruche Alopecia	Cutaneo
	Aumento del livello: - di adrenalina e noradrenalina, - dell'ormone adrenocorticotropo (ACTH) e di cortisolo, - dell'ormone somatotropo (in alcuni soggetti), - della prolattina, - di ormoni tiroidei. Iperinsulinismo Obesità Disturbo disforico premestruale Disturbo menopausale Amenorrea idiomatica	Diabete mellito Tireotossicosi	Endocrino
		Allergie Malattie autoimmuni Malattie infettive	Sistema immunitario
	Dismenorrea		Urogenitale

Figura 11 Esempi di alterazione nei parametri fisiologici (FC e Th) a seguito di differenti attivazioni emozionali



Al riguardo, un esempio è dato dalla figura 11 che illustra le modificazioni di temperatura e frequenza cardiaca, in presenza di stimoli in grado di suscitare emozioni e determinare attivazione fisiologica (Ekman, P., Levenson, R.W. & Friesen, W.V., 1983), come accade nella condizione definita di stress. Il livello di *arousal* è rappresentato dalle modificazioni della frequenza cardiaca e della temperatura in relazione alla valenza dell'emozione determinata dallo stimolo.

Il terzo momento (di recupero) rappresenta la condizione in cui, cessata la stimolazione stressogena, il soggetto presenta le stesse caratteristiche e gli stessi valori di base che aveva prima dell'esposizione, impiegando un tempo più o meno elevato. Secondo Selye, se la fase di *esaurimento* si prolunga oltre un certo limite, la condizione di equilibrio attraverso il recupero funzionale non è possibile, anche a causa di danni permanenti accaduti agli organi o ai sistemi fisiologici.

4.2.1 Il problema metodologico: valutazione soggettiva ed oggettiva dello stress occupazionale

Riguardo alla valutazione delle dimensioni emozionali, Lang (1984) ha rilevato delle differenze tra il resoconto del vissuto emozionale conseguente ad una fase di auto-osservazione, da parte di un conducente che valuta soggettivamente una certa

condizione, e la valutazione oggettiva del fenomeno emotivo stesso mediante la misura delle variazioni degli indicatori fisiologici.

Il resoconto soggettivo, basato sulle informazioni già presenti in memoria e sull'espressione verbale, avviene in un momento successivo all'evento descritto e ciò può generare distorsione o confusione. Al contrario, la misura degli indici fisiologici che si modificano durante la condizione emozionale consente di effettuare un'analisi in tempo reale del fenomeno. Anche in presenza di stress, valutare in tempo reale gli indicatori fisiologici consente di ottenere dati obiettivi, non affetti da distorsioni.

Il metodo adottato suggerisce strategie per studiare sia gli effetti dello stress che delle emozioni, attraverso la rilevazione e la misura delle modificazioni del sistema nervoso autonomo in quanto strettamente connesso con variazioni di tipo neuroendocrino. Ad esempio, Ax (1953) ha sottolineato che le emozioni presenti anche nelle condizioni di stress, determinano un incremento della pressione arteriosa, una decelerazione della frequenza cardiaca e un incremento della tensione muscolare rilevata a livello dei muscoli frontali quando domina la rabbia, mentre se prevale la paura l'aumento è più consistente per pressione sistolica e frequenza cardiaca, accompagnato da un incremento della frequenza respiratoria e del livello di conduttanza cutanea. Altre condizioni emozionali presenti in situazioni di stress, come la tristezza, tendono ad essere evidenziate da un aumento delle risposte di tipo simpatico.

Altre ricerche ci hanno indotto a considerare indici quali frequenza cardiaca (FC) e pressione arteriosa sistolica e diastolica per il sistema circolatorio; conduttanza cutanea di livello e di risposta (SCL-SCR) per l'attività della cute; tono muscolare per il sistema muscoloscheletrico. Tali parametri possono fornire una serie di indicazioni in grado di descrivere la condizione psicofisiologica nei tre momenti più significativi già ricordati: a riposo (*baseline*), sotto stress e al termine dell'attivazione (recupero).

Lo stress può modificare gli stati di sonno-veglia e la conseguente attività cognitiva

Ricerche sui processi cognitivi ed emozionali in diverse condizioni di vigilanza e dei correlati psicofisiologici e psicometrici dell'arousal e dello stress, in diverse situazioni di attivazione emozionale, hanno permesso di evidenziare che la condizione di stress è in grado di influenzare l'evoluzione dei ritmi di sonno e veglia (Akerstedt & al., 2002- Hakkanen & al., 1999).

Le ricerche degli ultimi 10 anni hanno documentato una funzione positiva del sonno sia globalmente, sia come successione di fasi REM (Rapid Eye Movements) e NREM, con gli stadi I-II-III-IV, organizzati in due cicli di circa novanta minuti, presenti nella prima e nella seconda metà della notte, per "consolidare" in memoria a lungo termine informazioni acquisite di recente. Le indicazioni sperimentali più rilevanti sono state ottenute per informazioni di tipo procedurale (abilità percettive e motorie).

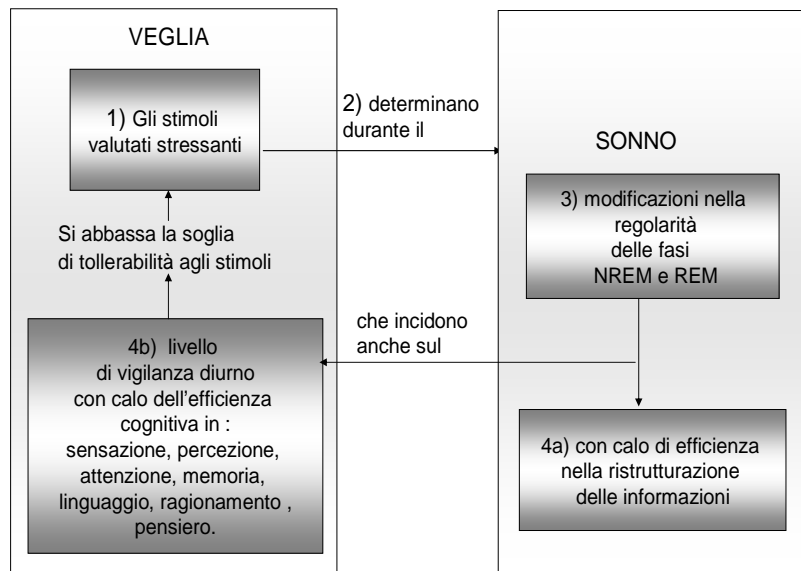
Ulteriori ricerche, che hanno utilizzato complessi disegni sperimentali ed hanno sottoposto ad analisi le attività cognitive durante il sonno, presenti ed elaborate durante la fase REM dei primi quattro cicli di sonno della notte, hanno ulteriormente evidenziato che l'incremento di "consolidazione" di un particolare tipo di informazione "dichiarativa" dipende da questo tipo di sonno. Di conseguenza, le ricerche volte ad accertare la condizione di stress come negativa per l'evoluzione del sonno consentono di stabilire che lo stress stesso, modificando la qualità e la quantità di sonno nella sua globalità, esercita un'influenza negativa per il deposito delle informazioni nella memoria a lungo termine (vedi diagramma presentato in figura 12).

Il sonno REM esercita altre funzioni, oltre al ripristino delle capacità di apprendimento, di focalizzazione dell'attenzione, di ricostituzione della memoria che si riassumono in: a) restauro dei sistemi regolatori delle emozioni e dell'autocontrollo; b) rimozione delle situazioni di irritabilità, ansia e depressione; c) ricostituzione del metabolismo cerebrale. Tutto ciò consente la riorganizzazione e il ripristino delle connessioni corticali e neurovegetative.

Il sonno lento NREM esercita una funzione importante per: a) il ripristino dell'organismo dopo affaticamento, dolore, presenza di lesioni o eccessivo catabolismo; b) la sintesi degli acidi nucleici e delle macromolecole proteiche; c) l'anabolismo e la sintesi delle molecole necessarie per l'attivazione e il mantenimento del sonno REM.

Occorre tenere presente che il sonno, salvo condizioni patologiche, inizia e si evolve da sonno NREM a sonno REM. La rilevazione, registrazione e misura dei correlati elettroencefalografici, presenti durante il sonno, consente di tracciare un diagramma denominato ipnogramma, relativo all'evoluzione delle fasi REM- NREM e relativi stadi, la cui analisi permette poi di stabilire la presenza di variazioni importanti correlate a condizioni e stili di vita, precedenti o concomitanti i periodi di registrazione, ritenuti stressanti dal soggetto.

Figura 12 L'influenza degli stimoli percepiti come stressanti sull'alternanza degli stati vegli-sonno e sulla conseguente attività cognitiva



4.2.2 La sperimentazione condotta sul campo ed in laboratorio

La presenza di una particolare attivazione fisiologica nel lavoratore (conducente di bus) correlata ad un particolare vissuto emozionale caratterizza pertanto la condizione lavorativa come stress che può essere momentaneo o cronico. Sia l'attivazione fisiologica, sia il vissuto emozionale possono essere oggetto di rilevazione e misura mediante l'utilizzo di particolari procedure che, in un ambito di ricerca, possono essere condotte sul campo o in laboratorio.

Quanto alla ricerca sul campo, volendo evidenziare la potenziale presenza di fattori stressanti nell'attività dei conducenti di bus urbani, possono essere indagati gli effetti del lavoro, inteso nella sua globalità oppure gli effetti di un particolare momento che lo caratterizza, con un aumento significativo dell'attivazione fisiologica nel conducente attribuibile anche alla valutazione cognitiva che questi ne dà in quanto addetto di un'azienda che eroga un servizio in un'organizzazione che ha le sue regole interne di gestione amministrativa, logistica, etc. Una seconda modalità operativa potrebbe indagare su uno specifico compito lavorativo rappresentato dalle operazioni di guida nel traffico cittadino.

Se si opta per una ricerca in laboratorio, dovranno essere simulate condizioni analoghe a quelle che il soggetto si trova ad affrontare durante lo svolgimento della sua realtà lavorativa, con la mediazione di opportuni e calibrati stimoli di tipo emo-

tigeno e cognitivo, in grado di determinare un innalzamento dell'attivazione fisiologica. Inoltre, la ricerca in laboratorio consente di mantenere l'isolamento delle variabili definite secondarie o parassite in grado di contribuire, per le loro caratteristiche fisiche, al potenziamento della valutazione della condizione di lavoro percepito come stressogena dal soggetto (variazioni microclimatiche, presenza di rumore, odori e sostanze inquinanti).

Una procedura di ricerca può essere adottata anche per evidenziare la relazione fra stress e alterazioni degli stati di coscienza, nei conducenti di bus urbani, ponendo l'accento sulle modificazioni dei ritmi di sonno veglia, evidenziate dall'ipnogramma e sui resoconti, forniti dai conducenti stessi, relativi alle attività mentali (AMS) durante il sonno. In questo caso, i dati relativi alle modificazioni degli stati di veglia e sonno e delle AMS ad essi connesse, sarebbero in grado di evidenziare l'effetto più o meno stressante dell'attività lavorativa in atto e delle sue articolazioni (turni, percorsi).

4.2.3 Gli stimoli in grado di determinare l'attivazione sul campo e in laboratorio

Nella ricerca definita sul **campo**, affinché la condizione di guida possa essere valutata come stressante occorre definire le variabili più significative all'interno di una metodologia in cui anche la persona sottoposta a carico di lavoro diviene un *fattore rilevante* per la validità dell'indagine nel suo complesso. Nel caso di conducenti d'autobus delle linee urbane, ad esempio, tali *fattori rilevanti* riguardano:

- a) il giorno della settimana e l'ora di rilevazione,
- b) il percorso urbano, la sua lunghezza e le sue caratteristiche (numero di fermate, tipologia dell'utenza, etc).

Inoltre, questa modalità operativa prevede che la rilevazione sia operata alle *stesse condizioni* per tutti i conducenti, mantenendo il più possibile costanti questi fattori per tutti i soggetti che costituiscono il gruppo sperimentale.

La metodologia utilizzata in **laboratorio**, pur isolando la persona dal contesto effettivamente offerto dalla realtà lavorativa, consente di mantenere identiche condizioni per tutti i soggetti che costituiscono il campione sperimentale, in quanto si può mantenere costante l'intensità (peso) e limitare la categoria di stimoli, in grado di modificare il livello di attivazione fisiologica.

Molte sono le procedure che si possono adottare per evidenziare l'effetto dell'attività lavorativa sulla condizione psicofisica del lavoratore. È stato evidenziato che il *fattore personalità* (costituzionalità biologica e struttura psichica) è rilevante nella percezione della condizione definita come stressante. Analisi preliminari condotte dal medico e dallo psicologo consentono di evidenziare nel soggetto i fattori in grado di abbassare la soglia di tollerabilità agli stimoli indotti dall'ambiente di lavoro. Pertanto, questi soggetti non dovrebbero essere inseriti nel campione sottoposto ad indagine (sia sperimentale, sia di controllo).

Nel caso il campione sia costituito da conducenti di bus, una procedura da attuare potrebbe consistere nel ricreare in laboratorio una condizione di guida nel traffico urbano, utilizzando sia un sistema video che riproduca una modalità di percorso già appresa ed esperita nella realtà lavorativa dai soggetti che costituiscono il cam-

pione sperimentale, sia un apparato che consenta al conducente di operare una guida simulata. La guida simulata consentirebbe infatti di produrre un'attivazione fisiologica nel conducente suscettibile di rilevazione, registrazione, misura ed analisi.

4.2.4 Campione sperimentale e gruppo di controllo

Poiché l'obiettivo della ricerca consiste nell'individuare le variabili più o meno stressogene presenti nella particolare attività lavorativa dei conducenti, lo studio potrebbe essere effettuato considerando il profilo psicofisiologico relativo alle modificazioni dell'attivazione fisiologica indotta da stimolo/i e focalizzando l'attenzione sui tempi di recupero necessari per ristabilire le condizioni di base precedenti la stimolazione. Per questo occorre procedere alla formazione di due gruppi definiti *sperimentale* (Gs) e di *controllo* (Gc). Il primo è costituito da un campione rappresentativo ed omogeneo di conducenti di bus urbani, selezionati in base alle caratteristiche di sesso, età anagrafica, età lavorativa e condizioni psicofisiche, da sottoporre alla rilevazione sul campo o in laboratorio. Il gruppo di controllo è costituito da un analogo campione con caratteristiche simili a quelle del gruppo sperimentale ma, pur rispettando le condizioni del paradigma sperimentale, non effettua l'operazione di guida e la sostituisce con un'attività che consente di mantenere identiche condizioni di postura e controllo visivo (ad es. la lettura), per un periodo corrispondente a quello della guida simulata o reale. Anche il gruppo di controllo, fornisce indicazioni relative alle modificazioni dell'attivazione fisiologica durante l'esecuzione di un compito alternativo alla guida e può ristabilire le condizioni di base durante il periodo di recupero (Rc) predeterminato. Oltre alla quantificazione dell'attivazione fisiologica i soggetti di entrambi i gruppi, forniscono anche indicazioni di tipo quantitativo e qualitativo, relative alla condizione esperita, mediante la somministrazione di questionari di autovalutazione ed eterovalutazione.

Il gruppo sperimentale si differenzia dal gruppo di controllo in quanto è il solo ad essere sottoposto, nelle fase intermedia definita *di attivazione*, alla sollecitazione indotta da uno stimolo della quale si vuole indagare l'effetto potenzialmente stressogeno.

Il disegno sperimentale così delineato ed il paradigma di ricerca adottabile in ambiente lavorativo, peraltro a costi molto contenuti in termini di tempo e strumenti impiegati, si riferiscono ai tre momenti definiti *di base*, *di attivazione* indotta e da una successiva fase *di recupero*, durante i quali sono rilevate condizioni di stato e modificazioni a livello di:

- a) *sistema cardiocircolatorio*, attraverso la misura della frequenza cardiaca e della pressione arteriosa,
- b) *apparato muscolare*, mediante la rilevazione dell'attività elettrica muscolare (fronte o avambraccio o altro segmento del rachide),
- c) *pelle*, mediante la rilevazione della variazione di livello della conducibilità cutanea.

4.2.5 I parametri indicatori di attivazione fisiologica conseguente a stress indotto o subito

La frequenza cardiaca, la pressione arteriosa e la reattività gastrointestinale

Il sistema circolatorio e il cuore assolvono alla funzione di contribuire, mediante il flusso ematico, al nutrimento dei tessuti e alla eliminazione delle sostanze di rifiuto. Questa azione metabolica si svolge attraverso la circolazione del sangue, caratterizzata da variazioni di pressione dovute all'attività cardiaca e alla variazione del lume vasale. Aumenti della frequenza cardiaca provocano aumenti della pressione arteriosa come pure il restringimento del lume. La frequenza con cui il cuore varia il proprio ritmo di pulsazione dipende dai compiti che l'organismo deve affrontare. Ad esempio, un'attività fisica come la contrazione muscolare può incrementare la frequenza cardiaca ma anche compiti di tipo cognitivo, come il calcolo mentale e la soluzione di problemi sono accompagnati da un aumento del ritmo di pulsazione (Lacey, 1959).

Anche gli stati affettivi sono accompagnati da simili variazioni come evidenziato da Lang et al. (1997) che definiscono la risposta fisiologica a stimoli emotivi vivi, fondata sull'attività di un sistema motivazionale di tipo *appetitivo* o *avversivo* costituito da nuclei cerebrali, per la maggior parte di natura sottocorticale, e dai nuclei sensoriali del talamo a cui afferiscono e forniscono informazioni circa la caratteristica della condizione-stimolo, senza l'intervento della corteccia. L'informazione giunge alla struttura amigdaloide che sembra assumere, secondo questi autori, un ruolo più contrassegnato da azione *avversiva* che di avvicinamento o *appetitiva*. Le proiezioni che si dipartono dall'amigdala e giungono a differenti circuiti neurali sarebbero, sempre secondo questi autori, in grado di determinare una risposta caratterizzata da difesa. La porzione dorsale della sostanza grigia svolgerebbe il compito di regolare l'azione di salvaguardia dell'organismo che, a questo punto, intraprende un'azione di *lotta o fuga* mentre la porzione ventrale della stessa struttura predispone a una condizione analoga al *freezing*, costituita dall'esibizione di un comportamento caratterizzato da immobilità finalizzata alla difesa.

Le misure dell'attività cardiaca e della pressione arteriosa possono essere rilevate da opportuni sensori facenti parte di sistemi di registrazione poligrafica, con caratteristiche idonee al tipo di rilevazione che si intende effettuare, nell'intervallo di tempo e con il grado di accuratezza necessario. Tali apparati possono essere agevolmente utilizzati dal soggetto (sistema Holter) durante l'esecuzione del compito nell'ambiente di lavoro e sono dotati di pulsanti marcatori e registratori di messaggi vocali che gli consentono anche di inserire un'annotazione verbale in un preciso momento.

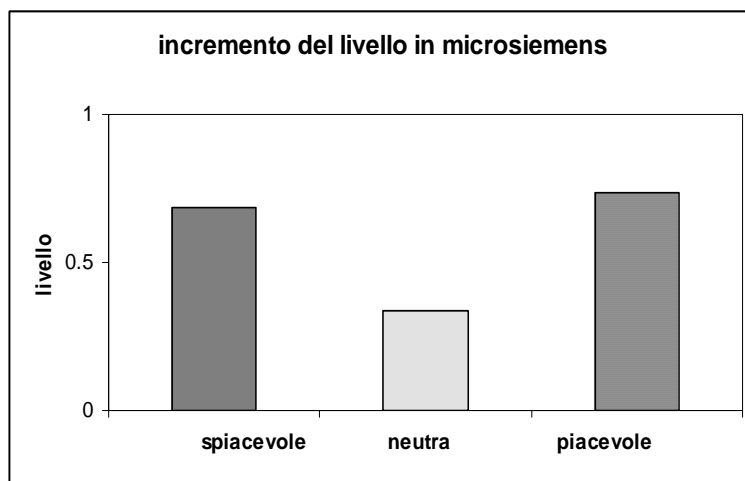
La conduttanza cutanea

Un indice puro di attivazione simpatica è costituito dalla modificazione del livello di conduttanza cutanea. La pelle, in condizioni di attivazione, è maggiormente per-

vasa da sudore costituito prevalentemente da una soluzione di acqua e sali minerali. L'aumento del grado di attivazione determinato da stress si manifesta sulla cute con una presenza più elevata di sudore che aumenta il grado di circolazione di una corrente elettrica fatta passare dall'esterno. Una maggiore circolazione di corrente equivale ad un aumento della conduttanza cutanea e del livello di attivazione. Le modificazioni della conduttanza cutanea (*Skin Conductance Level*) espresse in microsiemens (μS) sono correlate all'*arousal* ma non alla valenza dello stimolo per cui condizioni piacevoli o anche spiacevoli determinano un incremento del livello di conduttanza cutanea, in contrapposizione a condizioni definite neutre.

Ad esempio, in figura 13 è possibile notare l'incremento del livello di conduttanza cutanea in relazione alla presentazione di stimoli costituiti da immagini visive piacevoli, spiacevoli e neutre. Come si può notare l'incremento più marcato è determinato dagli estremi della valenza spiacevole-piacevole.

Figura 13 Modificazioni nel livello di conduttanza cutanea a seguito di stimolazioni con differente valenza emozionale



L'attività muscolare

Ekman (1982.), Ohman & Hugdahl (1991) hanno evidenziato nelle loro ricerche come l'espressione del volto rappresenti la condizione emozionale del soggetto che la esibisce. Infatti, l'espressione del volto è determinata dal grado di maggiore attivazione dei muscoli sottostanti la cute del volto stesso.

Gli indici elettromiografici si ottengono dalla registrazione dell'attività elettrica dei fasci muscolari del volto e permettono di evidenziare i potenziali che, in base alla loro ampiezza, definiscono il grado di attivazione fisiologica. L'attivazione del muscolo corrugatore si riferisce a condizioni esperite dal soggetto come spiacevoli al contrario di altre, piacevoli, che tendono a mostrare un incremento di attività elettrica muscolare sul muscolo zigomatico. Stati di apprensione o paura determinano un incremento dell'attività muscolare della fronte.

Condizioni di attivazione possono essere rilevate in altre distretti muscolari del corpo e si adottano per verificare il grado di contrazione muscolare presente a seguito di errori posturali o disagio psichico indotto dalla condizione di stress.

La reattività gastrointestinale

Numerose ricerche hanno effettuato rilevazioni relative alla modificazioni della funzione motoria del tratto gastrointestinale, durante lo svolgimento di compiti ritenuti stressanti dal soggetto. La tecnica utilizzata a questo scopo consiste nella rilevazione, misura ed elaborazione dei potenziali bioelettrici che si presentano a livello della cute che sovrasta gli organi oggetto di indagine. Condizioni di stress hanno evidenziato una modificazione nella frequenza della contrazione gastrica che si colloca tra 0.5 e 10 cicli per minuto e della relativa ampiezza, espressa in microvolt (μV).

Analisi dei dati ottenibili dalla misura dell'attivazione psicofisiologica da stress

Il diverso grado di attivazione fisiologica e la valutazione quantitativa e qualitativa dell'esperienza, costituiscono gli indicatori che consentono di stabilire il *fattore guida* come stressante per i conducenti, in relazione a:

- Significativo allungamento, nel gruppo sperimentale, del tempo di recupero necessario a ristabilire le condizioni basali (rispetto al gruppo di controllo).
- Costanza o lieve innalzamento dell'attivazione fisiologica nel gruppo di controllo, dovuta ad attività cognitiva relativa al compito di lettura; la variazione non presenta però brusche variazioni di livello degli indicatori elettrofisiologici.
- Presenza di una differenza significativa dell'attivazione fisiologica, raggiunta nella seconda fase del paradigma sperimentale (operazione di guida vs. lettura), tra il gruppo sperimentale ed il gruppo di controllo.
- Significativa valutazione di disagio percepito dal gruppo sperimentale, rispetto a quella fornita dal gruppo di controllo, desunta dalla siglatura dei test e questionari adottati per la ricerca.

La fase definita *di recupero*, consentendo di stabilire il periodo che occorre ad ogni soggetto per ripristinare il grado di attivazione presente nella condizione sperimentale di base, potrebbe consentire di favorire, a livello di singolo conducente, l'elaborazione di opportune strategie di controllo durante l'esecuzione di compiti ritenuti impegnativi.

Ciò permetterebbe di ridurre il rischio di disturbi funzionali a livello di organi ed apparati, conseguenti ad una inadeguata gestione dello stress, peraltro evidenziata da tempi di recupero troppo lenti o inefficaci a riportare ai valori di base l'attivazione psicofisiologica del conducente di autobus.

Ulteriori indicatori della tensione mentale (strain)

Come ulteriore indice oggettivo di tensione mentale¹¹ (mental strain), Nickel e Nachreiner (2000) hanno indagato le correlazioni fra la componente a 0,1 Hz della frequenza cardiaca e le prestazioni alle batterie di items proposte nella trattazione dei test cognitivi utili all'indagine del fenomeno in questione, e precisamente le sottobatterie di compiti del test AGARD - Standardised Test for Research into Environmental Stressor (STRES). Gli stessi autori sottolineano che questo indicatore non risponde ai requisiti convenzionali degli strumenti utilizzati per la valutazione del carico cognitivo. Comunque fanno notare che esiste evidenza del fatto che la componente a 0,1 Hz della frequenza cardiaca è un indicatore verosimile della tensione emozionale (reazione allo stress) o dell'attivazione generale dell'organismo. Nella ricerca di Nickel et al., le batterie di items sono state utilizzate per sondare, nei soggetti sperimentali coinvolti, le variazioni della frequenza cardiaca in base alle diverse tipologie di compiti (potere diagnostico) e in base al loro diverso livello di difficoltà (sensibilità).

L'esperimento è stato condotto dagli autori in maniera rigorosa, ovvero tenendo in considerazione le variabili ambientali del laboratorio (temperatura, umidità, velocità dell'aria) e limitando al massimo le interferenze dello sperimentatore, mediante la somministrazione dei test tramite computer e la registrazione continua della frequenza cardiaca durante tutta la durata dell'esperimento.

I compiti sperimentali del test AGARD-STRES sono stati prodotti mediante un software generatore di tipo commerciale (ERTS; Beringer, 1996)¹². Inoltre, gli autori hanno tenuto sotto controllo anche la percezione soggettiva di difficoltà del compito mediante una versione carta-matita del questionario ZEIS¹³. Con un altro software, Labview PC (National Instruments Inc.), gli autori hanno monitorato e registrato sia la frequenza cardiaca che la respirazione dei soggetti. La cattura e la pre-elaborazione dei segnali relativi a queste due variabili è stata effettuata mediante un ulteriore software simile, il Labview VIs¹⁴. I dati sono stati successivamente analizzati tramite analisi della varianza per misure ripetute, con l'ausilio del software SPSS.

I risultati a cui gli autori giungono non supportano la validità dell'uso della componente a 0,1 Hz per la valutazione dello strain mentale; l'uso di questo indice sembra avere una certa sensibilità solo per variazioni relativamente grandi nel carico di lavoro mentale, differenziando nei fatti solo i periodi di riposo da quelli di lavoro.

Ad ogni modo, gli autori confermano, sulla base di alcune evidenze, che la componente 0,1 Hz della frequenza cardiaca può avere una validità piuttosto forte

¹¹ Nell'ambito della psicologia del lavoro, i termini "mentale" e "cognitivo" sono considerati sinonimi.

¹² Beringer, J., (1996), "Experimental runtime system (ERTS): Manuals". Frankfurt: Beringer Inc.

¹³ Pitrella, F. D., (1998) "Sequential judgement scale: Cognitive model, scale development, use and validation". Wachtberg: FGAN.

¹⁴ Schilling, A., (1998) "Hardware & Software tools for psychophysiological data detection and analysis" (unpublished). Oldenburg: University.

nell'indicare la presenza di tensione emozionale (reazione allo stress), oppure di generale attivazione dell'organismo, anziché indicare tipi o gradi differenti di tensione mentale (*mental strain*).

5 Il confronto di precedenti studi sperimentali sull'attivazione psicofisiologica dei conducenti di autobus urbani

Posto che anche a livello di buona pratica ergonomica vengono indicate misure dello stress legate alla fatica mentale ed a tutti gli stati assimilabili come la monotonia, la ridotta vigilanza e la saturazione mentale (vedi figura 14), negli studi sperimentali ricordati nel seguito sono stati seguiti criteri di valutazione che hanno consentito di ottenere dati sperimentali di laboratorio (attraverso la misura di parametri psicofisiologici da stress), dati conseguenti alla valutazione soggettiva dell'affaticamento e di altri fattori interni ed esterni (attraverso la somministrazione di questionari) e dati derivanti sia dalle interviste ai lavoratori, al management e al sindacato, sia dalla consultazione di documenti messi a disposizione dall'Azienda indagata per focalizzare correttamente le caratteristiche del contesto operativo e dell'organizzazione del lavoro.

Figura 14 Criteri, metodi e strumenti di valutazione del carico di lavoro mentale (da Draft Iso 10075-3, 1995, tradotto e modificato)

Criteri di misura dello stress da carico di lavoro mentale	Fatica mentale	Monotonia	Ridotta vigilanza	Saturazione mentale
Soggettivi	Interviste e questionari di autovalutazione			
Comportamentali	Metodo del "doppio compito"	Frequenza dei cambiamenti posturali, segni di noia (sbadigli)	Percentuale di errori commessi durante il lavoro	Qualità-quantità produttiva, manifestazioni di nervosismo
Fisiologici	Indici di attivazione cardiovascolare, di tensione muscolare, di conduttanza cutanea, etc. Indicatori neurofisiologici come FCF (Frequenza Critica di Fusione della luce intermittente)	Ridotta attivazione del sistema nervoso centrale (sonnolenza e lentezza)		
Biochimici	Livelli ormonali: catecolamine e corticoidi			

5.1 La valutazione dello stress psicofisico nei conducenti di autobus urbani in una grande Azienda Trasporti del nord Italia

In un'ottica ergonomica più integrata è stato verificato se e in quale misura le criticità desunte dai dati emersi da una preliminare indagine organizzativa sull'assetto generale dell'Azienda e dalla work analysis, potevano rendere i conducenti di autobus più vulnerabili a modificazioni psicofisiologiche da stress (Breveglieri M.A., Arduini R., Cenni P., Grillo S., 1993).

Per le misure dello stress psicofisico è stato selezionato un campione costituito di 30 conducenti di autobus di sesso maschile, omogeneo per età (range 25-31, media 27,9) ed anzianità di servizio (media 2,5 anni), equamente distribuito in 3 sottogruppi sottoposti a turni lavorativi differenziati (2, 4 e 6 giri di circonvallazione in un importante centro urbano).

Il progetto di ricerca in laboratorio prevedeva un paradigma sperimentale finalizzato alla valutazione dei seguenti parametri fisiologici:

- 1) frequenza cardiaca (FC), inteso come indicatore privilegiato per lo stress fisico e per l'impegno cognitivo, nonché indicatore di rischio somatico cardiovascolare, soprattutto nel parametro della variabilità;
- 2) il tono muscolare (EMG) che, oltre ad essere considerato valido indicatore di carico cognitivo è un fattore implicato nella dolorabilità del rachide e della spalla;
- 3) la temperatura periferica (TH) e l'attività elettrodermica (EDA), indicatori particolarmente sensibili alla componente emozionale dello stress.

La procedura prevedeva due sessioni di registrazione di tali indici (immediatamente prima e subito dopo i tre diversi turni di lavoro), mediante apparecchiature di registrazione assemblate in un sistema modulare e collegate ad un'interfaccia analogico-digitale con invio dati ad un PC provvisto di software dedicato.

Misure di baseline sono state rilevate all'inizio di ogni sessione ai soggetti a riposo e subito dopo è stato somministrato un questionario di autovalutazione della fatica fisica e mentale (Scala F della Japanese Industrial Fatigue Research Committee, 1977) per avere indicazioni sulla presunta ridotta attivazione del SNC, sulle possibili difficoltà di concentrazione alla guida, sull'eventuale proiezione della fatica attribuibile a disturbi fisici e/o disagi ergonomici (postura, movimenti, layout quadri di comando, etc.).

Al termine di ogni seduta, gli stessi indici fisiologici, già registrati a riposo, sono stati misurati in fase di attivazione indotta da uno stress cognitivo attraverso la presentazione delle Matrici Progressive di Raven, selezionate in due serie omologhe per le due sessioni sperimentali, allo scopo di sollecitare un impegno mentale ed attentivo di pari intensità, prima e dopo il turno di lavoro.

La significatività statistica delle differenze negli indici fisiologici, prima e dopo i tre turni di lavoro, è stata valutata con l'analisi della varianza (ANOVA), peraltro applicata anche ai punteggi ottenuti attraverso la Scala F.

I risultati ottenuti hanno confermato che la procedura sperimentale adottata rappresenta un ulteriore contributo nel confermare l'ipotesi che una corretta applicazione dei principi ergonomici sia il più efficace strumento di prevenzione sia contro i ri-

schì d'infortunio, stress e malattie professionali, sia contro l'assenteismo, gli errori di performance e lo scarso rendimento lavorativo. Infatti, tali risultati hanno confermato che le costrizioni organizzative caratterizzate fra l'altro da "frammentarietà ed imprecisione delle fonti di informazione" si traducono spesso in richieste ai conducenti di effettuare percorsi soggetti a variazioni impreviste, talvolta senza l'esatta conoscenza del mezzo da guidare (per insufficiente addestramento su nuovi modelli).

Questo esempio di costrizione, potrebbe rappresentare, secondo il concetto espresso da Selye, l'indeterminatezza della richiesta che i dati ottenuti attraverso le misure degli indici fisiologici giustificano ampiamente attraverso la conferma delle modificazioni ipotizzate. In particolare, rispetto agli altri indici presi in esame che hanno segnalato più un adattamento alla condizione sperimentale che un effetto conseguente al carico, i valori di conduttanza cutanea confermerebbero la non specificità della risposta di adattamento dei soggetti indagati con un incremento differenziato che si presume dovuto non soltanto al carico di lavoro contingente ma anche ad altre fonti di malessere.

Circa la somministrazione della Scala F per l'autovalutazione della fatica percepita prima e dopo i turni di lavoro, viene confermata con chiarezza la differenza statisticamente significativa fra il numero di disagi fisico-ergonomici riferiti dai conducenti nelle tre condizioni lavorative. Il prolungarsi del turno di lavoro (6 giri di circonvallazione) ha infatti coinciso con una proiezione sensibilmente superiore della fatica fisica a livello somatico.

5.2 Alcuni dati emersi da ricerche internazionali sullo stress occupazionale attribuito a variabili hard e soft

In questo paragrafo si riportano alcuni studi condotti sui conducenti di autobus urbani, focalizzando l'attenzione soprattutto sugli aspetti psicosociali. Sono stati considerati pertanto quei contributi che hanno trattato il problema dello stress, in relazione al carico di lavoro mentale, ai rapporti con il pubblico e all'organizzazione del lavoro.

5.2.1 Uno studio condotto in ambito accademico Svezia-Stati Uniti

In una ricerca congiunta della Stockholm University e della Cornell University (Rydstedt, Johansson, Evans, 1998) condotta sui conducenti di autobus, è stata studiata l'influenza sul benessere lavorativo di interventi tecnici stradali finalizzati allo snellimento del traffico urbano. Tali interventi sono stati proposti dopo aver verificato la relazione fra intasamento del traffico e condizioni di elevato stress occupazionale.

Gli strumenti utilizzati per la valutazione sono stati di tipo soggettivo (questionari di autovalutazione del carico di lavoro e dei conseguenti disturbi legati all'affaticamento); di eterovalutazione basata sull'osservazione *aperta* (di orientamento), *sistematizzata* (basata su modalità di annotazione prestabilite), *assistita*

(basata su strumenti di registrazione); di misura degli indici fisiologici indicatori di stress (pressione sanguigna e battito cardiaco); di valutazione del comportamento (ad esempio, ritardi nell'effettuare i percorsi di viaggio). Le variabili considerate sono state le seguenti:

- Carico di lavoro percepito
- Disagi lavorativi osservati
- Pressione sanguigna sistolica
- Frequenza cardiaca
- Spossatezza percepita dopo il lavoro.
- Ritardi sulla tabella di marcia.

Riguardo alla pressione sanguigna, vari studi concordano nel riconoscere un valore elevato nei conducenti di autobus urbani (Evans, 1994; Winkleby, Ragland, Fisher, & Syme, 1988): in particolare, Evans, Palsane e Carrere (1987) hanno rilevato un largo aumento sia della sistolica che della distolica, sia in ricerche condotte in India che negli Stati Uniti. Inoltre, fra i conducenti di autobus sono stati individuati alti livelli di ormoni neuroendocrini (adrenalina, noradrenalina e cortisolo), correlabili allo stress psicologico (Aronsson & Rissler, 1988; Evans et al., 1987). Il dato viene confermato da altre indagini, (Mulders et al., 1988; Mulders, Meijman, O'Hanlon, & Mulder, 1982) che hanno evidenziato una correlazione significativa fra elevato livello di assenteismo ed elevato livello di attività neuroendocrina, ladove ciò non si verificava nel campione di controllo selezionato fra lavoratori generalmente attivi e presenti sul posto di lavoro.

Indagini epidemiologiche su autisti di autobus urbani (Alfredsson, Hammar, e Hogstedt, 1993; Evans, 1994; Gustavsson et al., 1996; Kompier e Di Martino, 1995; Netterstrom e Suadicani, 1993; Rosengren, Andersson e Wilhelmsen, 1991; Winkleby et al., 1988) hanno rilevato alti livelli di incidenza di patologie morbose (anche molto gravi) legate sia all'apparato cardiovascolare che a quelli gastrointestinale e muscoloscheletrico. In ogni caso, anche se i meccanismi che legano i fattori psicosociali di stress lavorativo con il benessere e la salute del lavoratore non sono stati ancora pienamente compresi, l'azione prolungata di catecolamine e cortisolo sembra incidere sull'eziopatogenesi di molti disturbi cardiovascolari (Cohen, Kessler e Gordon, 1995; Schneiderman e McCabe, 1989; Sterling e Eyer, 1988). Ad esempio, innalzamenti improvvisi e temporanei della pressione ematica, dovuti all'esposizione a fonti di stress, sono stati considerati importanti nella spiegazione della arteriosclerosi (Bishop, 1994).

Al riguardo, Winkleby e colleghi (1988) hanno notato che, nelle stime effettuate per quantificare il rischio di patologia, sono previsti criteri di selezione degli autisti di autobus urbani che portano a sottovalutare gli effetti di questa particolare attività lavorativa sull'uomo. Secondo questi ricercatori, andrebbero meglio considerate le tipologie dei compiti da svolgere, in rapporto alle prevedibili reazioni psicofisiologiche legate a: ritmi di lavoro rigidi e definiti dalle macchine in uso; basso supporto sociale da colleghi e supervisori; turni di lavoro mutevoli e con orario di lavoro irregolare; ruolo lavorativo ambiguo o contraddittorio; eccesso di carico lavorativo legato al ruolo ricoperto e condizioni fisiche di lavoro talvolta troppo vicine alla

soglia di rischio per la salute (Evans, Johansson e Carrere, 1994; Frankenhaeuser e Johansson, 1986; Gardell, 1987).

Come nella ricerca canadese, circa l'effetto della congestione veicolare sul livello di stress e risposta psicofisiologici (Hennessy & Wiesenthal, 1999), Evans & Carrere (1991), hanno rilevato che l'esposizione a picchi nel livello di congestione veicolare è significativamente correlata all'innalzamento del livello di adrenalina e noradrenalina. Inoltre, la connessione fra condizioni del traffico veicolare e reazioni psicofisiologiche allo stress, appare mediata dal livello di percezione di controllo sul proprio lavoro: più è alta l'esposizione al traffico, più è bassa la percezione di controllo sul proprio lavoro e più pronunciate risultano le reazioni psicofisiologiche allo stress. La combinazione fra livelli di traffico e rispetto degli orari tabulati, sembra essere il primo fattore a causare l'innalzamento della risposta psicofisiologica (Reimann 1980).

I risultati ottenuti hanno evidenziato che la situazione può essere migliorata grazie a segnali attivi di priorità finalizzati a rendere il più regolare possibile il traffico degli autobus, visto che la congestione del traffico è una fonte primaria di stress. Inoltre, una minore congestione del traffico e soprattutto il rispetto delle corsie preferenziali aumenta la percezione di controllo sul lavoro, potendo gestire meglio i ritardi sulla tabella di marcia.

In accordo con Lazarus (1966), un evento considerato indesiderabile o costoso per le proprie risorse personali, può tradursi in stress psicofisico. Con il moltiplicarsi del numero delle automobili circolanti, a fronte di un lieve miglioramento delle vie di comunicazione, si è visto un progressivo aumento della competizione per lo spazio, dei livelli di congestione del traffico ed in generale delle potenziali sorgenti di frustrazione, irritazione e stress (Taylor, 1997). Anche lo stato di salute psicofisiologica risente della congestione veicolare, sia in termini di atteggiamenti negativi verso il prossimo, sia in termini di aumento dello stato di vigilanza, battito cardiaco e pressione sanguigna (Novaco, Stokols D., Campbell, Stokols J., 1979; Stokols D., Novaco, Stokols J., Campbell, 1978).

Posto che gli automobilisti, costretti a sperimentare frequentemente incontri stradali stressanti, finiscono per subire il traffico in maniera generalmente negativa (Gulian, Matthews, Glendon, Davies, 1989b), è possibile che questo dato presente in letteratura sia facilmente generalizzabile ai conducenti di autobus urbani, in quanto è evidente che essi trascorrono molto più tempo, rispetto ad altre categorie, immersi nel traffico urbano. La rigidità del percorso e la scarsa manovrabilità del veicolo, rendono questa categoria più a rischio, rispetto ad altre quali ad esempio i tassisti, i quali hanno la possibilità di seguire percorsi alternativi e potenzialmente meno congestionati dal punto di vista del traffico.

Gulian (Gulian et al., 1989b) ha inoltre rilevato che, anche nelle situazioni non di guida, ad esempio sul luogo di lavoro o in casa, l'umore, i pensieri, le emozioni ed il comportamento sono conseguentemente influenzati dallo stress derivante dalla guida urbana. La congestione del traffico influenza la percezione, nel conducente a disagio, della fonte della sua frustrazione (Gulian, Debney, Glendon, Davies, Matthews, 1989a). È importante considerare il fatto che, essendo tutti gli automobilisti nelle stesse condizioni di traffico, questo meccanismo porta rapidamente

all'*escalation* del conflitto (Gibson e Wiesenhal, 1996) fino a rinforzare le reciproche assunzioni sulla responsabilità del rispettivo malessere. Questa considerazione ci porta a prestare la massima attenzione anche ai piccoli comportamenti aggressivi, per i motivi appena esposti.

Infine, per comprendere il rischio di un'elevata reattività psicofisiologica (in particolare, con ricadute sul sistema cardiovascolare) si ipotizzano correlazioni, oltre che con le variabili stressogene presenti nell'ambiente lavorativo (Johansson, Aronsson e Lindstrom, 1978; Kasl, 1986), anche con le frequenti incongruenze fra richiesta lavorativa (intesa come impegno complessivo nello svolgimento di un compito) e "controllo" sull'attività da svolgere (inteso come grado di autonomia disponibile). Il modello concettuale di Karasek (1979) basato su queste due dimensioni fondamentali, le successive modifiche concordate con Theorell (1990), fra cui una maggior importanza attribuita al supporto sociale da parte di colleghi e superiori, hanno contribuito a supportare molti studi sullo stress occupazionale, negli ultimi decenni.

In particolare, a livello di carico psicofisico, l'impegno lavorativo del conducente di autobus riguarda anche il rispetto delle tabelle di marcia che può degenerare in aumenti inopportuni di velocità con una conseguente maggiore esposizione ad incidenti; inoltre, la domanda lavorativa può risultare contraddittoria, se si impongono contemporaneamente il rispetto del codice stradale, da un lato, e l'osservanza degli orari di marcia stabiliti dall'azienda, dall'altro. La richiesta lavorativa viene ulteriormente appesantita dalla ripetitività e sedentarietà dei compiti, dalle elevate richieste di attenzione e processamento rapido di molteplici segnalazioni e da uno scarso controllo sul ritmo di lavoro (Rydstedt, Johansson e Evans, 1998).

5.2.2 Gli studi canadesi sul rapporto fra stress occupazionale e fattori psicosociali

Nello studio di Kerr, 1998, si espone una rassegna delle ultime ricerche sui fattori psicosociali correlati con i disturbi muscoloscheletrici.

L'attenzione degli studi in questo settore ha recentemente mostrato una maggiore attenzione a problemi come stress ed altre variabili psicosociali (*soft*) che vanno ad integrare la causalità da tempo dimostrata legata a variabili *hard* come posture incongrue, sforzi fisici, ripetitività dei movimenti, etc. In particolare emerge che i fattori maggiormente considerati, nell'ambito delle variabili psicosociali, sembrano essere i seguenti:

- Lavoro monotono
- Supporto sociale
- Controllo sul lavoro
- Domanda lavorativa.

È dimostrato che il lavoro monotono e ripetitivo è fonte di stress così come lo sono condizioni di lavoro carenti dal punto di vista del supporto sociale da parte di colleghi e superiori. Infine, va rispettata la congruenza fra controllo sul compito (inteso come possibilità di svolgere il proprio lavoro godendo di una certa possibilità decisionale) e domanda lavorativa che non deve essere eccessiva per carico fisico e mentale.

Un'ulteriore ricerca condotta in Canada (Hennessy, Wiesenthal, 1999) ha evidenziato, per mezzo di un questionario somministrato al conducente durante il percorso di una linea urbana (tab. 7), l'influenza delle condizioni del traffico sulle risposte comportamentali dei conducenti.

Attraverso una regressione multipla dei dati si è potuto evincere che, con bassa congestione del traffico la pressione temporale predice significativamente il livello di stress, mentre nella condizione di alta congestione stradale, il livello di stress è più correlato con comportamenti aggressivi. In entrambe le condizioni, una generale inclinazione a vedere la guida come stressante, risulta predittiva del livello di stress e ciò potrebbe incoraggiare l'uso del Driving Behaviour Inventory-General per esaminare il livello base di stress legato all'attività di guida.

Inoltre, questa indagine non ha fatto emergere alcuna differenza fra uomini e donne.

Tabella 7 Checklist che indaga sui comportamenti del conducente di autobus

Per favore indichi se ha messo in atto i seguenti comportamenti durante gli ultimi 5 minuti di questa particolare corsa.	
1.	Suonare il clacson verso altri conducenti per scaricare tensione
2.	Guidare volutamente in maniera ravvicinata al veicolo che precede
3.	Parlare per mezzo della radio di bordo per definire un percorso alternativo
4.	Curarsi le unghie.
5.	Mangiare qualcosa o bere per noia
6.	Lampeggiare con gli abbaglianti ad altri conducenti per scaricare tensione
7.	Fumare
8.	Fare gesti con le mani ad altri conducenti
9.	Sognare ad occhi aperti per passare il tempo
10.	Riordinare i propri capelli e/o il proprio trucco
11.	Grattarsi di continuo
12.	Usare tecniche di rilassamento muscolare
13.	Meditare
14.	Ascoltare programmi vocali alla radio per passare il tempo
15.	Imprecare contro altri conducenti
16.	Ricorrere a tecniche di respirazione
17.	Parlare con i passeggeri per passare il tempo
18.	Prendere "al momento" strade alternative a quelle stabilite dal percorso
19.	Cercare le informazioni fornite da segnali mutevoli
20.	Usare la radio per accedere alle informazioni sullo stato del traffico
21.	Attenersi ad un piano di azioni preconstituito (studiato a priori per ottimizzare la guida) durante la guida nel traffico
22.	Parlare con i passeggeri per ottenere informazioni sullo stato del traffico
23.	Parlare con i passeggeri per pianificare strade alternative al percorso prestabilito
24.	Ascoltare musica per passare il tempo
25.	Consultare i rapporti radio sul traffico
26.	Digrignare i denti

Fonte: Hennessy et al., 1999 (tradotto e modificato)

5.2.3 Ulteriori contributi nord-europei a ricerche sullo stress dei conducenti di mezzi pubblici urbani

In uno studio danese sui conducenti di mezzi pubblici urbani, Netterstrøm ha indagato le relazioni fra benessere lavorativo ed alcuni fattori psicosociali di rischio, suddivisi in due categorie dal Danish Work Environment Service (Departement of Labour, Copenhagen, 1995b). La prima d'impronta macrosociale ed economica, ha considerato variabili che fanno riferimento alle prospettive di carriera, salario, grado di influenza decisionale sull'amministrazione delle risorse, incertezza sul lavoro e conflitti con colleghi. La seconda si è occupata di problemi legati più direttamente alla specificità del contesto lavorativo come l'organizzazione del posto di lavoro, rumore, temperatura, lavoro monotono e ripetitivo, lavoro solitario, turni di lavoro, lavoro prolungato, lavoro a contatto con il pubblico (laddove sia documentato un rischio per la salute, come nel caso del burnout molto legato alle *helping professions*).

Approfittando di una ristrutturazione organizzativa, sovvenzionata dalla compagnia di trasporti, è stato possibile coinvolgere un campione di lavoratori in workshops programmati dalla compagnia sugli interventi da implementare. Sono state evidenziate sei aree d'interesse:

- Management e co-operazione dei lavoratori.
- Funzionamento generale del servizio.
- Condizioni di lavoro.
- Automezzi a disposizione.
- I conducenti.
- I passeggeri.

Il questionario utilizzato dai ricercatori ha analizzato i seguenti fattori (e relative specifiche):

FATTORI ESTERNI	<ul style="list-style-type: none"> • Contenuto del lavoro • Carico di lavoro e grado di controllo • Clima organizzativo • Ambiente fisico di lavoro • Relazioni familiari • Potenziali eventi importanti • Rapporto quotidiano fra problemi e soddisfazioni
FATTORI INTERNI	<ul style="list-style-type: none"> • Percezione di sé • Senso di coerenza
STRATEGIE DI COPING	<ul style="list-style-type: none"> • Centrate sul problema • Centrate sulle emozioni • Comportamento di tipo A • Stile di vita
REAZIONI ALLO STRESS	<ul style="list-style-type: none"> • Reazione fisica • Reazione emotiva • Reazione cognitiva • Reazione comportamentale • Burn out

I risultati hanno mostrato che un maggior livello di controllo sul proprio lavoro e sull'organizzazione dello stesso da parte dei conducenti porta a vantaggi generali circa la soddisfazione lavorativa e l'esposizione a fattori di rischio. Una criticità emersa è rappresentata dal livello di educazione dei conducenti nel gestire situazioni conflittuali, ad esempio con i passeggeri, mentre sono impegnati nel lavoro. In definitiva emerge che i compiti del conducente di autobus urbani sono molto impegnativi in termini di carico lavorativo e risorse individuali ma che l'introduzione di un sistema democratico di lavoro può aiutare a ridurre le relative conseguenze sociali e sanitarie.

Lo studio svedese di Evans et al., 1999, ha indagato invece il ruolo delle cosiddette "seccature" durante il lavoro (ad es., macchine parcheggiate sulle corsie preferenziali, passeggeri lenti a scendere e salire, lavori stradali sul percorso, etc.).

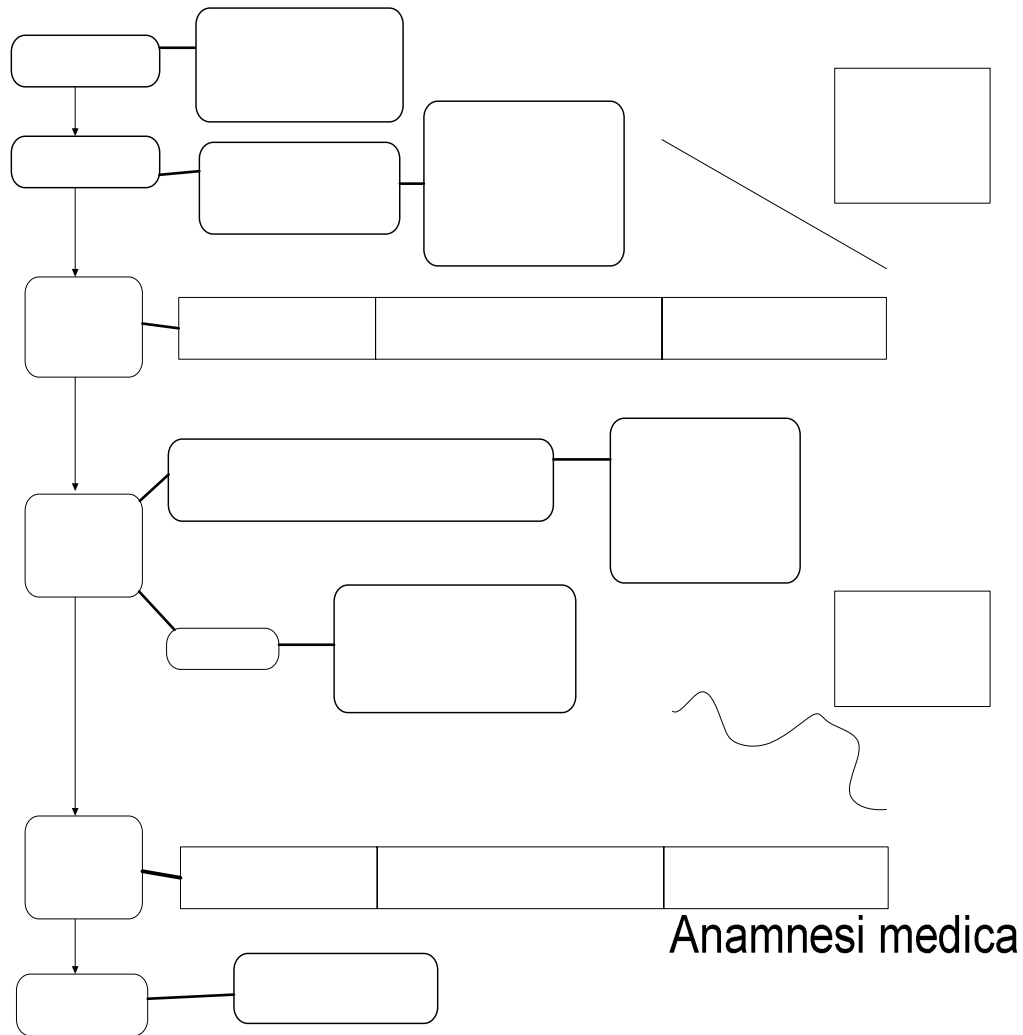
Gli autori si sono avvalsi di un questionario standardizzato per l'autovalutazione del livello di stress (*Stress/Energy Scale* del National Institute for Occupational Health, Svezia).

Dai risultati è emersa una relazione significativa fra la riduzione di eventi disturbanti per l'autista, come ad esempio domande fatte da passeggeri, e qualità del lavoro.

Lo studio ha inoltre consentito di validare ulteriormente il questionario self-report per la rilevazione del livello di stress.

Nel diagramma che segue è possibile apprezzare il percorso valutativo in tutte le sue fasi:

Figura 15 - il percorso valutativo



5.2.4 I metodi utilizzati nelle varie ricerche

Lo studio di Hennessy e Wiesenthal (1999), si è avvalso di una metodologia abbastanza ricca dal punto di vista tecnologico, in quanto i soggetti coinvolti alle varie fasi della ricerca tramite un apposito ricetrasmittitore telefonico, modificato per lasciare libere le mani dell'utente. Dal punto di vista teorico, gli autori hanno valutato lo stress "di tratto", ovvero la personale disposizione di ogni individuo nel far fronte a situazioni stressogene, a partire da un altrettanto individuale livello di attivazione "di base".

Al riguardo, è stata impiegata una variante del questionario **Driving Behaviour Inventory-General (DBI-Gen.)** ovvero la parte atta a rilevare il livello di stress

Sis
Sist
Sis
S

Driv
Car
S

del conducente **General Driver Stress Questionnaire**, come già precedentemente fatto da Gulian (1989b).

Il **DBI-Gen** è composto di 16 items del tipo: “Entro in uno stato di maggiore tensione quando sorpasso altri veicoli”, “Mi annoia guidare dietro ad altri veicoli”, “Ho la preoccupazione di essere sorpassato”, etc. Alcuni autori (Glendon, Dorn, Matthews, Gulian, Davies, Debney, 1993) hanno trovato questa scala robusta ed affidabile come strumento self-report dello stress da guida urbana. Altri autori (Matthews, Dorn, Glendon, 1991) hanno evidenziato che la **DBI-Gen** possiede un’elevata validità nella valutazione della predisposizione personale allo stress dei singoli soggetti. Hennessy e Wiesenthal (1999), nell’applicare il questionario al loro campione hanno depennato 5 items poiché non pertinenti alla guida su autostrade ed hanno trasformato i restanti 11 items da scale Likert a 5 punti (da 0 = massimo accordo, fino a 4 = massimo disaccordo) in scale da 0 = massimo accordo fino a 100 = massimo disaccordo, utilizzando per le analisi statistiche le medie delle risposte per singolo item di ogni soggetto. L’alta affidabilità della scala modificata è stata verificata in precedenti ricerche pilota, evidenziando un coefficiente alpha (Cronbach) compreso fra 0,92 e 0,93 (Hennessy, 1998; Hennessy e Wiesenthal, 1997).

Per accertare lo stress “di stato”, cioè il livello di attivazione (arousal) del conducente al momento, è stato utilizzato un questionario, lo **State Driver Stress Inventory**, frutto dell’unione fra gli 11 items del DBI-Gen e 10 items della **Stress Arousal Checklist** (Mackay, Cox, Burrows, Lazzarini, 1978). Metà degli items di quest’ultima lista indagano su stati di umore positivo (rilassato, contento, sereno, comodo e calmo) e, l’altra metà, stati di umore negativo (teso, annoiato, nervoso, agitato e angosciato). Per essere utilizzato sia nella valutazione dello stress “di stato” che dello stress “di tratto”, gli items del questionario sono stati usati in tempo presente: ad esempio, “I fallimenti dei miei tentativi di effettuare un sorpasso mi danno frustrazione” piuttosto che “Sono frustrato dai fallimenti dei miei tentativi di effettuare un sorpasso”.

Le scale del questionario sono concepite come quelle del **DBI-Gen**, ovvero Likert da 0 a 100, indicanti il grado di accordo/disaccordo del soggetto circa quanto attiene ad ogni item, in relazione alla loro esperienza presente. I punteggi sono rappresentati dalle medie delle risposte ad ogni singolo item, avendo cura di codificare all’inverso le risposte agli items sullo stato di umore negativo. Un item sperimentale è stato introdotto per accertare se bassa ed alta congestione veicolare sono effettivamente percepiti come distinti (“Il traffico è congestionato”). Infine, è stato impiegato un item per monitorare la variabile “controllo percepito” (“Ho il controllo di queste situazioni di guida”) e tre items per monitorare la variabile “urgenza temporale” (“Sono di fretta”, “Sono preoccupato di arrivare in tempo a destinazione” e l’item da codificare in senso inverso “Ho una tabella di marcia flessibile”) poiché è stato trovato che queste covariano con lo stress da guida (Hennessy, 1995).

In ricerche precedenti è stato messo in luce che la procedura appena descritta per rilevare lo stato di stress alla guida presenta un alto grado di affidabilità, sia in situazioni di basso livello di congestione veicolare ($\alpha = 0,92-0,97$), che in situa-

zioni di alta congestione veicolare ($\alpha = 0,90-0,95$), (Hennessy, 1998; Hennessy e Wiesenthal, 1997).

Per quanto riguarda la checklist atta a valutare lo “stato” di stress in cui si trova l’individuo, è stata adottata la **State Driving Behavior Checklist**, composta di 26 items validati attraverso studi simili condotti in precedenza (Hennessy, 1995; Hennessy e Wiesenthal, 1997). Diversi items sono stati selezionati fra quelli identificati da Gulian et al., (1989a), per ottenere dati sui comportamenti messi in atto per fronteggiare lo stress da guida (es. pensieri o comportamenti aggressivi, ricerca di attività alternative, pianificazione e uso di misure precauzionali).

In aggiunta, sono stati sviluppati altri items sulla base di alcune interviste con utenti regolari delle vie autostradali. Questi items sono destinati a monitorare i comportamenti di guida in situazioni specifiche. I conducenti sono invitati ad indicare quante volte sono stati coinvolti in ognuno dei comportamenti individuali, durante i 5 minuti precedenti il percorso considerato. Gli items sono stati suddivisi in 6 categorie di comportamenti simili: aggressioni al conducente, ricerca di informazioni, comportamenti autolesionistici minori, tecniche di rilassamento, pianificazione e distrazione. Il punteggio di categoria è consistito nel sommare il numero di comportamenti agiti per ogni categoria.

La ricerca della Cornell e della Stockholm University, ha approfittato di una serie di interventi strutturali sulle vie di comunicazione e a bordo degli autobus, finalizzati ad incrementarne l’efficienza operativa con ricadute sulla salute lavorativa dei conducenti di autobus. Dal punto di vista degli autori, le modifiche in corso d’opera avrebbero potuto avere degli effetti benefici anche sulla salute dei conducenti, sia per la diminuzione del traffico veicolare sia perché, venivano fornite ai passeggeri - tramite monitor a bordo dei bus - tutte le informazioni relative a fermate, percorsi etc. che normalmente vengono richieste all’autista. Per sondare queste ipotesi lo studio in esame si è avvalso di un disegno di ricerca misto, composto da uno screening iniziale, tramite questionario, su un largo numero di soggetti, seguito da un numero più ristretto di studi sul campo che ha previsto osservazioni sulle condizioni di lavoro, sulle reazioni psicofisiologiche al disagio percepito e sul livello di stress accusato. La ricerca è stata strutturata temporalmente in tre fasi, prima dell’inizio, durante e al termine del lavoro. I questionari sono stati inviati via email in tutte e tre le occorrenze. Lo studio in profondità sul campo ha avuto la stessa scansione temporale.

Il disegno si è avvalso anche di un gruppo di controllo, costruito assegnando per ciascun soggetto del gruppo sperimentale, ovvero coloro i quali svolgono il proprio turno lavorativo per il 50% o più del loro tempo sulla linea oggetto degli interventi tecnici, due soggetti di controllo, operanti su altre linee, bilanciati rispetto al gruppo sperimentale per genere, età, anzianità lavorativa, turni di lavoro, etc.

Le aree coperte dal questionario hanno incluso la percezione: del carico di lavoro, dei fattori che in un qualsiasi modo o momento causano ritardi e contribuiscono a far aumentare la congestione veicolare, degli interventi tecnici e delle loro ricadute, dello spazio decisionale, delle reazioni psicologiche e fisiche all’ambiente di lavoro e dell’incidenza di complicazioni croniche a livello di salute fisica e mentale. Nella seconda e terza somministrazione, sono stati aggiunti degli items sulle abitudini

comportamentali come: fumare, assumere farmaci o fare esercizio fisico. Nella terza ed ultima somministrazione sono stati inclusi anche degli items circa l'impatto degli interventi tecnici sulle condizioni psicosociali di lavoro. Per analizzare gli effetti degli interventi migliorativi, gli autori hanno costruito i seguenti indici e scale sulla base degli items del questionario:

1. *Carico di lavoro percepito nelle quattro settimane trascorse*, composto da sei items del tipo: *"Ho percepito pressione temporale"*, *"Si deve guidare troppo veloci per essere in regola con la tabella di marcia"* e *"Impossibilità di fornire un adeguato servizio ai passeggeri a causa di una tabella di marcia troppo stretta"*. Le risposte sono state fornite su scala a quattro punti (0 = mai, 1 = occasionalmente, 2 = ogni settimana o poche volte in una settimana, 3 = quotidianamente; alpha Cronbach = .90).
2. *Disturbi della salute*, fattore misurato tramite due scale indicanti differenti tipi di disturbi durante l'ultimo anno. I sintomi venivano indicati su scala a 5 punti (da 0 = mai a 4 = veramente spesso). Un indice dei disturbi psicosomatici è stato basato su nove items, ad esempio: *"battito cardiaco veloce o irregolare"*, *"dolore dalla parte alta dello stomaco/bruciore di stomaco"*, *"mal di testa"* e *"disturbi del sonno"* (alpha Cronbach = .86).
L'indice dei disturbi muscoloscheletrici ha compreso 4 items, ad esempio *"Dolori alla schiena"*, *"Lombalgia"*, *"Dolori alle spalle e al collo"*, (alpha Cronbach = .82).
3. *Ricadute dell'affaticamento lavorativo nel tempo libero*, basato su 5 items, ad esempio *"Stanchezza mentale dopo il lavoro"*, *"Stanchezza fisica dopo il lavoro"* e *"Lento recupero dello stato di rilassatezza dopo il lavoro"* (alpha Cronbach = .82). A causa del fatto che gli items componenti questa scala, inizialmente avevano differenti risposte alternative, i valori della scala di ogni item sono stati trasformati in punteggi z standardizzati.
4. *Energia profusa nel lavoro*, misurata chiedendo agli autisti di indicare su una scala da 0 (mi sento come in pausa) a 10 (impegnativo, ai limiti della completa spossatezza) l'ammontare dell'energia richiesta per portare a termine una normale giornata lavorativa.
5. *Consumo di sostanze farmacologiche*, misurato da un indice composto da cinque items (es. *"tranquillanti"*, *"farmaci per problemi gastrointestinali"*). Questi items erano inclusi solo nella seconda e terza somministrazione. La scala di risposta era identica a quella per i disturbi (alpha Cronbach = .70).
6. *Effetto percepito dell'intervento*, misurato solo nella terza somministrazione, da otto nuovi items riguardanti l'effetto percepito dell'intero programma di intervento sulle condizioni di lavoro e sulla domanda lavorativa (ad es. *"possibilità di fornire servizio ai passeggeri"*, *"Pressione temporale"*, *"Controllo della situazione di lavoro"*). Le risposte venivano date su una scala a 4 punti; 1 = peggiorato, 2 = nessun cambiamento, 3 = qualcosa è migliorato, 4 = altamente migliorato. La stessa scala è stata usata per altri items del questionario riguardanti come i differenti interventi hanno influito sul traffico.

Successivamente a questa fase, fra i rispondenti al primo questionario sono stati selezionati, su base volontaria, alcuni soggetti per la ricerca in profondità sul campo, ai quali sono state inizialmente poste domande circa peso corporeo, altezza, terapie mediche in corso, storia familiare in merito a disturbi coronarici. È stato inoltre chiesto se si limitavano nell'assunzione di caffè o tabacco e di registrare il consumo di queste sostanze durante il periodo della ricerca.

Per quanto riguarda la procedura, al fine di controllare le fluttuazioni del volume di traffico, gli autori hanno scelto di intraprendere le rilevazioni solo dal martedì al giovedì. Le rilevazioni venivano effettuate sia all'inizio del turno di lavoro del soggetto che alla prima pausa (in caso di turni avviati prima dell'alba) e terminavano alla pausa pranzo oppure fino alla fine del turno (nel caso di turni partiti molto presto e quindi di rilevazioni iniziate alla prima pausa).

Ogni autista incluso nella ricerca, incontrava un ricercatore in un luogo riposante, 15 minuti prima di iniziare il turno (o alla prima pausa) e, inizialmente, gli veniva chiesto di riempire una checklist tesa a valutare lo stress percepito all'inizio del turno lavorativo. Dopo un minimo di tre minuti di riposo, venivano prese le misure di pressione arteriosa e ritmo cardiaco. Gli autisti informavano il ricercatore circa la propria situazione sanitaria attuale, terapie in corso, livelli di assunzione di caffè e tabacco durante le ore precedenti. Durante la guida dell'automezzo, il ricercatore registrava, su griglia codificata, eventi interni o esterni accaduti durante il percorso (Evans, Johansson e Rydstedt, 1999). Ad ogni capolinea e alla pausa pranzo (oppure alla fine del turno di lavoro) il conducente forniva stime quantitative circa le condizioni di lavoro e lo stress percepito e venivano inoltre misurati il ritmo cardiaco e la pressione arteriosa. I ricercatori registravano ogni differenza fra gli orari fissati dalle tabelle di marcia e gli orari di arrivo effettivo dei bus alle fermate. Dopo l'ultimo rilevamento della pressione arteriosa e del ritmo cardiaco sull'autobus, il conducente ed il ricercatore si recavano in un locale riposante dove il primo poteva, tranquillamente e comodamente seduto nell'aula di ricerca, compilare la checklist relativa a stress e livello di attivazione. Dopo altri 10 minuti di pausa veniva rilevata nuovamente pressione e ritmo cardiaco. Come premio per la partecipazione, alla fine dell'ultima rilevazione veniva inoltre dato un buono pasto da 8 dollari valido in ogni ristorante.

Come variabili di ricerca, oltre a ritmo cardiaco e pressione arteriosa, è stata utilizzata una checklist (da compilare sia all'inizio, sia alla fine del turno) - modificata per le condizioni svedesi (Kjellberg e Ivanovsky, 1989) - atta a valutare la spossatezza percepita dopo il turno di lavoro. La scala ha incluso 12 aggettivi dei quali sei in relazione allo stress (es. "teso", "pressato"), con categoria di risposta da 0 (per niente) a 5 (moltissimo). L'alta affidabilità (alfa = .86) rilevata è stata confermata in molti studi.

Anche l'interferenza di disturbi durante il turno di lavoro è stata monitorata, tratta per tratta, con uno strumento standardizzato sviluppato da Evans e colleghi, comprendente una lista di 15 differenti tipi di difficoltà, 6 delle quali tese a valutare le condizioni esterne (es. congestione del traffico, traffico ostacolato da veicoli parcheggiati illegalmente, comportamenti di guida rischiosi esibiti dagli altri utenti) e 9 tese, invece, a valutare le condizioni interne al bus (es. passeggeri ostili o provo-

catori, lenta discesa o salita dei passeggeri, bus completo). La scala è stata sviluppata in accordo con gli autisti e basata su un test pilota. La sua validità di costrutto è risultata soddisfacente (Ebel $r = .98$). I valori finali sono stati conteggiati in termini di numero di difficoltà o disturbi per ora.

In aggiunta, ogni autista, dopo essere giunto a capolinea, forniva una stima su scala a 5 punti in merito a: pressione temporale percepita, stress percepito (1 = molto basso, 5 = molto alto) e flusso del traffico (1 = molto cattivo, 5 = eccellente), ambedue le valutazioni relative all'ultima tratta completata. Anche in questo caso la scala è risultata affidabile (alfa = .87).

La strategia di analisi statistica adottata è stata quella del disegno split-plot con test di priorità (Kirk, 1968) e con analisi separata per i due gruppi di ricerca.

5.2.5 Stato dell'arte sul fenomeno in indagine risultante dalle ricerche presentate

Dalle ricerche esaminate, emerge con chiarezza un orientamento finalmente teso ad integrare le classiche variabili indagate attraverso un approccio ergonomico di tipo *hard*, interessato agli oggetti d'uso utilizzati sul lavoro (ad esempio, la poltrona di guida, il manubrio, le leve, le interfacce e la disposizione dei quadri di comando che supportano il conducente durante la guida), con variabili di tipo più *soft* per l'ergonomia (i fattori psicosociali, l'assetto organizzativo dell'azienda, il carico mentale legato alla congestione del traffico veicolare, le relazioni con il pubblico a bordo del veicolo, etc.).

Emerge con chiarezza anche l'importanza di valutare lo stress dei conducenti attraverso la misura degli indici fisiologici ritenuti più sensibili a cogliere le variazioni legate al diverso grado di attivazione fisica ed emozionale come, ad esempio, la *frequenza cardiaca*, la *pressione arteriosa sistolica* e la *conduttanza cutanea*.

Inoltre, la ricerca della Cornell e della Stockholm University, attraverso la percezione soggettiva degli autisti ha evidenziato che i componenti più importanti nel determinare la fluidità della circolazione degli autobus sono i segnali di priorità. Al riguardo, gli autisti indagati hanno fatto osservare che gli interventi migliorativi già adottati per snellire il traffico degli autobus hanno dato buon esito, permettendo agli autisti di avere un maggior controllo sul loro lavoro e migliorando le opportunità di fornire un buon servizio ai passeggeri. Ne consegue che il miglioramento delle condizioni fisiche del traffico aiuta anche a ridurre il numero di conflitti che si vengono a creare fra personale di bordo e passeggeri e a rispettare gli orari delle fermate. Gli autori concludono sostenendo che la combinazione virtuosa fra riduzione della congestione veicolare, maggior sicurezza delle condizioni di guida e miglior sistema di informazione ai passeggeri, induce effetti positivi sul benessere lavorativo degli autisti.

Questi dati vengono confermati da evidenze opposte, emerse da altre indagini condotte in ambienti lavorativi caratterizzati da condizioni psicofisiche eccessivamente stressanti per i conducenti di autobus urbani, verosimilmente correlabili con un maggior numero di patologie a carico di organi e apparati (Evans, 1994; Gardell et al., 1982).

Un contributo addizionale, rispetto alla ricerca della Cornell e della Stockholm University, è rappresentato dall'adozione di metodi di valutazione differenziati (questionario, osservazione sistematizzata, misura delle variabili psicofisiologiche), ma convergenti nel tendere ad una valutazione il più possibile realistica del fenomeno in esame.

Per concludere, si può affermare che la guida di autobus urbani è un'attività talmente complessa per varietà di compiti e condizioni fisiche e psicosociali, da giustificare pienamente l'adozione di un modello concettuale ergonomico sia per *progettare* il sistema di lavoro (adattandolo il più possibile ai bisogni e alle caratteristiche dell'uomo, inteso come utente interno ed esterno), sia per utilizzare modalità di *valutazione integrata* (sulla base di metodi e strumenti di tipo soggettivo, oggettivo e, laddove possibile, anche sperimentale attraverso la simulazione in laboratorio di situazioni di guida simili a quelle affrontate dai conducenti nella loro attività quotidiana).

Va enfatizzata ancora una volta l'importanza del supporto rappresentato dall'adozione di *norme di buona pratica* che, oltre a consentire l'applicazione delle leggi in materia di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro, rappresentano *linee guida* utili a spiegare ed approfondire le ragioni che hanno indotto gli enti di normazione italiani e internazionali (Uni, Cen, Iso) ad istituire commissioni *ad hoc* per stimolare e sensibilizzare l'opinione pubblica in generale e il mondo del lavoro, in particolare, sulla priorità assoluta di certe problematiche: la salute e il benessere psicofisico delle persone, la sicurezza dei contesti operativi in tutte le loro componenti ed articolazioni ed, infine, la qualità della performance per rispondere alle esigenze produttive, da considerare a pieno titolo obiettivi naturali e irrinunciabili di ogni sistema lavorativo.

6 Riferimenti bibliografici

Akerstedt, T., Knutsson, A., Westerholm, P., Theorell, T., Alfredsson, L., Kecklund, G., (2002) *Sleep disturbances, work stress and work hours: A cross-sectional study*. Journal of Psychosomatic Research.; Vol 53 (3): 741-748

Albright, Winkelby, Ragland, Fisher, Syme (1992) *Job Strain and Prevalence of Hypertension in a Biracial Population of Urban Bus Drivers*, American Journal of Public Health, Vol. 82, No. 7, 984-989.

Alfredsson, Hammar, Hogstedt (1993) *Incidence of myocardial infarction and mortality from specific causes among urban bus drivers in Sweden*, International Journal of Epidemiology, 22, 57-61.

Apparies, Riniolo, Porges (1998) *A psychophysiological investigation of the effects of driving longer-combination vehicles*, Ergonomics, Vol. 41, No. 5, 581-592, Taylor & Francis Ltd.

Aronsson, Rissler (1998) *Psychophysiological stress reactions in female and male urban bus drivers*, Journal of Occupational Health Psychology 3, 122-129.

Ax, A.R. (1953) *The physiological differentiation between fear and anger in humans*. Psychosomatic Medicine, 15, 433-442

Baldaro B., Mazzetti M., Codispoti M, Tuoizzi G., Bolzani R, Trombini G. (2001), *Autonomic reactivity during viewing of an unpleasant film*. Perceptual and Motor Skills, 93: 797-805.

Baldaro B., Tuoizzi G., Codispoti M., Montebanocci O., Barbagli F., Trombini E., Rossi N. (2004), *Aggressive and non-violent videogames: short-term psychological and cardiovascular effects on habitual players*. Stress and Health, 22: 390-396.

Bishop (1994) *Health psychology: Integrating mind and body*, Boston: Allyn & Bacon.

Bradley, M.M., Cuthbert, B.N. (1990) *Emotion, attention and startle reflex*. Psychological Review, 97 (3). 337-395

Cenni P., Peri A., Barbieri F., Suzzi E., Tuoizzi G., Tonucci R., Bertozzi F., Zucconi S., (2001), *The psychophysiological adaptation in members of the fifteenth Italian expedition in Antarctica*. Second Italian Workshop on human adaptation in Antarctica and extreme environments. Livorno, 24-25 settembre 2001, Abstracts book, pp. 78-84.

Cipolli C., Bolzani R., Tuoizzi G., Fagioli I. (2001), *Active processing of declarative knowledge during REM- sleep dreaming*. Journal of Sleep Research, 10: 277-284.

Cipolli C., Fagioli I., Mazzetti M., Tuoizzi G., 2004, *Consolidation effect of the processing of declarative knowledge during human sleep: evidence from long-term*

retention of interrelated contents of mental sleep experience. *Brain Research Bulletin*, in press.

Cipolli C., Fagioli I., Mazzetti M., Tuozi G., 2004, Consolidation effect of repeated processing of declarative knowledge from mental experiences during human sleep. *Neuroscience Letters* (under final revision.)

Cipolli C., Fagioli I., Mazzetti M., Tuozi G., 2004, Incorporation of pre-sleep stimuli into dream contents: evidence for a consolidation effect on declarative knowledge during REM sleep. *Journal of Sleep Research*, 13: 317-376.

Codispoti, M., Mazzetti, M., Baldaro, B., Tuozi, G. and Trombini, G. (2001) *Effect of a public speaking on gastric myoelectrical reactivity and parasympathetic cardiac control*. *Stress and Health* 17, 291-296

Cohen, Kessler, Gordon (1995) *Strategies for measuring stress in studies of psychiatric and physical disorders*, in S. Cohen, R. C. Kessler, & L. U. Gordon (Eds.), *Measuring stress: A guide for health and social scientists*. New York: Oxford University Press.

Davis, M. (1992) *The role of the amygdala in fear-potentiator startle implications for animal model of anxiety*. *Trend Pharmacology Science*, 13, 35-41.

Ekman, P., (1982.), *Emotion in human face* Cambridge University Press. Cambridge

Ekman, P., Levenson, R.W. & Friesen, W.V., 1983 Autonomic nervous system activity distinguishes among emotions, *Science*, 221. 1208-1210.)

European Standard (2004) *Safety of machinery – Human physical performance – Part 4: Evaluation of working postures and movements in relation to machinery*, prEn 1005-4, European Standard, CEN.

Evans (1994) *Working on the hot seat: Urban bus operators*, *Accident Analysis and Prevention*, 26, 181-193.

Evans G. W., Johansson, G., and Rydsted, L. (1999): “*Hassles on the job: a study of a job intervention with urban bus drivers*” *Journal of Organizational Behavior*, 20, 199-208

Evans, Carrere (1991) *Traffic congestion, perceived control, and psychophysiological stress among urban bus drivers*, *Journal of Applied Psychology*, 76, 658--663.

Evans, Johansson, Carrere (1994) *Psychosocial factors and the physical environment: Inter-relations in the workplace*, *International Review of Industrial and Organizational Psychology*, 9, 1-30.

Evans, Palsane, Carrere (1987) *Type A behavior and occupational stress: A cross-cultural study of blue-collar workers*, *Journal of Personality and Social Psychology*, 52, 1002-1007.

- Frankenhaeuser, Johansson (1986) *Stress at work: Psychobiological and psychological aspects*, International Review of Applied Psychology, 35, 287-299.
- Gardell (1987) *Efficiency and health hazards in mechanized work*. In J. C. Quick, R. Bhagat, J. Dalton, & J. D. Quick (Eds.), *Work stress: Health care systems in the workplace* (pp. 50-71). New York: Praeger.
- Gardell, Aronsson, Barklöf (1982) *The working environment for local public transport personnel Stockholm*, Swedish Work Environment Fund.
- Gibson, Wiesenthal (1996) *The Driving Vengeance Questionnaire (DVQ): the development of a scale to measure deviant drivers' attitude*, in "LaMarsh Research Programme Report Series", n.54, Giugno 1996, North York, Ontario, Canada: LaMarsh Research Programme on Violence and Conflict Resolution, York University.
- Glendon, Dorn, Matthews, Gulian, Davies, Debney (1993) *Reliability of the Driver Behaviour Inventory*, Ergonomics, 36:719-726.
- Gulian, Debney, Glendon, Davies, Matthews (1989a) *Coping with driver stress*, in "Stress and tension control", vol.3 Mcguigan, Sime, Wallace editori, New York: Plenum Press, 173-186.
- Gulian, Matthews, Glendon, Davies (1989b) *Dimension of driver stress*, Ergonomics, 32:585-602.
- Gustavsson, Alfredsson, Brunnberg, Hammar, Jakobsson, Reuterwall, Ostlin (1996) *Myocardial infarction among male bus, taxi, and lorry drivers in middle Sweden*, Occupational and Environmental Medicine, 53, 235-240.
- Hakkanen, H., Summala, H., Partinen, M., Tiihonen, M., Silvo, J. (1999).. *Blink duration as an indicator of driver sleepiness in professional bus drivers*. Journal-of-Sleep-Research-and-Sleep-Medicine. Vol 22 (6): 798-802
- Hamm, A., & Vaitl, D. (1993) "Affective association: the conditioning model and the organization of emotions". In N. Birbaumer & A. Ohman (Eds) "The structure of emotion: psychophysiological, cognitive, and clinical aspects." Hogrefe & Huber Publisher, Germany.
- Hammar, N., Alfredsson, L., & Theorell, T. (1994). *Job characteristics and the incidence of myocardial infarction*. International Journal of Epidemiology. 1994; 23: 277-84.
- Hennessy (1995) *The relationship between traffic congestion, drive stress, and direct versus indirect coping behaviours*, tesi di master non pubblicata, Toronto, Canada: York University.
- Hennessy (1998) *The interaction of person and situation within the driving environment: Daily hassles, traffic congestion, driver stress, aggression, vengeance, and past performance*, tesi di dottorato non pubblicata, Toronto, Canada: York University.

- Hennessy, Wiesenthal (1997) *The relationship between traffic congestion, drive stress, and direct versus indirect coping behaviours*, *Ergonomics* 40:438-361.
- Hennessy, Wiesenthal (1999) *Traffic Congestion, Drive Stress, and Driver Aggression*, *Aggressive Behavior*, 25, 409-423, Wiley-Liss, Inc.
- Johansson, Aronsson, Lindström (1978) *Social psychological and neuroendocrine stress reactions in highly mechanized work*, *Ergonomics*, 21, 583-599.
- Karasek (1979) *Job decision latitude, job demands, and mental strain: Implications for job redesign*, *Administrative Science Quarterly*, 24, 285-308.
- Karasek, Theorell (1990) *Healthy work: Stress, productivity and the reconstruction of working life*, New York: Basic Books.
- Kasl (1986) *Stress and disease in the workplace: A methodological commentary on the accumulated evidence*, In M. E Cataldo & T. J. Coates (Eds.), *Health and industry: A behavioral medicine perspective* (pp. 52-85), New York: Wiley.
- Kerr M.S. (1998) *Workplace Psychosocial Factors and Musculoskeletal Disorders: A Discussion Paper*, Institute for Work & Health, 250 Bloor Street East, Suite 702, Toronto, Ontario.
- Kirk (1968) *Experimental design: Procedures for the behavioral sciences*, Belmont, CA: Brooks/Cole.
- Kjellberg, Ivanovski (1989) *Stress/energiformuläret: Utveckling av en metod för skattning av sinnesstämning i arbetet [The Stress/Energy Scale: Development of a scale for rating mood at work] (Rep. No. 1989:26)*, Solna, Sweden: National Institute of Occupational Health.
- Kompier, Cooper (1999) *Preventing stress, improving productivity: European case studies in the workplace*, London, Routledge.
- Kompier, Di Martino (1995) *Review of bus drivers' occupational stress and stress prevention*, *Stress Medicine*, 11, 253-262
- Kristensen (1995) *The demand-control-support model: Methodological challenges for future research*, *Stress Medicine*, 11, 17-26.
- Lacey, J. I (1959) *Psychophysiological approaches to the evaluation of psychotherapy process and outcome* In E.A. Rubinstein & M.B. Parloff (Eds) *Research in Psychotherapy*, American Psychological Association, Washington, D.C.
- Lacey, J. I., Lacey, B. C. (1970). *Some autonomic central nervous system interrelationship*. In P. Black (Ed.). *Physiological correlates of human emotion*. Academic Press, New York
- Lang, P. J., (1984) *Cognition in emotion: concept and action*. In C. Izard & R. Zajonc (Eds) *Emotion, cognition and behaviour*. Cambridge Press. New York.
- Lang, P.J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B.N. (1990) *Emotion, attention and startle reflex*. *Psychological Review*, 97 (3). 377-395.

- Lang, P.J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B.N. (1990) Emotion, attention and startle reflex. *Psychological Review*, 97 (3). 377-395.
- Lang, P.J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B.N. (1997) *Motivated attention: affect, activation and action*. In P. Lang, Simons R., Balaban M., :*Attention and orienting; sensory and motivational process*. Erlbaum. Hillsdale, N.J.
- Lazarus (1966) *Psychological stress and the coping process*, New York: McGraw-Hill.
- Lazarus, R., Folkman, S. *Stress, appraisal and coping*, New York, Springer, 1984
- Lepore, A., Borelli, A. (2004) “*Medicina Psicosomatica in Psicologia medica ed abilità relazionali*”, a cura di Bellomo, A., ed. Minerva Medica. Torino. Pag. 207.
- Maciulyte (2000) *Bus Drivers' Health and Conditions of Work*, documento presentato al ECOHSE 2000 Symposium, Kaunas, Lithuania, 4-7 Ottobre.
- Mackay, Cox, Burrows, Lazzerini (1978) *An inventory for the measurement of self reported stress and arousal*, *Bulgarian Journal of Social and Clinical Psychology* 17:283-284.
- Mason, G.J.W. (1975) *Emotion as reflected in patterns of endocrine integration*, in Levi, L. *Emotions-their parameters and measurement*. Raven Press., New York
- Matthews, Dorn, Glendon (1991) *Personality correlates of driver stress*, *Personal Individual Difference* 12:535-549
- Mulders, Meijman, Mulder, Kompier, Broersen, Westerink, O'Hanlon (1988) *Occupational stress in city bus drivers*, in J.Rothengatter & R. de Bruin (Eds.), *Road use behavior: Theory and research* (pp. 348-358). Amsterdam, The Netherlands: vanGorcum.
- Mulders, Meijman, O'Hanlon, Mulder (1982) *Differential psychophysiological reactivity of city bus drivers*, *Ergonomics*, 25, 1003-1011.
- Netterstrøm, Hansen (2000) *Outsourcing and stress: Physiological effects on bus drivers*, *Stress Medicine*, 16, 149-160, John Wiley & Sons, Ltd.
- Netterström, Suadicani (1993) *Self-assessed job satisfaction and ischaemic heart disease mortality: A 10-year follow-up of urban bus drivers*, *International Journal of Epidemiology*, 22, 51-56.
- Nickel, P., Nachreiner, F. (2000) *Psychometric Properties of the 0.1 Hz component of HRV as an Indicator of Mental Strain*, in IEA/HFES (eds.), “Ergonomics for the New Millenium, VOI. 2: Organizational Design and Management, Environmental Design, Education, and Training”, *Proceedings of the International Ergonomics Association 14th Triennial Congress and the Human Factors and Ergonomics Society 44th Annual Meeting*, July 30 – August 04, 200, San Diego, California, USA (2/747-2/750), HFES: Santa Monica.

- Novaco, Stokols D., Campbell, Stokols J. (1979) *Transportation, stress, and community psychology*, American Journal of Community Psychology 7:361-380.
- Ohman. A., Hugdahl, K.(1991). *Psicofisiologia dell'emozione: prospettive evoluzionistiche, apprendimento emozionale e modelli in risposte fisiologiche*. In: L. Stegagno (a cura di) *Psicofisiologia Vol II: correlati fisiologici dei processi cognitivi e del comportamento*. Bollati e Boringhieri. Torino.
- Ostell, A. *Coping problem solving and stress: A framework for intervention strategies*. British Journal of Medical Psychology, 1991, 64: 11-24.1991
- Reimann, (1980) *Investigations on the reduction of stress in drivers in regularly scheduled buses in inner city traffic*, Berlin, Germany: Berlin Technical University, Institute for Occupational Science.
- Rosengren, Andersson, Willdensen (1991) *Risk of coronary heart disease in middle-aged male bus and tram drivers compared to men in other occupations: A prospective study*, International Journal of Epidemiology, 20, 82-87.
- Rydstedt, Johansson, Evans (1998) *The Human Side of the Road: Improving the Working Conditions of Urban Bus Drivers*, Journal of Occupational Health Psychology, Vol. 3, No. 2, 161-171, Educational Publishing Foundation.
- Schneiderman, McCabe (1989) *Psychophysiologic strategies in laboratory research*, In N.
- Schneiderman, S. M. Weiss, & P. G. Kaufmarm (Eds.), *Handbook of research methods in cardiovascular behavioral medicine*. New York: Plenum.
- Selye, H.,(1950) *Stress*. Einaudi. Torino.
- Spinelli, D. (a cura di), *Psicologia dello Sport e del movimento umano*, Bologna, Zanichelli, 2002.
- Sterling, Eyer (1988) *Allostasis: A new paradigm to explain arousal pathology*, in S. Fisher & J. Reason (E, ds.), *Handbook of life stress, cognition, and health* (pp. 629-652). Chichester, England: Wiley.
- Stokols D., Novaco, Stokols J., Campbell. (1978) *Traffic congestion, Type A behaviour, and stress*, Journal of Applied Psychology 63:467-480.
- Taylor (1997) *Life in the slow lane*, Toronto Star, Agosto 25, p D1.
- Theorell, Karasek (1996) *Current issues relating to psychosocial job strain and cardiovascular disease research*, Journal of Occupational Health Psychology, 1, 9-26.
- Theorell, T. (1996). The demand-control-support model for studying health in relation to the work environment: an interactive model. In: Orth-Gomer K, Schneiderman N, editors. *Behavioral medicine approaches to cardiovascular disease prevention*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1996, pp. 69-85.

Theorell, T., Perski, A., Akerstedt, T., Sigala, F., Ahlberg-Hulten, G., Svensson, J., & Enereth, P. (1988). Changes in job strain in relation to changes in physiological state. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health* 1988; 14: 189-96.

Theorell, T., Tsutsumi, A., Hallquist, J., Reuterwall, C., Hogstedt, C., Fredlund, P., Emlund, N., & Johnson, J. V. (1998). Decision latitude, job strain, and myocardial infarction: a study of working men in Stockholm. *American Journal of Public Health* 1998; 88: 382-8.

Tice, D., Baumeister, R. *Controlling Anger: Self-induced emotion Change* In: Wegner, D., Pennebaker, J. (a cura di), *Handbook of mental control*. Vol. 5, Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall. (1993)

Tuozi G., *Gestione dell'ansia di fronte all'evento sportivo e agonistico, modalità di intervento e prevenzione*. Convegno nazionale "In sella alla vita", Bologna, 24 maggio 2004. p. 27.

Weiner, B. *Human motivation*, Newbury Park, CA, Sage. 1992

Wetherell, A. (1997) Cognitive and Psychomotor Performance Test and Experiment Design in Multiple Chemical Sensitivity, *Environ Health Perspect*, 105(Suppl 2): 495-503

Winkleby, Ragland, Fisher, Syme (1988) *Excess risk of sickness and disease in bus drivers: A review and synthesis of epidemiological studies*, *International Journal of Epidemiology*, 17, 255-262.

SECONDA PARTE

**INQUINANTI DA TRAFFICO ED EFFETTI
SULLA SALUTE DEGLI AUTISTI DI AUTOBUS**

(Azienda Usl di Bologna)

Coordinatore: Villiam Alberghini

Antonia Maria Guglielmin

Serenella Fucksia

Pasqualina Marinilli

1 Introduzione

Già nel 61 a.C. Seneca annotava la scadente qualità dell'area urbana: “Non appena mi allontanavo dall'aria pesante di Roma e dal fetore dei suoi camini che riversavano sulla città pestilenziali vapori e fuliggine, percepivo una sensazione di benessere”. Con la rivoluzione industriale per il maggior consumo di carbone e l'insediamento di fonderie e raffinerie in prossimità dei centri abitati, la qualità dell'aria respirata dalla popolazione subì un notevole peggioramento.

Ma è solo in seguito ad alcuni episodi caratterizzati da improvvisi incrementi della morbosità e della mortalità, successivi all'esposizione della popolazione generale ad alti livelli di sostanze inquinanti che l'inquinamento atmosferico ha cominciato ad essere considerato un problema di sanità pubblica.

Tra questi:

- quello del 1930 nella valle della Mosa (Belgio), un'area in cui gli insediamenti industriali erano molto numerosi (acciaierie, fonderie, vetrerie e industrie per la produzione di fertilizzanti ed esplosivi). Tra il primo e il 5 dicembre una fitta nebbia arrivò a coprire una vasta area del Belgio, il terzo giorno la densità della nube era massima e centinaia di abitanti della valle accusarono gravi disturbi respiratori. Nell'arco di 36 ore, su 14.000 residenti furono registrate 6000 richieste di soccorso e si registrò un eccesso di 17 morti rispetto a quelle attese in riferimento all'anno precedente per un totale di ben 63 morti in cinque giorni, soprattutto tra il quarto ed il quinto giorno.
- quello dell'ottobre del 1948 a Donora (Pennsylvania, USA), in cui 20 persone morirono e 7.000 soggetti, in prevalenza cardiopatici e con disturbi respiratori soffrirono gravemente gli effetti di una settimana di smog intenso con sintomi principalmente respiratori e secondariamente gastrointestinali.
- quello noto come “fenomeno della grande nebbia” (*The Great Smog of London*) del 1952 in cui morirono 4000 persone in una sola settimana. Dal 5 all'8 dicembre la mortalità aumentò di ben 2,6 volte rispetto allo stesso periodo dell'anno precedente, ed i decessi per insufficienza respiratoria, bronchite acuta e polmonite crebbero di 9,3 volte. La maggior parte dei decessi si registrò tra gli anziani, i bambini e le persone già affette da patologie respiratorie e cardiache. In quell'occasione, le concentrazioni medie giornaliere di particolato (polveri sospese) superarono i $2.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

“Lo smog arrivò ovunque. A teatro la Traviata venne interrotta dopo il primo atto perché nella sala non si vedeva nulla, la gente camminava appoggiata ai muri non solo in strada ma perfino negli ospedali. In alcuni quartieri la nebbia era talmente fitta che le autorità consigliarono ai genitori di non uscire di casa insieme ai figli, c'era il rischio di perderli”.

In tutte e tre le circostanze questi episodi acuti si verificarono in seguito ad una combinazione di eventi sfavorevoli: temperatura molto bassa e conseguente aumento del consumo di combustibili, inversione termica con ristagno degli inquinanti negli strati più bassi dell'atmosfera e nebbia.

L'aria atmosferica delle aree urbane o densamente popolate è composta principalmente da: azoto (78%), ossigeno (21%), anidride carbonica (0,2%), argon, elio neon, cripton, ma le varie attività industriali, il traffico veicolare, il riscaldamento invernale ed il condizionamento estivo vi immettono numerosi composti chimici alcuni dei quali come il benzene, l'1,3 butadiene e gli IPA sono accertati come agenti cancerogeni.

Inoltre le sostanze inquinanti sono soggette a variazioni di concentrazione spaziotemporali dovute all'interazione di diversi fattori: entità e modalità di emissione (sorgenti puntiformi o diffuse, altezza delle emissioni), condizioni meteorologiche e tempi di persistenza degli inquinanti.

La normativa italiana definisce l'inquinamento atmosferico come *“ogni modificazione della normale composizione o stato fisico dell'aria atmosferica, dovuta alla presenza nella stessa di una o più sostanze, in quantità e con caratteristiche tali da alterare le normali condizioni ambientali e di salubrità dell'aria, da costituire pericolo ovvero pregiudizio diretto o indiretto per la salute dell'uomo, da compromettere le attività ricreative e gli altri usi legittimi dell'ambiente, da alterare le risorse e gli ecosistemi ed i beni materiali pubblici e privati”* (DPR n. 203/88 Art. 2, comma 1).

2 Il danno alla salute della popolazione generale

Gli inquinanti rilasciati in atmosfera possono penetrare nell'organismo umano direttamente attraverso l'inalazione o l'assorbimento cutaneo o indirettamente attraverso il consumo di acque e cibi contaminati.

Effetto sulla salute correlato all'inquinamento è l'incremento della morbosità con aumento dei ricoveri ospedalieri e la mortalità per malattie respiratorie, cardiovascolari e tumori, soprattutto polmonari.

I vari inquinanti cui la popolazione è esposta, sono presenti contemporaneamente o comunque correlati tra loro per cui è impossibile scinderne completamente gli effetti, soprattutto per quelli cronici e cancerogeni. Inoltre vi può essere un'interazione di tipo additivo o sinergico per cui l'insieme delle sostanze presenti può dare una risposta maggiore della somma dei suoi effetti.

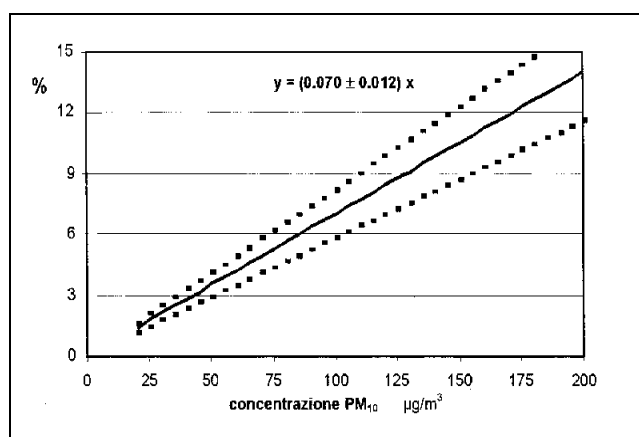
Pertanto ogni singolo inquinante si configura come indicatore ed espressione degli effetti di una miscela inquinante più complessa.

Tra gli inquinanti con più evidente effetto sulla salute, ossidi di azoto (NO_x), anidride solforosa (SO₂), monossido di carbonio (CO) e frazioni di particolato (PM₁₀ e PM_{2,5}), queste ultime sono risultate l'indicatore di qualità dell'aria più consistentemente associato con una serie di effetti avversi sulla salute (N. Künzli et al. 2000).

Numerosi studi epidemiologici hanno evidenziato una relazione lineare fra l'esposizione alle frazioni di particolato PM10 e PM2.5, e gli effetti sulla salute (Dockery et al.1993, Dockery e Pope 1994, Cohen e Pope 1995, Schwartz et al. 1996).

L'OMS stima che per ogni incremento unitario in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ giornaliero di PM 10, vi sia un incremento della mortalità nello stesso giorno pari allo 0.07% (Grafico 1).

Grafico 1 - Incremento della mortalità relativo alle concentrazioni di PM10 nell'aria (Fonte OMS)



Si è calcolato, sulla base dei dati di mortalità di 20 città statunitensi (1987-1994), che per ogni $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di concentrazione in aria di PM10 si realizza un incremento del tasso relativo di mortalità per ogni causa, pari allo 0,51% e per cause cardiovascolari e respiratorie pari allo 0,68% (Samet et al. 2000).

Diversi studi hanno messo in evidenza l'impatto dell'inquinamento atmosferico sulla salute della popolazione infantile. I risultati del progetto SIDRIA (Studi Italiani sui Disturbi Respiratori nell'Infanzia e l'Ambiente) coordinato dall'osservatorio epidemiologico della regione Lazio, su un campione di oltre 39 mila bambini (6-7 anni) e adolescenti (13-14 anni), di 10 centri del nord-entro Italia, forniscono ulteriore evidenza di un'associazione fra esposizione di lungo periodo ad inquinamento urbano e disturbi respiratori nell'infanzia, in particolare di tipo bronchitico. L'associazione risulta particolarmente evidente quando si considerano i bambini affetti da disturbi sia asmatici che bronchitici, presumibilmente in relazione ad una loro maggiore suscettibilità agli inquinanti atmosferici. Lo studio rileva inoltre una associazione tra traffico pesante e malattie o sintomi respiratori; non così per il traffico veicolare generico (Ciccione et al. 1998).

Gli effetti degli inquinanti atmosferici sulla salute umana possono essere a *breve termine* (osservabili a pochi giorni di distanza dai picchi di inquinamento) e a *lungo termine* (osservabili dopo esposizioni di lunga durata e a distanza di anni dall'inizio dell'esposizione).

Gli effetti a breve termine sono usualmente rappresentati da manifestazioni a carico delle vie respiratorie e dell'apparato cardiocircolatorio che comportano un aumento

dei ricoveri d'urgenza per tali affezioni e che, in soggetti affetti da broncopneumopatie croniche o da altre patologie cronico degenerative, possono anche condurre a morte.

Le manifestazioni a carico dell'apparato cardiovascolare (insorgenza di aritmie, aumento dell'incidenza di infarto del miocardio nei soggetti a rischio) sono sia una conseguenza della compromissione respiratoria (edema cardiaco congestizio per BPCO, polmoniti, broncospasmo) causata dalle polveri e dagli altri agenti inquinanti, che un effetto diretto prodotto su cuore e vasi dal particolato stesso. Vi sono evidenze che la frazione più sottile delle particelle inalate sarebbe chimicamente attiva ed in grado di indurre una reazione infiammatoria nel polmone, da cui si liberano mediatori capaci di alterare i fattori della coagulazione del sangue e molti parametri cardio-polmonari (Peters et al. 2001, Seaton et al. 1995), come pure sarebbe in grado di passare nel sangue solubilizzandosi e producendo radicali liberi e danno meccanico sulle pareti vasali (con induzione dell'aggregazione piastrinica, progressione e frammentazione delle lesioni aterosclerotiche), promuovendo fenomeni trombotici favorevoli l'insorgenza di eventi cardiovascolari acuti compreso l'infarto del miocardio (Nemmar 2004, Nemmar et al. 2002 (a), Nemmar et al. 2002(b)).

Molti dati epidemiologici e clinici concordano nell'evidenziare un forte incremento del numero dei decessi nello stesso giorno o nei giorni immediatamente successivi ad ogni brusco innalzamento della concentrazione di particolato (PTS) - in particolare delle frazioni più piccole (PM10, PM2,5) - e di SO₂ (Rossi et al. 1999; Schwartz J. et al. 1996; Samoli et al. 2005). Alcuni studi evidenziano un effetto sulla mortalità anche per un incremento del biossido di azoto (NO₂), dell'ossido di carbonio (CO) e dell'ozono (O₃) (Samet et al. 2000).

Una recente e rilevante meta-analisi italiana sugli effetti a breve termine degli inquinanti (SO₂, NO₂, CO, PM10, O₃) rilevati giornalmente nel periodo 1996-2002 in 15 città italiane, per un totale di 9.100.000 abitanti, è rappresentata dallo studio MISA-2 (Biggeri et al. 2005), ampliamento dello studio MISA-1 che riportava i dati di monitoraggio di solo 8 città nel periodo 1990-1999 (Biggeri et al. 2001).

I rilevamenti diretti degli inquinanti, ottenuti da una rete di centraline selezionate secondo criteri di rappresentatività dell'esposizione della popolazione generale, sono stati correlati al numero dei decessi e dei ricoveri ospedalieri non programmati.

È risultata evidente una correlazione significativa tra l'aumento dei principali inquinanti atmosferici e l'aumento della incidenza di mortalità e di morbosità per tutte le cause ed in particolare per le patologie respiratorie e cardiovascolari.

Tale eccesso di morti è statisticamente significativo e reale, cioè non solo una semplice anticipazione di decessi che si sarebbero verificati comunque.

Rispetto al picco di inquinamento, l'aumento di mortalità cardiovascolare si manifesta entro i 4 giorni, quello per cause respiratorie si protrae per almeno 10 giorni.

Gli effetti a medio e lungo termine hanno andamento cronicizzante e progressivo; in particolare rientrano in questo ambito le broncopneumopatie (bronchiti croniche, asma, enfisema), le malattie cardiocircolatorie e le neoplasie (soprattutto tumore del polmone e leucemie).

In uno studio condotto in 6 città degli Stati Uniti su oltre 8000 persone di età superiore ai 15 anni, che ha indagato la morbosità associata a diversi parametri tra cui il fumo di tabacco e l'esposizione lavorativa, è risultato un aumento di mortalità dell'8.7% per una variazione della concentrazione media pluriennale di PM10 di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ con un'eccedenza dei decessi del 26% nelle città con alte concentrazioni di particolato rispetto a quelle meno inquinate (Dockery et al. 1993).

Analogamente uno studio condotto su oltre 550.000 persone in 151 agglomerati urbani di Stati Uniti e Canada, ha evidenziato indipendentemente dagli altri fattori di rischio (fumo, attività lavorativa, condizione sociale), un aumento di mortalità soprattutto per cause respiratorie e cardiache, del 4% per ogni incremento di PM10 di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Pope et al. 1995). Integrando i risultati dei due studi si può concludere che ad un aumento di PM10 di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, la mortalità aumenta del 3-8%.

Lo studio SAPALDIA (Swiss Study on Air Pollution and Lung Diseases in Adults), esaminando 9650 adulti di 8 zone urbane e rurali di tutta la Svizzera (Leuenberger 1995 e Ackermann-Lieblich et al. 1997), ha evidenziato nei non fumatori abitanti in città con forte inquinamento (elevati livelli di NO_2 e di PM10), un maggior numero di disturbi respiratori (9% di tosse cronica ed espettorazione, 11% di dispnea), rispetto ai non fumatori abitanti in zone residenziali con inquinamento contenuto (5% di tosse cronica ed espettorazione, 5% di dispnea). Inoltre è risultata una riduzione media del 3.3% del volume polmonare in corrispondenza di un aumento della concentrazione ambientale di PM10 di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ackermann-Lieblich et al. 1997).

Mentre nelle aree inquinate rispetto a quelle con buona qualità dell'aria c'è una maggiore incidenza di casi di bronchite cronica, non si rileva un incremento di incidenza nella patologia asmatica, ciò in linea con le conoscenze attuali che reputano l'inquinamento capace di peggiorare la sintomatologia, ma non di causarne l'insorgenza.

La valutazione degli effetti a lungo termine dell'inquinamento atmosferico risulta problematica, in particolare per quanto riguarda il nesso con le patologie tumorali.

Anche se molti degli inquinanti che respiriamo sono cancerogeni e/o ipotizzati tali, le esposizioni passive ad agenti chimici cancerogeni sono molteplici e risulta quindi difficile capire quale sia il reale peso di ogni singola esposizione e in particolare la "quota" ascrivibile all'inquinamento atmosferico. L'attenzione al traffico come possibile fonte di esposizione di tipo cancerogeno deriva dagli innumerevoli studi epidemiologici di tipo descrittivo e trasversale che hanno mostrato un incremento di rischio di tumore del polmone in aree urbane rispetto ad aree rurali. Studi condotti negli Stati Uniti hanno mostrato che vivere in città caratterizzate da maggiori livelli di inquinamento è associato ad una mortalità più elevata. L'effetto è stato misurato sulla mortalità generale, e si concentra su quella per malattie cardiovascolari e respiratorie e, tra i tumori, per quella da cancro polmonare. L'effetto è a lungo termine, e probabilmente ingloba almeno una parte degli effetti a breve termine.

3 Emissione, diffusione e tipologia degli inquinanti

Ogni attività in grado di immettere inquinanti allo stato gassoso nell'atmosfera contribuisce ad alterare le caratteristiche dell'aria respirabile e le diverse fonti di emissione (traffico veicolare, sistemi di riscaldamento, centrali elettriche, impianti di incenerimento dei rifiuti, combustioni industriali e deterioramento di materiali in grado di originare polveri fini) contribuiscono diversamente alla qualità degli inquinanti.

- I trasporti determinano incremento del monossido di carbonio, dei VOC, del benzene, degli ossidi di azoto e del particolato solido (il cui rilascio è particolarmente rilevante nel caso di veicoli a motore diesel). Si ritiene che oltre il 60% degli ossidi di azoto, il 90% del monossido di carbonio ed il 75% (di cui oltre il 65% in area urbana) delle emissioni complessive di benzene su scala nazionale, sia attribuibile al traffico veicolare (Cirillo 2000).
- Gli impianti di combustione (riscaldamento e centrali di produzione di energia) incrementano i livelli di *biossido di zolfo* (la metanizzazione e la riduzione del contenuto di zolfo nei combustibili ne ha ridotto ampiamente i livelli ambientali) e degli *ossidi di azoto*.
- Gli impianti industriali influiscono soprattutto sulla concentrazione degli *idrocarburi incombusti*, dei metalli, delle *polveri* e degli *ossidi di zolfo e azoto*.

Molte attività umane, compreso l'uso di veicoli a combustione interna, emettono diossine, policlorodibenzofurani, idrocarburi policiclici aromatici (IPA), composti aromatici volatili (VOC).

Gli inquinanti direttamente emessi dalle sorgenti come gli idrocarburi incombusti, il monossido di carbonio, gli ossidi di azoto (principalmente sotto forma di monossido), l'anidride solforosa (qualora i combustibili contengano zolfo) ed il particolato sospeso, vengono definiti inquinanti primari.

A seguito dell'emissione in atmosfera, gli inquinanti primari sono soggetti a processi di trasformazione chimico-fisica "*gas to particle*" che possono portare alla formazione di inquinanti secondari (ad es. l'acido solforico), che spesso risultano più tossici e di più vasto raggio d'azione degli inquinanti originari. In presenza poi di luce solare e di alte temperature si formano composti che costituiscono il cosiddetto *smog fotochimico*. Il diverso peso delle sorgenti inquinanti dipende da diversi fattori come il posizionamento del centro urbano rispetto ai venti dominanti, le caratteristiche geografiche dell'area, la fase stagionale (temperatura-umidità), la concentrazione urbanistica, la densità degli agglomerati industriali.

Le condizioni meteorologiche sono un parametro di fondamentale importanza nel determinare la concentrazione degli inquinanti. Due sono i principali fattori atmosferici che influiscono sulla dispersione degli inquinanti: la velocità del vento e le condizioni di stabilità dell'atmosfera. Quando l'aria nella quale vengono immessi gli inquinanti è instabile e c'è vento essi si mescolano con l'aria pulita, vengono trascinati in alto dalle correnti d'aria ascensionali e dispersi alle alte quote. Quando il vento è debole o manca del tutto e quindi l'aria è immobile, gli inquinanti non possono venire dispersi e col passare delle ore e dei giorni si accumulano nei bassi

strati. In condizioni di inversione termica le situazioni di inquinamento tendono a divenire particolarmente critiche. Le città poste nelle aree geografiche caratterizzate da radiazione solare intensa e temperatura elevata (es. aree mediterranee) sono più a rischio di episodi di inquinamento fotochimico intenso, specialmente nella stagione estiva. Quelle caratterizzate da elevata piovosità e da massiccia presenza di venti hanno, a parità di emissioni di inquinanti in atmosfera, un'aria più pulita.

4 Caratteristiche dei principali inquinanti ambientali

4.1 Inquinanti convenzionali

Per inquinanti convenzionali si intendono gli inquinanti tradizionalmente indicati dal legislatore in materia di monitoraggio della qualità dell'aria e sono:

- biossido di zolfo (SO₂)
- monossido di carbonio (CO)
- biossido di azoto (NO₂)
- particolato totale sospeso (PTS)
- ozono (O₃)

4.2 Inquinanti non convenzionali

Sono definiti inquinanti non convenzionali, perché la misura della loro concentrazione nei centri urbani è abbastanza recente. Il DM 15 Aprile 1994 ha per la prima volta imposto alle città con più di 150.000 abitanti di misurare, tra gli altri, questi inquinanti che sono:

- PM10
- piombo (Pb)
- tra i composti organici volatili (COV) si distinguono metano (CH₄) e composti organici volatili non metanici (COVNM) comprendenti:
 1. benzene (C₆H₆)
 2. idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

4.2.1 Monossido di carbonio (CO)

Caratteristiche chimico fisiche

Il monossido di carbonio è un gas incolore ed inodore che si forma dalla combustione incompleta (in difetto di ossigeno) di sostanze organiche contenenti carbonio (idrocarburi presenti in carburanti e combustibili), come quelle che avvengono nei motori a scoppio dei veicoli.

Origine

Il CO presente nell'aria deriva sia da fonti naturali che antropiche. Le fonti naturali sono rappresentate dai processi di ossidazione del metano nell'atmosfera, dagli incendi delle foreste, dalle attività vulcaniche, dai gas di palude. Fra le fonti antropiche vanno annoverati tutti quei processi che bruciano carbone, petrolio, cherosene, metano, benzina (impianti di riscaldamento, processi industriali come la produzione di acciaio, ghisa e la raffinazione del petrolio, gli inceneritori, gli impianti per la produzione di energia) ed il fumo di tabacco.

La principale sorgente di CO (70-90 % delle emissioni totali) è rappresentata dai gas di scarico degli autoveicoli a benzina (stato di usura del motore, temperatura, velocità e presenza o meno di marmitta catalitica ne condizionano le quantità). Al diminuire della velocità le emissioni di CO aumentano, raggiungendo i valori più alti col motore al minimo, come avviene durante gli ingorghi nel traffico cittadino. L'apporto di emissione di CO dai motori diesel è trascurabile a causa del più elevato rapporto aria/combustibile.

Effetti sull'uomo e sull'ambiente

La sua tossicità è dovuta al fatto che, entrato in circolazione si combina con l'emoglobina con cui ha un'alta affinità (240 volte maggiore dell'O₂) formando (in luogo dell'ossiemoglobina O₂Hb), carbossiemoglobina COHb, un composto fisiologicamente inattivo e molto stabile, incapace di trasportare l'ossigeno impedendo così al sangue di trasferire l'ossigeno dai polmoni alle cellule (anossia anemica), con conseguenze dannose per il sistema nervoso e per l'apparato cardiovascolare.

Nelle persone sane non fumatrici il livello di COHb medio risulta essere compreso tra 0.5 e 1.5% sia per la produzione endogena di CO (che varia tra 0.4 e 0.7% fino a 2.5% in gravidanza), che per l'esposizione ambientale. Tale livello aumenta a seconda del lavoro svolto (es. esposizione al traffico), con il fumo (da 5 a 10%) e con l'esercizio fisico praticato all'aperto.

Gli effetti fisiopatologici variano in relazione alla percentuale di COHb nel sangue la cui concentrazione è direttamente proporzionale a quella di CO nell'aria. Vanno dalla diminuzione della vigilanza, dell'acuità visiva, della capacità di apprendimento alle alterazioni cardiovascolari e polmonari, ai deficit respiratori, fino ad arrivare a coma e morte per concentrazioni ambientali di CO superiori a 500 mg/mc. (*Tabella 1*).

Tabella 1 – Effetti acuti dell'intossicazione da Monossido di Carbonio

Concentrazione di CO nel sangue	Sintomi di intossicazione acuta
0-10%	Di solito non avvertiti, scambiati per un malessere generico
10-20%	Cefalea, dispnea, dolore toracico
20-30%	Emicrania pulsante, irritabilità, turbe visive, nausea, vomito, affaticamento, scarsa concentrazione
30-40%	Vertigini, affaticamento, processi mentali indeboliti, agitazione
40-50%	Respiro rapido, battito cardiaco accelerato, vertigini, stato confusionale
50-70%	Insufficienza respiratoria, ipotensione fino al collasso, convulsioni e coma
oltre 70%	Coma rapidamente fatale

Concentrazioni di COHb attorno all'8-10%, quali si possono avere per esposizioni ambientali attorno ai 50ppm, possono sul lungo periodo dare un'intossicazione cronica con astenia, vertigini, cefalea, maggior rischio aterogeno per l'apparato cardiocircolatorio con ipertensione arteriosa e possibile insorgenza di cardiopatia ischemica. Nel feto determina un ridotto accrescimento. Secondo le raccomandazioni della CCTN (Commissione Consultiva Tossicologica Nazionale) non dovrebbe mai essere superata una concentrazione di COHb del 4%, corrispondente ad una concentrazione di CO di 35 mg/m³ per un'esposizione di 8 ore.

Al fine di proteggere la popolazione sensibile (non fumatori, bambini, anziani, soggetti affetti da coronaropatie) viene fissato come valore da non superare 2.5% COHb. Il che corrisponde a non superare l'esposizione ambientale di 100 mg/m³ per 15 min, 60 mg/m³ per 30 minuti, 30 mg/m³ per 1 ora, 10 mg/m³ per 8 ore.

Normativa

Il D.M. 2 aprile 2002 n.60, adottando la Direttiva 00/69/CE, stabilisce dal 1/1/2005 il valore limite massimo per la protezione della salute umana sulla media delle 8 ore di 10 mg/m³.

4.2.2 Biossido di zolfo (SO₂)

Caratteristiche chimico fisiche

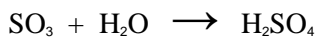
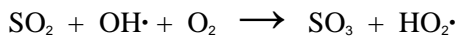
Il biossido di zolfo è un gas incolore, dall'odore pungente e irritante, non infiammabile, molto solubile in acqua.

Origine

Si forma nel processo di combustione dei combustibili fossili (carbone, olio combustibile, gasolio), per ossidazione dello zolfo presente come impurità nel petrolio grezzo.

Lo zolfo presente in atmosfera proviene per circa due terzi da fonti naturali (vulcani) e per un terzo da sorgenti antropiche. Di queste ultime le principali fonti di emissione sono legate alla produzione di energia elettrica, agli impianti termici, al riscaldamento domestico (cherosene), ai processi industriali (raffinerie di petrolio, fonderie, cokerie, industrie della carta) e al traffico veicolare (in particolare quello dovuto ai mezzi pesanti).

In atmosfera può ossidarsi ad anidride solforica e dare origine per idrolisi ad acido solforico (H_2SO_4), responsabile del fenomeno delle piogge acide.



In particolari condizioni meteorologiche ed in presenza di quote di emissioni elevate, può diffondere nell'atmosfera ed interessare territori situati anche a grandi distanze. In seguito all'adozione di nuove tecnologie nelle industrie e all'uso del metano negli impianti di combustione per uso civile, i livelli di SO_2 nell'aria urbana sono scesi.

Effetti sull'uomo e sull'ambiente

Nell'esposizione a breve termine l' SO_2 esercita i suoi effetti nocivi prevalentemente su occhi e tratto superiore delle vie respiratorie. Per la sua alta idrosolubilità, l'85% dell' SO_2 si scioglie nel muco, diventando acido solforico H_2SO_4 (con effetto irritante) e viene trattenuto dal rinofaringe. Come tale solo in minima percentuale raggiunge le zone più distali (bronchioli e alveoli), però può raggiungere gli alveoli polmonari, sui quali esercita direttamente un'azione tossica ben più grave, adeso al particolato e alle particelle liquide nelle quali viene assorbito. Gli effetti di bronco-costrizione con riduzioni del volume medio forzato in un secondo (FEV1), aumento della resistenza al passaggio dell'aria a seguito della congestione delle mucose delle vie aeree (sRAW) e brevità del respiro, si aggravano con l'aumentare del volume di aria inspirata e quindi con l'esercizio fisico intenso, evento che permette all' SO_2 di penetrare più in profondità nel tratto respiratorio. I più esposti agli effetti nocivi dell' SO_2 sono gli anziani e coloro che soffrono di patologie respiratorie croniche. Provoca crisi asmatiche, in particolare nei soggetti che già soffrono di asma bronchiale. Concentrazioni di 30-100 ppm producono faringiti, alterazioni del senso del gusto e dell'olfatto, alta acidità urinaria e senso di stanchezza.

L'esposizione cronica determina aumento delle secrezioni, bronchiti, tracheiti, polmoniti, alterazioni della funzionalità polmonare, enfisema ed incremento dei livelli di istamina nei polmoni. È stato verificato un LOEL (Lowest Observed Effect Level) per SO_2 (in presenza di TPS) di $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annua. Gli studi più recenti relativi a sorgenti industriali di SO_2 o alle mutate miscele di inquinanti urbani, hanno mostrato effetti al di sotto di questo livello. La principale difficoltà

nell'interpretazione degli studi a lungo termine è che gli effetti derivano non solo dalle condizioni attuali, ma anche dal diverso inquinamento degli anni precedenti. I valori guida per l' SO_2 sono stati definiti applicando un fattore di incertezza pari al 50% sul valore di LOEL e sulla base degli studi effettuati su soggetti asmatici esposti a SO_2 per brevi periodi. Per esposizioni acute è raccomandabile non superare il valore di $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Normativa

Il D.M. 2 aprile 2002 n.60, adottando la Direttiva 00/69/CE, stabilisce dal 1/1/2005 il valore limite massimo per la protezione della salute umana di $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per un'ora e di $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sulle 24 ore.

4.2.3 Ossidi di azoto: ossido di azoto (NO) e biossido di azoto (NO₂)

Caratteristiche chimico fisiche

Gli ossidi di azoto sono un gruppo di gas altamente reattivi che contengono azoto e ossigeno in quantità variabile. A temperatura ambiente l'NO è un gas incolore ed inodore, mentre il biossido di azoto è colore rosso bruno, di odore pungente ed altamente tossico.

Origine

Una piccola quantità di NO viene prodotto da fulmini, incendi, eruzioni vulcaniche e da alcuni batteri presenti nel suolo come Nitrosomonas e Nitrobacter, ma le emissioni da fonti antropiche rappresentano il 95% del totale e derivano sia da processi di combustione (centrali termoelettriche e riscaldamento) per un 27%, sia dal traffico autoveicolare (soprattutto motori diesel dove si raggiungono valori di pressione e temperatura molto maggiori) per un 49%, che da altri processi produttivi (produzione di acido nitrico, fertilizzanti azotati) per un 19%. L'NO si produce quando nella combustione si raggiungono alte temperature e l' O_2 dell'aria oltre al carburante brucia l'azoto. Il NO_2 si forma per ossidazione in atmosfera dell'NO. Il tempo di permanenza medio degli ossidi di azoto nell'atmosfera è molto breve (circa 3 giorni per l' NO_2 e circa 4 per l'NO) venendo presto trasformati in acidi e sostanze organiche. Sotto forma di acido nitrico intervengono nel fenomeno delle "piogge acide". Come precursori dell'ozono troposferico contribuiscono alla formazione dello smog fotochimico. I livelli naturali di biossido di azoto oscillano tra 1 e $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e le medie annuali nelle città europee non vanno oltre i $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tuttavia nelle aree urbane ad elevato traffico sono presenti livelli di concentrazione compresi fra 20 e $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Effetti sull'uomo e sull'ambiente

Il NO_2 è un gas molto irritante per le mucose (apparato respiratorio, occhi), determina infiammazione delle vie aeree, riduzione dei meccanismi di difesa polmonare

(maggiore suscettibilità alle infezioni respiratorie soprattutto negli asmatici, nei bronchiti cronici, nei bambini e negli anziani), a concentrazioni elevate può portare a bronchiti, decremento della funzionalità respiratoria, edema polmonare, enfisema e danni al sistema cardiocircolatorio. Le manifestazioni acute insorgono dopo svariate ore dalla cessazione dell'esposizione. L'azione degli ossidi di azoto si esplica anche in modo indiretto: reagiscono formando ozono e nitrati i quali si depositano sul particolato che penetrando nell'apparato respiratorio causa bronchiti e aggrava situazioni respiratorie compromesse fino a quadri di edema polmonare e decesso. Il biossido di azoto è quattro volte più tossico del monossido; a concentrazioni di circa 13 ppm procura irritazione alle mucose degli occhi e del naso, mentre l'NO può portare alla paralisi del sistema nervoso centrale delle cavie sottoposte per 12 minuti a circa 2500 ppm. I dati sperimentali indicano che nelle persone sane l'esposizione acuta a NO₂ al di sotto di 1880 µg/m³ non produce nessun effetto osservabile. Sui soggetti con malattie polmonari croniche e asmatici, che rappresentano i gruppi maggiormente a rischio, un'esposizione variabile tra 400 e 600 µg/m³ può provocare i primi effetti (modesto decremento della funzione polmonare dopo sforzo). L'OMS sulla base di questa evidenza e considerando un fattore di incertezza pari a 2, propone per l'esposizione acuta (1 ora) un margine di sicurezza del 50% circa. Pertanto il valore di attenzione per la salute umana raccomandato dall'OMS è pari a 200 µg/m³, mentre il livello di allarme è di 400 µg/m³. Non esistono dati sufficienti per stabilire una concentrazione nociva per esposizioni croniche sull'uomo. Uno studio condotto su bambini osserva alcuni effetti sull'apparato respiratorio per un'esposizione annuale a 75 µg/m³. Aumenta l'incidenza di malattie respiratorie e la suscettibilità alle infezioni polmonari. Nonostante le difficoltà nell'individuare un valore guida per esposizioni croniche viene ritenuto valido per la salvaguardia della salute delle fasce più sensibili della popolazione un valore annuale di 40 µg/m³. Oltre agli effetti dannosi sulla salute dell'uomo, gli ossidi di azoto producono danni alle piante (l'esposizione al biossido di azoto induce la comparsa di macchie sulle foglie mentre il monossido rallenta il processo di fotosintesi), riducendo la loro crescita, e contribuiscono alla acidificazione delle precipitazioni con conseguente deterioramento degli edifici e delle opere d'arte, corrosione dei metalli e scolorimento dei tessuti.

Normativa

In linea con le indicazioni OMS, il D.M. 2 aprile 2002 n. 60, adottando la Direttiva 99/30/CE, stabilisce dal 1/1/2010 un valore limite massimo per la protezione della salute umana di 200 µg/m³ per un'ora e di 40 µg/m³ come limite medio annuo.

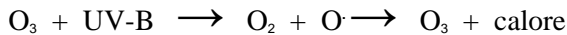
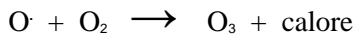
4.2.4 Ozono

Caratteristiche chimico fisiche

È un gas inodore di colore azzurro pallido. La molecola di ozono O₃ è molto reattiva, fortemente instabile ed ossidante (composta da tre atomi di ossigeno).

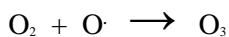
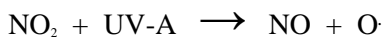
Origine

Si forma principalmente nella stratosfera (cioè ad altitudini comprese tra 15 e 50 km) per azione delle radiazioni ultraviolette sulle molecole di ossigeno O_2 .



Attraverso una reazione a catena, in cui l'ozono viene prodotto, consumato e rigenerato può continuamente assorbire le radiazioni ultraviolette UV-B (280-320 nm) dannose per le specie viventi svolgendo la sua azione protettiva di schermo.

Nella reazione si genera anche calore che riscalda la stratosfera producendo il fenomeno dell'inversione termica (le temperature che nella troposfera con l'altitudine diminuiscono, nella stratosfera aumentano). L'ozono è presente anche nella troposfera (bassa atmosfera), ma a concentrazione molto bassa a causa dell'elevata energia richiesta per la sua produzione (azione dei fulmini). A livello del terreno l'ozono O_3 è un inquinante secondario tipicamente estivo, costituente (insieme a radicali liberi, acido nitrico HNO_3 , perossidi e sostanze organiche fortemente ossidanti come i perossiacetilnitrati) lo smog fotochimico i cui valori massimi sono raggiunti nelle ore più calde della giornata. Viene originato a partire da "precursori" quali ossidi di azoto, composti organici volatili (VOC), idrocarburi incombusti emessi nell'aria dai veicoli con motore a combustione interna, (che contenendo almeno un doppio legame carbonio-carbonio $C=C$, possono formare con facilità radicali liberi), in condizioni climatiche caratterizzate da alta pressione e bassa ventilazione, (che favoriscono il ristagno e l'accumulo degli inquinanti) e da temperatura elevata e forte radiazione solare (che aumenta la concentrazione dei radicali liberi). Gli ossidi di azoto (biossido di azoto) si decompongono, reagiscono con i composti organici volatili (idrocarburi), liberano ossigeno atomico che reagisce con l'ossigeno molecolare O_2 producendo O_3 . ($NO_x + VOC + \text{luce solare} = O_3$).



Il problema dell'ozono ha la sua origine nell'ambiente urbano, dove si possono verificare episodi acuti di inquinamento. In estate (soprattutto tra le 12 e le 17), le aree urbane raggiungono livelli di ozono spesso al di sopra dei limiti normativi, ma anche nell'atmosfera non contaminata (alto mare, alta montagna) esiste una concentrazione di fondo naturale di ozono che oscilla fra i 40-80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dovuta alla tendenza dell'ozono a spostarsi con le masse d'aria anche a diversi chilometri dalla fonte creando problemi anche alla componente vegetale dell'ecosistema (assorbito dalle piante esplica un'azione dannosa sulla fotosintesi clorofilliana). Inoltre la formazione e trasformazione dell'ozono è molto rapida, gli inquinanti che costituiscono il substrato per la sua formazione, sono gli stessi che possono provocarne la rapida distruzione. Il minor inquinamento rende cioè la sostanza più stabile per cui a ridosso dei parchi e nelle periferie delle città l'ozono raggiunge i livelli di con-

centrazione più alti (aree in cui viene fatto il monitoraggio della qualità dell'aria dalle stazioni di rilevamento).

Effetti sull'uomo e sull'ambiente

Lo smog fotochimico produce sull'uomo effetti irritanti a carico degli occhi e delle vie respiratorie e predispone alle allergie respiratorie.

Nello specifico l'ozono presenta nei confronti dell'uomo un'elevata tossicità e potenza gli effetti nocivi di altri inquinanti atmosferici come idrocarburi, polveri, piombo e biossido di azoto.

Gli effetti acuti (proporzionali alla concentrazione e durata di esposizione) sono caratterizzati da irritazione delle mucose (occhi, apparato respiratorio), secchezza di naso e gola, faringiti, bronchiti, tosse, respiro corto, cefalea e, a seguito di respiri profondi, come durante l'esercizio fisico praticato all'aria aperta, dolori toracici. Sono soggetti a rischio coloro che praticano attività fisica nei mesi estivi, specialmente nelle ore centrali della giornata, quando l'irraggiamento solare è più elevato. La definizione di standards per la concentrazione di ozono nell'aria risulta complicata in quanto, gli effetti dell'ozono sono caratterizzati da grandi differenze individuali. All'aumentare della concentrazione di ozono aumenta il numero di persone colpite e l'intensità della sintomatologia. Nei soggetti più vulnerabili alcuni effetti possono manifestarsi già ai livelli di fondo di questo inquinante. Non è quindi possibile basarsi su una concentrazione alla quale non si manifestano effetti. Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS, 1987) se la concentrazione dell'ozono nell'aria raggiunge i $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, (esposizioni a concentrazioni di circa $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per 8 ore e $360 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per un'ora) nei soggetti più sensibili che praticano un'attività fisica all'aperto la funzione respiratoria diminuisce in media del 10% (limite per la definizione di effetto clinico). Gli effetti dovuti all'esposizione ad ozono sono reversibili con il decrescere della concentrazione di inquinante: adulti sani esposti a concentrazioni molto elevate di ozono ($4000 \mu\text{g}/\text{m}^3$) manifestano congestione polmonare che cessa quando la concentrazione dell'inquinante scende a $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Si ritiene che un'esposizione cronica ad elevati livelli di ozono causi fibrosi ed un prematuro invecchiamento del tessuto polmonare. A livello molecolare infatti, l' O_3 attacca facilmente le sostanze contenenti doppi legami carbonio-carbonio, $\text{C}=\text{C}$, come per esempio gli acidi grassi delle membrane cellulari. L'ozono si concentra prevalentemente nei tessuti della parte terminale dell'albero respiratorio tra bronchioli e alveoli, ove esercita la sua intensa azione ossidante; passando nel sangue solo in minima quantità. Tra gli effetti cronici l'ozono può aggravare i disturbi respiratori dei soggetti con patologie respiratorie aumentando la frequenza degli attacchi asmatici e la suscettibilità alle infezioni respiratorie. Il deficit della funzione respiratoria può predisporre ad una reazione flogistica del tessuto polmonare, che a lungo termine, può portare ad una precoce insufficienza polmonare o influire sul decorso di malattie respiratorie già in atto. Per le esposizioni croniche non esistono dati sufficienti per determinare un valore soglia tale da garantire una protezione per la salute pubblica.

Normativa

Il D.Lgs 21 maggio 2004 n.183, seguendo la Direttiva 2002/03/CE, pone dall'1/1/2010 come valore bersaglio per la protezione della salute umana sulle 8 ore $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, (valore del 30% inferiore rispetto a quello che nei soggetti più vulnerabili determina i primi effetti reversibili sull'apparato respiratorio).

4.2.5 Idrocarburi non metanici (NMHC)

Caratteristiche chimico fisiche

Includono un vasto gruppo di sostanze che esposte all'aria passano rapidamente dallo stato liquido a quello gassoso. I principali composti sono gli idrocarburi alifatici, aromatici (benzene, toluene, xileni) e ossigenati (aldeidi, chetoni). Nelle aree urbane la loro concentrazione in atmosfera è direttamente correlabile al traffico veicolare. Rappresentano un indicatore "grezzo", che può dare maggiori informazioni se vengono identificati i componenti chimici specifici che lo costituiscono. Assieme agli ossidi di azoto, costituiscono i "precursori" dell'ozono troposferico.

Origine

Tali composti derivano da fenomeni di evaporazione delle benzine (vani motore e serbatoi), dai gas di scarico veicolari (per combustione incompleta dei carburanti) e, in particolari zone industriali, dallo stoccaggio e movimentazione di prodotti petroliferi.

Effetti sull'uomo e sull'ambiente

Gli effetti sulla salute umana sono molto differenziati in funzione del tipo di composto. Alcuni di essi come il benzene, sono cancerogeni.

4.2.6 BTX (Benzene, Toluene e Xileni)

Nelle benzine sono presenti, insieme al benzene, anche toluene e xilene (con i suoi tre isomeri orto, meta, para): questi composti sono indicati collettivamente con la sigla BTX e sono tutti composti volatili con buone proprietà solventi. Studi tossicocinetici nell'uomo e negli animali indicano che questi composti altamente lipofili, sono bene assorbiti, si distribuiscono a cervello, midollo osseo e tessuto adiposo e sono rapidamente eliminati. I BTX possono produrre danni neurologici attraverso alterazioni chimico-fisiche nelle membrane del sistema nervoso. A differenza del benzene, toluene, etilbenzene e xilene non sono cancerogeni, ma svolgono un'azione depressiva sul sistema nervoso centrale con azione euforizzante ed anestetica. Il toluene è teratogeno in gravidanza.

4.2.7 Benzene

Caratteristiche chimico fisiche

Il benzene (C₆H₆) è l'idrocarburo aromatico a minor peso molecolare. Molto volatile, poco solubile, stabile nell'atmosfera. È il più tossico tra gli omologhi superiori per la sua provata mutagenicità e cancerogenicità.

Origine

Il benzene è presente nel petrolio greggio e quindi è un componente naturale delle benzine (con e senza piombo). Inoltre si produce durante la combustione a partire soprattutto da altri idrocarburi aromatici.

La maggior fonte di esposizione per la popolazione deriva dai gas di scarico degli autoveicoli alimentati a benzina (più del 70% del totale delle emissioni di benzene), principalmente auto e ciclomotori sia a causa della frazione di carburante incombusto, sia a causa della degradazione di altri idrocarburi aromatici presenti nelle benzine. Quote aggiuntive derivano dall'evaporazione dai vani motore (per auto a carburatori), da serbatoi, da impianti di stoccaggio e distribuzione di carburanti (raffinerie di petrolio, oli minerali e loro derivati). In relazione all'esposizione umana ed ai livelli indoor, è rilevante il contributo del fumo di tabacco. I fumatori (20 sigarette/die) inalano una quantità giornaliera di benzene pari a circa 5 volte quella assorbita con l'aria ambiente, mentre chi vive in ambienti con fumatori può esserne esposto fino a 2,5 volte. All'inquinamento da benzene indoor contribuisce l'uso di prodotti di consumo domestico, mentre tra le fonti naturali hanno un ruolo le attività vulcaniche.

Effetti sull'uomo e sull'ambiente

Penetra nell'organismo attraverso la cute ma soprattutto per inalazione; dai polmoni una percentuale compresa tra il 28 e il 50% può passare nel sangue.

Il Benzene è una sostanza bioaccumulabile nei tessuti contenenti lipidi e nel midollo osseo. Presenta tossicità per le cellule del sistema emolinfopoietico e per il sistema nervoso. È genotossico, mielotossico, leucemogeno, clastogeno. La IARC (Agenzia per la Ricerca sul Cancro dell'OMS) (International Agency for Research on Cancer) lo ha inserito dal 1982 in Classe 1 (cancerogeno certo per l'uomo).

Per il processo di cancerogenesi appare importante la formazione di legami covalenti tra idrochinone e altri intermedi reattivi generati nel metabolismo del benzene e basi azotate del DNA. L'evidenza epidemiologica, numerosi reports clinici e studi citogenetici indicano una stretta correlazione tra esposizione a benzene e leucemia mieloide acuta. La cancerogenicità è confermata in studi sperimentali su animali ed è documentata in studi epidemiologici sull'uomo. Per leucemie e linfomi il confronto tra lavoratori esposti/non esposti ad elevate dosi evidenzia un R.R. di 5,6 – 7,5. I bambini sono più suscettibili rispetto al "lavoratore sano" in quanto hanno maggiori volumi respiratori per unità di peso e presentano una immaturità e una maggiore attività del sistema emopoietico. Sul rapporto tra leucemia infantile ed

inquinamento da traffico alcuni studi sembrano evidenziare un incremento del rischio. Gli effetti tossici acuti e cronici del benzene, compresa l'evidenza epidemiologica del rischio cancerogeno associato ad esso, si registrano solo per valori di esposizione dell'ordine di mg/m^3 , ma essendo il benzene mutageno e cancerogeno l'assenza di rischio si può avere solo ad esposizione zero. Per tale ragione nel caso del benzene gli standard di riferimento di qualità dell'aria non esprimono un valore di concentrazione protettivo per la popolazione, ma la stima del Rischio Unitario, (*U.R. Unit Risk = rischio addizionale di sviluppare un tumore nel tempo vita, all'interno di una ipotetica popolazione, nella quale tutti gli individui sono esposti continuamente alla concentrazione di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di sostanza cancerogena nell'aria respirata*), che, data la difficoltà nel calcolare gli effetti per esposizioni a bassissime dosi come avviene in ambito urbano, viene estrapolata tramite ricorso a modelli matematici. Conoscendo le stime di rischio unitario ed i livelli di esposizione della popolazione per gli specifici inquinanti, si possono stimare i casi di cancro attribuibili a ciascuna sostanza. Per la definizione di standard di qualità per l'aria, di regola si considerano accettabili valori di esposizione che comportino un rischio di 1 caso su 100.000 o 1 caso su 1.000.000. Per il benzene il rischio cancerogeno è espresso come probabilità di contrarre una leucemia in relazione con l'esposizione, per l'intera durata della vita (lifetime) di 75 anni, a $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di benzene ed è stato stimato dall' U.S. EPA, (United States Environmental Protection Agency) nel 2002 in 2.9×10^{-5} e dall'OMS nel 2000 in 6×10^{-6} . Applicando questa probabilità di rischio per il benzene ai valori di esposizione ammessi dalla normativa attuale di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ed assumendo che tale valore si mantenga per l'intera durata della vita (lifetime) di 75 anni, i casi di leucemia potenzialmente attribuibili al benzene sarebbero circa 10.

Normativa

L'attenzione all'inquinamento urbano da benzene ha fatto seguito all'abolizione del piombo tetraetile come antidetonante. Nella prima fase della diffusione delle benzine verdi è stato infatti necessario produrre benzine con livelli più elevati di benzene per aumentare il numero di ottani. La legge 413 del 4/11/97, in vigore dal 1/7/1998, fissa il tenore massimo di idrocarburi aromatici totali e di benzene contenuti nelle benzine "verdi" rispettivamente in 40% e 1% in volume.

Il D.M. 2 aprile 2002 n. 60 recepisce la Direttiva 00/69/CE e stabilisce il valore limite per la protezione della salute umana, pari a $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annua, da raggiungere entro l'1/1/2010. Contemporaneamente lo stesso DM prevede un margine di tolleranza di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (che riporta attualmente il valore limite a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di media annuale stabilito come valore obiettivo dal D.M. del 25 novembre 1994), ma solo fino al 31 dicembre 2005. Dal primo gennaio 2006, e successivamente ogni 12 mesi, il limite di tolleranza viene progressivamente ridotto secondo una percentuale costante fino al suo annullamento al primo gennaio 2010.

4.2.8 Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Caratteristiche chimico fisiche

Gli IPA sono rappresentati da una classe numerosa di composti organici, tutti caratterizzati da una struttura ad anelli aromatici condensati. In relazione al numero degli anelli aromatici contenuti, possono essere presenti a temperatura ambiente sia in forma gassosa, (anche adsorbita al particolato fine che funziona da veicolo di trasporto) (IPA da 3 a 5 anelli) oppure in forma solida (IPA da cinque o più anelli).

Origine

Si trovano nel carbone e nei derivati del petrolio. Gli IPA derivano dai processi di combustione incompleta di numerose sostanze organiche. Le principali sorgenti sono individuabili nelle emissioni veicolari soprattutto da motori diesel, nelle centrali termiche alimentate con combustibili solidi e liquidi pesanti e in alcune attività industriali (cokerie, produzione e lavorazione grafite, trattamento del carbon fossile, inceneritori). L'emissione aumenta quando la combustione non è ottimale. Si trovano anche nel fumo di tabacco ed in alcuni alimenti (cibi grigliati, sottoposti a tostatura, affumicatura).

Effetti sull'uomo e sull'ambiente

L'assorbimento per via respiratoria è facilitato dalla loro adesione al particolato fine per mezzo del quale riesce a raggiungere gli alveoli direttamente. Il composto più studiato e rilevato è il Benzo(a)Pirene (BaP), che ha una struttura con cinque anelli condensati. Gli effetti evidenziati in studi sperimentali su animali sono l'immunosensibilità, la genotossicità, la carcinogenicità, la tossicità riproduttiva; è stata anche accertata la possibilità di favorire lo sviluppo dell'aterosclerosi (OMS 1996). Studi epidemiologici su lavoratori esposti ha evidenziato una correlazione positiva tra inalazione di IPA e tumore del polmone. L'azione cancerogena sull'apparato digerente è meno nota anche se probabilmente la quota di IPA ingerita con gli alimenti è superiore a quella inalata. La frazione di IPA più implicata nello sviluppo del tumore è quella caratterizzata da 3 a 7 anelli aromatici; secondo la IARC sono probabili cancerogeni per l'uomo il benzo(a)pirene, il benz(a)antracene e il dibenz(a,h)antracene; mentre sono possibili cancerogeni il benzo(b)fluorantene, il benzo(k)fluorantene e l'indeno(1,2,3-c,d)pirene. In particolare, il BaP è incluso nel gruppo 2A dei probabili cancerogeni per l'uomo (dati inadeguati per l'uomo, sufficiente evidenza negli animali) (IARC, 1987) con un U.R. per il tumore polmonare di 8.7×10^{-2} . Azione mutagena ancora più energica è stata mostrata dai nitroderivati degli IPA, in particolare i nitroareni ed i nitroarillattoni, che sono trasportati dal particolato fine aerodisperso. Associati alle particelle fini di particolato, penetrano nella regione alveolare dell'apparato respiratorio.

Normativa

Il Decreto Ministeriale del 25/11/1994 fissa come obiettivo di qualità per gli IPA il valore giornaliero medio annuale di 1 ng/m^3 con riferimento al benzo(a)pirene. Infatti il benzo(a)pirene è l'idrocarburo policiclico aromatico individuato da tale decreto quale inquinante prioritario più rappresentativo della sua classe e buon indicatore sia del livello ambientale degli IPA che del potenziale cancerogeno degli IPA totali cioè del contenuto di IPA ad attività cancerogena.

4.2.9 Polveri (PTS, PM10, PM2.5, PM1)

Caratteristiche chimico fisiche

Il PTS (particolato sospeso totale) è costituito da un'enorme varietà di sostanze organiche (fibre animali e vegetali, pollini, batteri, spore) e inorganiche (sostanze silicee, ossidi e sali di metalli pesanti (*Pb, Cd, Zn, Al*), fibre di amianto, composti solfati e azotati, acidi (*acido nitrico, solforico, cloridrico*), basi (*ammoniacca*), idrocarburi policiclici, fuliggine, polveri di carbone e di catrame) a diversa composizione chimica ed in fase sia solida che liquida. Le polveri o particolato (Particulate Matter) consistono in particelle solide e liquide di diametro variabile fra $100 \mu\text{m}$ e $0.1 \mu\text{m}$ sospese nell'aria e finemente disperse con una velocità di ricaduta inferiore ai 10 cm/sec . Possono essere allontanate dall'aria per deposizione o per assorbimento nelle goccioline di pioggia. Le particelle più grossolane si formano per azione meccanica da processi a bassa temperatura (sali marini, risospensione di terra per azione di vento, traffico, attività agricole, cantieri) o alta temperatura (ceneri industriali), quelle fini derivano principalmente da processi di combustione o da processi chimici di conversione (inquinanti secondari). Sotto il profilo sanitario è importante il diverso comportamento in aria delle particelle in funzione del loro diametro aerodinamico, inteso come il diametro di una particella sferica e di densità unitaria che ha un comportamento, uguale a quello della particella in esame. Il diametro aerodinamico è un parametro che oltre alle dimensioni geometriche tiene conto della densità e peso delle particelle. Quanto più dimensioni geometriche, densità e quindi peso della particella che considero, saranno grandi, tanto più la velocità di sedimentazione sarà maggiore e quindi il tragitto percorso da questa più breve. Nel particolato sospeso totale PTS si distingue una frazione di particelle con diametro aerodinamico $<10 \mu\text{m}$ (PM10) ulteriormente suddivisa in:

- frazione *coarse* di diametro compreso tra $2.5-10 \mu\text{m}$ (frazione che ha la caratteristica di sedimentare abbastanza rapidamente rispetto alla fonte di emissione e quindi derivante essenzialmente da sorgenti locali).
- frazione *fine* con diametro $<2.5 \mu\text{m}$ (PM 2.5) (che rimane sospesa nell'aria per giorni o settimane, diffondendo piuttosto uniformemente, per cui poco indicativa delle sorgenti di emissione). In tale ambito si distingue una frazione *ultra-fine*: di diametro compreso tra $0.01-0.1 \mu\text{m}$

I rapporti percentuali tra le diverse frazioni sono i seguenti:

- PM10/PTS~0,8 (80%)
- PM2,5/PM10~0,5 (50%)

Origine

Il materiale particolato è una miscela di particelle di grandezza e composizione chimica variabile da luogo a luogo in relazione alle caratteristiche delle fonti di emissione dominanti.

Le fonti di particolato atmosferico possono essere naturali (emissioni da vulcani o erosione del suolo e degli edifici per fenomeni meteorologici) o antropogeniche (traffico veicolare, riscaldamento domestico, centrali termoelettriche, processi industriali, inceneritori di rifiuti solidi urbani) sia dirette (sostanze incombuste da motori diesel, emissioni industriali, impianti termici), che indirette (trasformazioni chimiche dei gas aerodispersi per reazioni con la luce solare e con il vapor acqueo). Nell'aria urbana più dell'80% del PM10 è formato da agglomerati di composti organici, prodotti per condensazione o sublimazione dei composti gassosi più pesanti emessi dai processi di combustione.

Il traffico urbano contribuisce all'inquinamento dell'aria da particolato (PM10) per il 70% sia con le emissioni dei gas di scarico e le esalazioni dai vari motori dei veicoli, che attraverso la lenta usura e polverizzazione di freni, pneumatici e manto stradale per effetto del loro movimento. I veicoli diesel producono la maggior quantità di particolato che può essere dedotto dal calcolo del rapporto NO₂/PM10. Si stima che a parità di percorso effettuato, un motore eco-diesel emetta particolato fine quanto 10 motori a benzina catalizzati ed un motore non eco-diesel quanto 40 eco-diesel.

Effetti sull'uomo e sull'ambiente

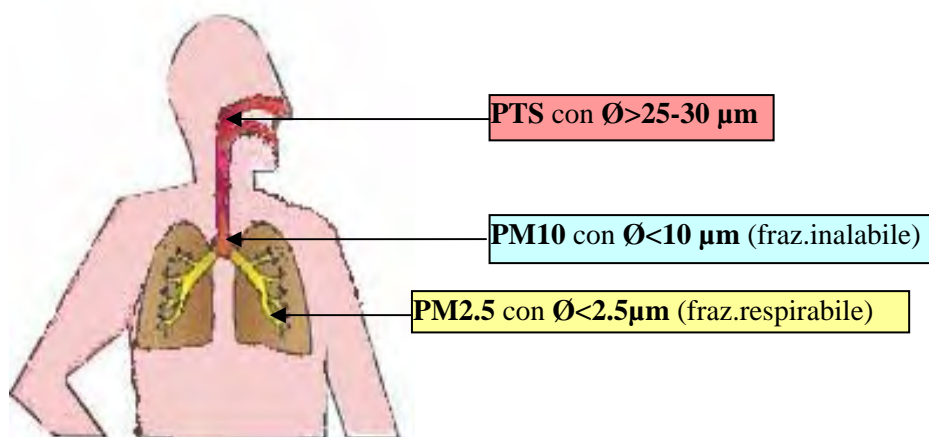
Alla diversa granulometria, concentrazione numerica, composizione chimica e solubilità del particolato, corrispondono effetti diversi, in relazione sia alla diversa reattività ed interazione con le strutture biologiche che alla diversa deposizione nell'apparato respiratorio, da cui dipende l'effettiva dose di esposizione.

La pericolosità del particolato cresce col diminuire delle dimensioni del particolato stesso, e quindi con la capacità di penetrare nell'apparato respiratorio.

La dimensione delle particelle è inversamente proporzionale all'efficienza di deposizione totale e alla ritenzione polmonare, con una chiara tendenza delle particelle più piccole a raggiungere livelli elevati di deposizione periferica.

L'impatto si ha quando la velocità delle particelle si annulla per effetto delle forze di resistenza inerziale alla velocità di trascinamento dell'aria, che decresce dal naso sino agli alveoli. Procedendo dal naso o dalla bocca attraverso il tratto tracheo-bronchiale sino agli alveoli, diminuisce il diametro delle particelle che penetrano e si depositano. Approssimativamente le particelle totali sospese (PTS) con diametro superiore a 25-30 µm vengono trattenute nella parte alta delle vie respiratorie (naso, gola) ed espulse dai meccanismi di clearance mucociliare o mediante il riflesso della tosse, quelle con diametro inferiore ai 10 µm (PM10 cioè frazione toracica)

raggiungono il tratto tracheo-bronchiale e da questo possono esserne allontanate con gli stessi meccanismi delle precedenti, quelle con diametro intorno e inferiore ai $2,5 \mu\text{m}$ (PM_{2,5} cioè frazione respirabile) si depositano negli alveoli dai quali vengono eliminate in modo meno rapido e completo mediante meccanismi immunologici (attività macrofagica e IgA secretorie), permettendo il loro assorbimento nel sangue. Quelle con diametro attorno ad $1\mu\text{m}$ sono le più nocive, perché si fISSANO agli alveoli, quelle ancora più piccole tendono ad essere espulse con l'aria espirata. Alcuni studi indicano le frazioni di PM 2.5 e 0.5 come quelle più rilevanti ai fini sanitari (Vedal 1997).



Il numero di particelle risulta un fattore molto importante nell'induzione dei possibili effetti biologici. L'ipotesi di questo possibile meccanismo d'azione si basa sulla considerazione che, a parità di massa, le particelle più fini presentano un'area superficiale più estesa (Peters et al.1997).

Le particelle inalate possono essere espirate o depositarsi in qualche tratto dell'apparato respiratorio svolgendo, in rapporto alle loro caratteristiche fisiche e chimiche una diversa azione tossica.

Se le particelle depositate sono liquide o solubili possono essere assorbite dai tessuti in qualsiasi punto in cui si depositano e provocare eventualmente un danno attorno a tale punto.

Se invece sono insolubili possono essere trasportate, in base alle loro dimensioni, verso altre parti del tratto respiratorio o del corpo, dove possono essere assorbite o provocare un danno biologico.

Fondamentale risulta la composizione del particolato in relazione alla capacità di assorbire sulla sua superficie sostanze tossiche, quali metalli pesanti, idrocarburi policiclici aromatici, acidi, solfati.

L'azione nociva del particolato è in parte dovuta all'azione diretta sulla mucosa dell'albero respiratorio e sugli alveoli, in parte è indiretta e conseguente alla natura delle sostanze adsorbite.

Gli effetti sulla salute di tipo acuto si manifestano nella popolazione nei giorni in cui la concentrazione degli inquinanti è più elevata e sono rappresentati da tosse, infezioni respiratorie acute, crisi di asma bronchiale, aumento della frequenza cardiaca, aggravamento di sintomi respiratori e cardiaci in soggetti predisposti, riacutizzazione di patologie respiratorie e disturbi circolatori e ischemici.

Gli effetti di tipo cronico si presentano in conseguenza di un'esposizione di lungo periodo e sono caratterizzati da un aumento della mortalità generale e della morbidità in particolare con sintomi respiratori cronici, diminuzione della capacità polmonare, bronchite cronica.

Nelle tabelle seguenti (*Tabella 2 e 3*) si può osservare la sostanziale concordanza tra la stima degli effetti sanitari acuti e cronici del PM10 fatta dall'OMS nel 2000 e dalla Commissione Federale per l'Igiene dell'Aria CFIA/EKL nel 1996.

Tabella 2 - Incremento percentuale degli effetti sulla salute a breve termine e lungo termine all'aumentare di 10 µg/m³ di PM10 (da Linee guida sulla qualità dell'aria OMS 2000)

Effetti acuti	Incremento %
Uso di bronco dilatatori	3 (I.C.2-4)
Tosse	3 (I.C.3-5)
Sintomi delle basse vie respiratorie	3 (I.C.1,8-4,6)
Diminuzione della funzione polmonare negli adulti rispetto alla media (picco espiratorio)	-13 (I.C.-0,17 a 0,09)
Aumento dei ricoveri ospedalieri per malattie respiratorie	0,8 (I.C.0,5-1,1)
Aumento della mortalità giornaliera totale (escluse morti accidentali)	0,7 (I.C.0,6-0,9)
Effetti cronici	Incremento %
Aumento complessivo della mortalità (escluse morti accidentali)	10 (I.C.3-18)
Bronchiti	29 (I.C.1-83)
Diminuzione della funzione polmonare nei bambini rispetto alla media (picco espiratorio)	- 1,2 (I.C.-2,3 a 0,1)
Diminuzione della funzione polmonare negli adulti rispetto alla media (picco espiratorio)	- 1 (I.C.non valutabile)

Tabella 3 - Incremento degli effetti sulla salute a breve termine e lungo termine per un aumento di 10 µg/m³ di PM10 (dal Rapporto CFIA/EKL 1996 per l'UFAFP/BUWAL)

Effetti acuti		Effetti cronici	
Aumento attacchi di asma in soggetti asmatici	5%	Aumento della mortalità complessiva	3-8%
Aumento mortalità giornaliera totale (escluse le morti accidentali)	0,5-1%	Aumento della bronchite acuta nei bambini nell'anno precedente	35%
Aumento mortalità giornaliera per malattie respiratorie	3-4%	Aumento dell'incidenza di bronchite cronica negli adulti	25%
Aumento mortalità giornaliera per malattie cardiocircolatorie	1-2%	Aumento della tosse e dell'espettorazione negli adulti	13%
Aumento dei ricoveri ospedalieri per malattie respiratorie	1,5-2%	Aumento dei disturbi alle vie respiratorie nei bambini	54%
Aumento dei ricoveri ospedalieri per malattie cardiocircolatorie	0,5-1%	Diminuzione della funzione polmonare negli adulti	3%
Aumento assenze dal lavoro	10%		

Normativa di riferimento

Il D.M. 2 aprile 2002 n. 60, adottando la direttiva 1999/30/CE del 22 aprile 1999, stabilisce per il PM10 che dal 1/1/2005:

- il valore limite giornaliero da non superare è di 50 µg/m³.
- tale valore potrà essere superato non più di 35 volte all'anno (7 volte dal 2010).
- il valore limite medio annuale è di 40 µg/m³ (20 µg/m³ dal 2010).

5 Stima dell'esposizione dei lavoratori ad inquinanti da traffico. L'esposizione degli autisti di autobus

Per una buona parte di inquinanti da traffico (SO₂, NO₂, CO, PM10, O₃), come è noto, esiste nelle nostre città una rete di monitoraggio, con rilevazione quotidiana delle loro concentrazioni in aria, che consente di definire quale sia la qualità dell'aria che respiriamo. Tali livelli di concentrazione sono alla base dei vari provvedimenti decisionali volti a contenerne i valori ai fini della salvaguardia della salute pubblica e dell'ambiente.

Tale dato spesso non è però espressione né della reale esposizione della popolazione, in quanto dato medio influenzato dalle condizioni climatiche, dalle caratteristiche del sito in cui avviene la misura (ad esempio luogo aperto, strada stretta del centro cittadino...), né, tanto meno, della esposizione di particolari categorie di la-

voratori, come ad esempio i vigili urbani o gli accertatori della sosta, che a causa della loro attività lavorativa rimangono in strada a lungo.

Diverso ancora sembra essere il caso dei conducenti di automezzi per i quali si è studiato l'eventuale effetto di concentrazione degli inquinanti che si può realizzare all'interno del veicolo, comparando dati di esposizione personale con i dati rilevati dalle centraline.

Come è noto l'entità dell'esposizione di un lavoratore ad una particolare sostanza è funzione della sua concentrazione nell'aria respirata e della durata dell'esposizione, mentre la possibilità che si venga ad esercitare un effetto sulla salute è in relazione alla quota che viene effettivamente assorbita ed è in grado di esercitare i propri effetti a livello degli organi bersaglio.

Mentre sono numerosi gli studi volti ad indagare le concentrazioni degli inquinanti nei centri urbani e la loro correlazione con gli effetti sulla salute della popolazione generale, diversamente sono proporzionalmente pochi gli studi che hanno indagato, con strategie di misurazione talora diverse e quindi anche difficilmente confrontabili, i livelli di esposizione degli autisti - di automobili, di taxi, di autobus, di camion - ai diversi inquinanti, scelti in ogni singolo studio come quelli importanti da valutare in relazione ai possibili effetti, alla loro maggiore/minore presenza o al tipo di carburante utilizzato dal veicolo.

In generale si rileva che:

- La concentrazione degli inquinanti all'interno dei veicoli ha una forte variabilità stagionale imputabile anche all'apertura o meno dei finestrini e all'uso dell'aria condizionata.
- La concentrazione degli inquinanti, se rapportata a quella esterna rilevata dalle centraline, è maggiore nelle automobili e leggermente maggiore o uguale, a seconda della tipologia degli inquinanti, negli autobus e nei camion. Questo sembra sia da imputarsi alla diversa ubicazione delle sonde di rilevazione ed alla diversa altezza dei veicoli rispetto al manto stradale.
- Nel caso del particolato, la maggiore concentrazione rilevabile all'interno dei mezzi sembra essere anche attribuibile all'azione di risospensione delle particelle dal manto stradale operata dal passaggio dei mezzi ed al loro ingresso nel veicolo attraverso i sistemi di captazione dell'aria dall'esterno, usualmente privi di filtri.
- I livelli individuali di esposizione dei soggetti addetti alla guida sono considerevolmente cambiati nel tempo e si sono in taluni casi ridotti in maniera significativa, in relazione alle modifiche di composizione dei carburanti, allo sviluppo costante della tecnologia dei motori per autotrazione ed all'adozione di misure legislative atte al contenimento dell'inquinamento urbano.
- La sostituzione della benzina super con quella verde, ha determinato un'evidente riduzione del contenuto di piombo nelle polveri sospese, mentre l'introduzione del limite dell'1% del tenore di benzene nelle benzine, ha fatto

diminuire progressivamente la concentrazione di benzene. Inoltre si è osservata una notevole riduzione delle concentrazioni del biossido di zolfo causata dalla sua diminuzione nei combustibili liquidi o solidi e dalla ampia diffusione sul mercato energetico del metano.

- Il trattamento dei gas esausti (CO, NO_x, HC non completamente combustibili) mediante convertitori catalitici a tre vie e l'aumento delle auto catalizzate nel parco circolante, ha comportato un netto calo delle concentrazioni di monossido di carbonio, ossidi di azoto, benzene ed aromatici.

Un aspetto che deve essere considerato nella lettura dei dati di esposizione dei lavoratori è quello del confronto con standard che ne consentano la definizione in termini di entità e di rischio per la salute.

I limiti di concentrazione maggiormente utilizzati nella valutazione dell'esposizione ad inquinanti chimici nei luoghi di lavoro sono i TLV, valori limite di soglia della ACGIH, da utilizzarsi come "orientamenti o raccomandazioni per la prevenzione dei rischi e per la salute nell'ambiente di lavoro" che per la stessa definizione data dalla organizzazione "indicano, per ognuna delle sostanze elencate le concentrazioni delle sostanze aerodisperse al di sotto delle quali si ritiene che la maggior parte dei lavoratori possa rimanere esposta ripetutamente giorno dopo giorno senza effetti negativi per la salute" (*Consiglio Direttivo ACGIH, marzo 1988*). Nella valutazione deve essere comunque tenuta in considerazione la possibile presenza di una particolare suscettibilità individuale o idiosincrasia.

In realtà, come anche osservato negli articoli che valutano l'esposizione di particolari categorie di lavoratori ad inquinanti da traffico urbano, tali limiti mal si prestano ad operare in una situazione espositiva sensibilmente diversa da quella propria dei locali chiusi di lavoro, nei quali l'esposizione a sostanze chimiche può essere legata anche al loro utilizzo diretto in produzione, in quantità spesso significative.

Può essere nel nostro caso più utile fare riferimento a quelli che sono i valori di protezione definiti per la popolazione generale e nel caso specifico dei conducenti, anche a quelli riferiti all'ambiente indoor.

Un possibile riferimento è rappresentato dai "National Ambient Air Quality Standards (NAAQS)" stabiliti dall'Agenzia per la protezione dell'Ambiente statunitense (EPA). Tale Agenzia, istituita con l'emendamento "The Clean Air Act" del 1970, ha la responsabilità di proteggere la popolazione dai rischi derivanti dall'inquinamento atmosferico esterno ed è incaricata di definire gli standards per gli inquinanti considerati pericolosi per la salute pubblica e per l'ambiente. Attualmente l'EPA propone i seguenti standard di riferimento (*Tabella 4*).

Tabella 4 - The Clear Air Act (da URL: <http://www.epa.gov/air/criteria.html>. Last updated on Friday, October 1st, 2004)

Il Clean Air Act ha stabilito due tipi di standard nazionali di qualità dell'aria. I **Primary standards** limiti definiti per la protezione della salute pubblica, inclusa la salute della popolazione "sensibile" come gli asmatici, i bambini e gli anziani ed i **Secondary standards** limiti definiti per la protezione del benessere pubblico, inclusi la protezione contro la riduzione della visibilità, il danno agli animali, ai raccolti, alla vegetazione ed agli edifici. L'ufficio dell' EPA denominato "Office of Air Quality Planning and Standards (OAQPS)" ha definito gli Standard Nazionali di qualità dell'aria ambientale per sei principali inquinanti che sono chiamati "criteri" pollutants. Essi sono riportati nella tabella sottostante. L'unità di misura adottata è quella di parti per milione su volume (ppm), milligrammi per metro cubo di aria (mg/m^3), e microgrammi per metro cubo di aria ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

National Ambient Air Quality Standards

Inquinante	Primary Stds.	Tempi di ponderazione	Secondary Stds.
Monossido di carbonio	9 ppm ($10 \text{ mg}/\text{m}^3$)	8 ore ¹	Nessuno
	35 ppm ($40 \text{ mg}/\text{m}^3$)	1 ora ¹	Nessuno
Piombo	$1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Media trimestrale	Come il Primary
Diossido di azoto	0.053 ppm ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	Annuale (Media aritmetica)	Come il Primary
Particolato (PM10)	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Annuale ² (Media aritmetica)	Come il Primary
	$150 \mu\text{g}/\text{m}^3$	24 ore ¹	
Particolato (PM2.5)	$15.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Annuale ³ (Media aritmetica)	Come il Primary
	$65 \mu\text{g}/\text{m}^3$	24 ore ⁴	
Ozono	0.08 ppm	8 ore ⁵	Come il Primary
	0.12 ppm	1 ora ⁶	Come il Primary
Ossidi di zolfo	0.03 ppm	Annuale (Media aritmetica)	-----
	0.14 ppm	24 ore ¹	-----
	-----	3 ore ¹	0.5 ppm ($1300 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

¹ Da non superare più di una volta nell'anno. ² Per raggiungere questo standard, la media aritmetica annuale attesa di concentrazione di PM10 in ciascuna sonda di rilevazione all'interno dell'area non deve superare i $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. ³ Per raggiungere questo standard, la media triennale della media aritmetica annuale attesa di concentrazione di PM2.5 di un singolo o di multipli "community-oriented monitors" non deve superare i $15.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. ⁴ Per raggiungere questo standard, la media triennale del 98esimo percentile della concentrazione di 24 ore in ciascun "population-oriented monitor" all'interno dell'area non deve superare $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$. ⁵ Per raggiungere questo standard, la media triennale delle quattro concentrazioni medie giornaliere più alte, ponderate sulle otto ore, per ciascuna sonda di rilevazione di ozono all'interno di un'area in ciascun anno non deve superare il valore di 0.08 ppm.

⁶ (a) Questo standard è raggiunto quando il numero atteso di giorni per anno con una concentrazione oraria massima superiore a 0.12 ppm è ≤ 1 .

(b) Il NAAQS di un'ora non potrà più essere applicato ad un'area un anno dopo la data effettiva di designazione per il NAAQS di 8 ore. Per la maggior parte delle aree questa data è rappresentata dal 15 giugno 2004. (40 CFR 50.9; see Federal Register of April 30, 2004 (69 FR 23996)).

Un altro possibile riferimento per la valutazione della esposizione ad inquinanti può essere rappresentato dalle “Air Quality Guidelines for Europe” della Organizzazione Mondiale della Sanità (Second Edition, 2000). All’interno di tali linee guida vengono prese in considerazione le evidenze epidemiologiche relative al rischio per la salute di diversi inquinanti ed in taluni casi viene fornito un valore di concentrazione considerato tale da non recare danno nella gran parte della popolazione generale e che, nell’intenzione degli estensori, può essere anche utilizzato come riferimento nella definizione di standard “legali” di qualità dell’aria e per i processi decisionali pubblici. Tale valore ovviamente non deve essere inteso come linea di demarcazione tra livelli di esposizione dannosi e non; inoltre nel caso di sostanze cancerogene non viene espresso un valore numerico, ma solo una stima del rischio in ossequio alla definizione che per tali sostanze nessun livello di esposizione “sicuro” può essere dato. Tale stima viene definita Rischio Unitario, viene estrapolata mediante modelli matematici ed esprime il rischio addizionale di sviluppare un tumore nel tempo vita, all’interno di una ipotetica popolazione, nella quale tutti gli individui sono esposti continuamente alla concentrazione di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di sostanza cancerogena nell’aria respirata. Per la definizione di standard di qualità per l’aria, di regola, si considerano accettabili valori di esposizione che comportino un rischio di 1 caso su 100.000 o 1 caso su 1.000.000. Si riportano i valori di riferimento per singola sostanza basati su effetti diversi dal cancro e del disagio (Tabella 5).

Tabella 5 - Valori di riferimento per singola sostanza basati su effetti diversi dal cancro e dal disagio

Inquinante	Media pesata sul tempo	Tempi di ponderazione
Monossido di carbonio	90 ppm ($100 \text{ mg}/\text{m}^3$) ⁽¹⁾	15 minuti
	55 ppm ($60 \text{ mg}/\text{m}^3$) ⁽¹⁾	30 minuti
	27 ppm ($30 \text{ mg}/\text{m}^3$) ⁽¹⁾	1 ora
	9 ppm ($10 \text{ mg}/\text{m}^3$)	8 ore
Diossido di azoto	$200 \mu/\text{m}^3$	1 ora
	$40 \mu/\text{m}^3$	annuale
	$120 \mu/\text{m}^3$	8 ore
Ozono	$120 \mu/\text{m}^3$	8 ore
Particolato ⁽²⁾	Dose-risposta	----
Diossido di zolfo	$500 \mu/\text{m}^3$	10 minuti
	$125 \mu/\text{m}^3$	24 ore
	$50 \mu/\text{m}^3$	annuale
<p><i>L'esposizione a queste concentrazioni non può protrarsi più a lungo del tempo indicato e non si può ripetere entro le 8 ore.</i></p> <p><i>Le informazioni disponibili sull'esposizione a breve e lungo termine a PM10 e PM 2,5 non consentono l'espressione di un giudizio sulle concentrazioni al di sotto delle quali nessun effetto possa essere atteso. Per questa ragione nessun valore di riferimento viene raccomandato ma viene invece fornita una stima del rischio.</i></p> <p>Modif. da “Air Quality Guidelines for Europe – Second Edition” WHO Regional Publications, European Series n° 91 p.</p>		

5.1 Esposizione a monossido di carbonio

I livelli di inquinamento dell'aria da monossido di carbonio sono oggetto di regolamentazione legislativa e si sono progressivamente ridotti nel tempo in conseguenza della riduzione dei livelli di emissione autorizzati. Il monossido di carbonio non sembra essere un problema espositivo né per gli autisti di autobus né per le altre categorie di guidatori nei quali è stato indagato. I valori di concentrazione rilevati (Tabella 6) si sono infatti sempre dimostrati inferiori ai diversi parametri di riferimento definiti per la protezione della popolazione generale.

Solo uno studio serbo (Jovanovic J et al. 1999), riporta valori importanti di esposizione di guidatori professionali, definiti "esposti a CO", dell'ordine di 71.2 +/- 8,1 ppm, non è peraltro possibile riferire sulle metodiche di misura e sulle condizioni dei mezzi.

Tabella 6 - Valori rilevati di esposizione di monossido di carbonio negli autisti

Autori	Soggetti studiati e loro numerosità	Modalità, durata e periodo del campionamento	Città	Media di valori rilevati
Zagury, Le Moullec, Moimas (2000)	<ul style="list-style-type: none"> • 28 tassisti • Non fumatori 	<ul style="list-style-type: none"> • Campionamento personale • 8 ore (26 soggetti) • 6 ore (2 soggetti) • (Gennaio-marzo 1997) 	<ul style="list-style-type: none"> • Parigi 	<ul style="list-style-type: none"> • 3.8 ppm • SD 1,7 ppm
Brauer et al. (2000)	<ul style="list-style-type: none"> • Interno di 25 autobus scolastici 	<ul style="list-style-type: none"> • Campionatore a celle elettrochimiche • Durata non indicata • (Inverno 1999) 	<ul style="list-style-type: none"> • Abbotsford (British Columbia) • (Zona rurale) 	<ul style="list-style-type: none"> • 1,1 ppm • SD 0.54 ppm • Range (0.71 -2.7 ppm)
Cumo, de Santoli, Littarru (2004)	<ul style="list-style-type: none"> • Interno di 3 taxi • Non fumatori 	<ul style="list-style-type: none"> • Campionatore a celle elettrochimiche • Alcune ore • (Gennaio e dicembre 2003) 	<ul style="list-style-type: none"> • Roma • (Centro storico) 	<ul style="list-style-type: none"> • 2.86 ppm • (In un caso <0.90 ppm)
	<ul style="list-style-type: none"> • Interno 2 taxi • Non fumatori 	<ul style="list-style-type: none"> • Alcune ore • (Gennaio e dicembre 2003) 	<ul style="list-style-type: none"> • Roma • (Percorsi extraurbani) 	<ul style="list-style-type: none"> • ≤0.90 ppm
Diebold et al. (1992)	<ul style="list-style-type: none"> • Interno di autobus • (Senza persone a bordo) • (Numero non indicato) 	<ul style="list-style-type: none"> • Campionamento sul posto di guida • Da 8.30 a 15 ore • (periodo non indicato) 	<ul style="list-style-type: none"> • Parigi • Bordeaux 	<ul style="list-style-type: none"> • 10.65 ppm • 8.8 ppm
	<ul style="list-style-type: none"> • Conducenti di autobus • Non fumatori • (Numero non indicato) 	<ul style="list-style-type: none"> • Campionamento personale • 7.30-8.00 ore • (Aprile) 	<ul style="list-style-type: none"> • Bordeaux 	<ul style="list-style-type: none"> • 5.2 ppm

5.2 Particolato

La valutazione della esposizione a particolato, nei diversi studi disponibili, è per lo più finalizzata a stimare i livelli di concentrazione a cui sono esposti i cittadini nel trascorrere parte della loro giornata all'interno di mezzi pubblici o dei propri autoveicoli ed è stata effettuata ricorrendo a diverse modalità di misura, talora non confrontabili con standard di riferimento e/o non significative ai nostri fini.

Questo è il caso ad esempio della misurazione delle polveri totali all'interno di due autovetture in due giornate estive a Copenhagen, in cui Rank et al. (2001) rilevano un valore medio pari a $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, oppure della misura del Black Smoke Index come riportato in Zagury et al. (2000) con rilievo, all'interno di taxi, di valori medi ponderati sulle 8 ore di $168 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (SD $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Questo dato non è però confrontabile con gli standard normalmente in uso e per stessa ammissione degli Autori non è la modalità di misura da preferirsi nella valutazione dell'esposizione a polveri fini pur potendo essere utilizzato come predittore delle concentrazioni di PM 10 e di PM 2,5.

Nello studio di Praml e Schierl (2000) viene invece effettuata la misura delle concentrazioni di PM10 all'interno di autobus e di 5 tram di linea nella città di Monaco con 201 campionamenti della durata di 4 ore effettuati dal febbraio 1993 all'ottobre 1996.

I campionatori sono stati collocati al centro del bus, in un sedile nella zona passeggeri, immediatamente dietro la cabina di guida nei tram.

La concentrazione media complessiva rilevata di PM10 per tutte le misure effettuate era pari a $155 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con un range di $71\text{-}279 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Il dato ottenuto, confrontato con quello registrato dalle centraline di rilevazione della qualità dell'aria dell'Ufficio Bavarese per la Protezione Ambientale rileva che, conformemente alle aspettative degli Autori, la concentrazione all'interno dei mezzi è da 1.7 a 3.9 superiore. La sonda di rilevazione infatti è situata circa 3.5 metri al di sopra del livello stradale e alla distanza di alcuni metri dal ciglio.

Guillemin et al. (1992) in uno studio pilota finalizzato alla valutazione della esposizione a polveri e ad IPA di 6 camionisti operanti su lunghe percorrenze e di 9 operanti all'interno della Città di Ginevra, hanno rilevato nel primo caso all'interno delle cabine di guida un valore medio di concentrazione di PM10 pari a $103 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e di $255 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nei secondi, a fronte di un valore medio di polveri totali di $261 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (range $150\text{-}450 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Cumo et al. (2004) nello studio effettuato nella città di Roma, hanno rilevato con campionamenti personali di cui non è precisata la durata, effettuati nel gennaio e dicembre 2003 all'interno di tre taxi con autisti non fumatori ed un solo passeggero trasportato, un valore medio di PM10 pari a $83 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (con valore massimo osservato di $176 \mu\text{g}/\text{m}^3$); valori nettamente inferiori a quelli osservati negli studi precedenti e superiori a quelli rilevati in 5 postazioni fisse ambientali (PM10 $54.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con valore massimo osservato di $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Si fa ricorso invece alla valutazione della concentrazione della frazione respirabile del particolato (PM 4.0) nello studio di Gee e Raper (1999), misurata nella zona passeggeri di due linee bus della città di Manchester (UK), per un totale di 50 mi-

sure della durata di tre ore (7.00-10.00) effettuate tutte in giorni lavorativi. I livelli misurati si sono rilevati estremamente variabili con valori medi pari a $252 \mu\text{g}/\text{m}^3$ su di una linea (S.D. 234; range 12-953) e $338 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sull'altra (S.D. 300 range 23.7-973). Gli Autori suggeriscono che la grande variabilità possa essere spiegata dalle variazioni del traffico giornaliero e dalla limitata ventilazione del mezzo auspicando ulteriori studi che analizzino attentamente i diversi fattori che possono influire sulle misure. I dati da loro riportati verosimilmente richiedono una diversa interpretazione, in particolare se li si confronta con quelli degli studi precedenti relativi al PM10 e con i valori di PM10 registrati dalle stazioni di monitoraggio di Manchester riportati nello studio, che rilevano un valore medio di $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (S.D.14; range 9.4-71.8). Come sottolineato anche da Gee e Raper i valori di PM10 e PM4.0 non sono direttamente confrontabili, ma i valori di PM10 possono rappresentare un utile valore di confronto, perché dovrebbero essere superiori.

Un'altra modalità di valutazione dell'esposizione a particolato è rappresentata dalla misura del carbonio elementare che può rappresentare un utile e pratico marker dell'esposizione a gas di scarico diesel (Lewnè et al. 2004).

Zaebst et al. (1991), nel loro studio sulla misura del carbonio elementare in 72 camionisti su lunghe percorrenze sembrano confermare quanto rilevato da Guillemain et al (1992) rilevando una media geometrica complessiva pari a $3.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, di poco superiore al valore di media geometrica $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ misurato nel background delle principali strade.

Bizjak e Turšič (1998) nel misurare i livelli di carbonio elementare all'interno di autobus a gasolio e di autobus a metano della città di Ljubljana, nel periodo estivo ed invernale, selezionando diversi percorsi cittadini ed extraurbani, confermano le osservazioni relative alle maggiori concentrazioni nei percorsi urbani rispetto a quelli extraurbani, negli autobus di vecchia data (al di sopra di circa $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) rispetto a quelli di nuova concezione (circa $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$), in inverno (concentrazioni medie giornaliere da 20 a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) rispetto all'estate.

L'insieme dei dati di misura del PM10, ci sembrano confermare il ruolo causale giocato dall'inquinamento cittadino e dalle caratteristiche dei mezzi - in particolare di quelli più pesanti, che determinano una maggiore risospensione del particolato dal terreno - sui livelli di esposizione a particolato per queste categorie di conducenti. Evidenziano inoltre, se confrontati con il valore proposto per la protezione della popolazione generale dall' EPA ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annuale e $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nelle 24 ore), come l'esposizione a particolato possa potenzialmente rappresentare un problema di salute per i conducenti e vada ulteriormente indagato.

5.3 Esposizione a composti organici volatili: benzene

Rank et al. (2001) nello studio effettuato a Copenhagen con campionamenti della durata di 4 ore, comprendenti l'ora di punta, effettuati all'interno di due autovetture in due giornate estive del 1998 rilevano una concentrazione media di benzene di $14.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (range 11-17.5) comparabile con quella osservata da Cumo et al (2004) con un numero analogo di misure (n=4) all'interno di taxi nella città di Roma, con-

dotte però nella stagione invernale: concentrazione media di benzene pari a $13.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (range 10.9-16.7) (Tabella 7).

A dati di misura diversi perviene lo studio effettuato da Jo Wan-Kuen; Yu Chang Ho (2001) in Taegu, una delle tre più importanti città coreane, con rilevazioni effettuate sia all'interno di autobus che all'interno di taxi. In questo caso i valori medi di concentrazione rilevati sono sensibilmente superiori, e sono per gli autobus di $22.00 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e per i taxi di $33.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabella 7). Questa differenza potrebbe essere dovuta al fatto che parte dei soggetti compresi in questo studio erano fumatori e che in Corea esiste una verosimile diversa regolamentazione nel tenore di benzene nelle benzine. È invece da escludersi l'influenza dell'evaporazione dei solventi dai circuiti e dai serbatoi dei mezzi oggetto di misura, in quanto tutti mezzi esaminati nello studio erano a gasolio.

Nello studio di Cumo et al. (2004) contemporaneamente alla misura all'interno dei mezzi è stata condotta la rilevazione su 4 postazioni fisse (2 posizionate nel centro storico, 2 site in periferia presso un incrocio ad alta densità di traffico). Il dato medio rilevato in tali postazioni era di $18.17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (range 0.5-29.2). Questo dato concorda con il rilievo che, pur essendo i livelli di fondo di benzene nell'aria inferiori al $\mu\text{g}/\text{m}^3$, in contesti urbanizzati, ad elevato traffico veicolare, le concentrazioni "medie" outdoor variano da meno di 10 a qualche decina di $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nell'ambito del progetto MACBETH (Monitoring of Atmospheric Concentrations of Benzene in European Towns and Homes), dall'analisi di circa 3.000 campioni raccolti tra il 1997 ed il 1998 in 6 città europee, è risultato che in Europa la concentrazione media annuale di benzene, si attesta sui $14,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con oscillazioni dai $3,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di Copenaghen ai $20,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di Atene (V. Cocheo, 2000).

Ad analoghi risultati pervengono Duarte-Davidson et al (2001) in uno studio effettuato in Gran Bretagna, che evidenzia un livello medio di esposizione pari a $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e Gilli et al. (1996) in uno studio condotto nella città di Torino che misurano livelli di esposizione di $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Si ricorda che nel caso del benzene gli standard di riferimento di qualità dell'aria non esprimono un valore di concentrazione protettivo per la popolazione, ma la stima del Rischio Unitario estrapolato tramite ricorso a modelli matematici. Il Rischio Unitario per il benzene, espresso come probabilità di contrarre una leucemia in relazione all'esposizione, per l'intera durata della vita (lifetime) di 75 anni, a $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di benzene, è stato stimato dall' EPA, (2002) in 2.9×10^{-5} e dall'WHO (2000) in 6×10^{-6} . Per ciò che riguarda i dati attualmente disponibili per l'esposizione degli autisti, qualora ulteriori e più numerosi studi confermassero il dato, si potrebbe concludere che il benzene non rappresenti un problema espositivo "specifico" per i guidatori di autobus rispetto all'esposizione della popolazione generale. Questo alla luce anche di quanto rilevato da Jo Wan-Kuen; Yu Chang Ho (2001) che riportano all'interno degli autobus valori nettamente inferiori a quelli osservati per i taxi, a conferma dell'importanza dell'altezza del mezzo nel determinare captazioni diverse degli inquinanti. Tutti gli studi sopra considerati hanno misurato, contestualmente al benzene, anche le concentrazioni di altri aromatici, toluene e xilene. I dati ottenuti sono coerenti nel caso delle misurazioni effettuate a Roma e Copenaghen, sono leggermente superiori per le misure effettuate in Taegu.

Tabella 7 - Concentrazioni medie di solventi rilevate nei diversi studi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Rank et al. (2001) (Copenhagen) Interno auto (n=4)	Cumo et al (2004) (Roma) Interno taxi (n=4)	Jo Wan-Kuen; Yu Chang Ho (2001) Taegu (Korea)	
			Interno Autobus (n=20)	Interno taxi (n=20)
Benzene	14.4 (11-17.5)	13.6 (10.9-16.7)	22.0 (D.S. 9.9)	33.3 (D.S. 14.2)
Toluene	69 (41.2-82.9)	56.5 (11.2-80.3)	75.5(D.S. 40.6)	120 (D.S. 59.6)
Etilbenzene e xileni	67 (42.8-77.6)			
Xileni (m+p+o)		56.5 (37.4-84.2)		
Etilbenzene			8.7 (D.S. 5.1)	10.7 (D.S. 4.4)
Xilene (m+p)			18.2 (D.S. 8.0)	21.6 (D.S. 9.9)
o-xilene			7.0 (D.S. 3.8)	9.9 (D.S. 4.7)

Si fa presente che un valore guida di riferimento, alla luce del quale leggere i dati, può essere reperito nel caso del toluene, per il quale il valore espresso all'interno delle Air Quality guidelines dell'OMS del 2000, per la protezione anche del rischio riproduttivo della popolazione generale, è di $0.26 \text{ mg}/\text{m}^3$ ($260 \mu\text{g}/\text{m}^3$) applicabile come media settimanale e di $1 \text{ mg}/\text{m}^3$ ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) mediato sui trenta minuti se si tiene conto del disagio arrecato dall'odore.

5.4 Ossidi di azoto e biossido di zolfo

L'unico studio reperito nel quale si riporta la misura del biossido di zolfo è quello di Cumo et al (2004), più volte citato, che riporta per gli ossidi di azoto e per il biossido di zolfo in tutti i punti di misurazione valori al di sotto della soglia di rilevanza del metodo per i tempi di campionamento utilizzati (5 giorni).

Analogamente Hertel et al. (1997) studiando l'esposizione di autisti di autobus e di postini all'inquinamento da traffico rilevano che i livelli di NO_2 all'interno ed all'esterno degli autobus sono praticamente gli stessi.

Anche Brauer et al (2000) rilevano bassi valori di NO_2 all'interno degli autobus scolastici, il più delle volte inferiori ai valori di rilevanza del metodo utilizzato, ma tale rilievo può essere spiegato dai percorsi prevalentemente rurali seguiti dai mezzi.

Nella valutazione dell'inquinamento da ossidi di azoto di norma viene utilizzata la misura del biossido di azoto, perché di agevole effettuazione, perché esistono molti dati di confronto disponibili e perché i limiti fanno riferimento a questo inquinante. In realtà il biossido di azoto è per lo più un inquinante secondario che si forma a seguito della trasformazione dell'ossido di azoto, e la somma dei valori di NO e

NO₂ rappresenta un miglior indicatore degli inquinanti primari nelle emissioni da gas di scarico.

Zagury et al (2000) rilevano all'interno dei taxi di Parigi con tre diverse misure della durata di 10 ore, valori elevati di concentrazione per l'ossido di azoto, pari 625 µg/m³ (SD 224 µg/m³) e per il biossido di azoto pari 139 µg/m³ (SD 43 µg/m³). Tale dato è consistentemente superiore a quello rilevato dalle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria cittadina (AIRPARIF) con i quali gli Autori sottolineano l'assenza di qualunque correlazione. Gli Autori inoltre concludono che l'esposizione degli autisti di taxi può essere considerata al di sotto dei 150 µg/m³ nelle 24 ore, limite definito dalla OMS come protettivo per la popolazione generale, qualora si tenga conto della media ponderata sulle 24 ore comprensiva dell'esposizione al di fuori dell'orario di lavoro (50 µg/m³).

Diebold et al. (1992) rilevano all'interno di autobus privi di persone a bordo, in corrispondenza della postazione dell'autista un valore di ossido di azoto medio pari a 582,5 ppb a Parigi e di 417 ppb a Bordeaux, mentre per il diossido di azoto rilevano 89 ppb a Parigi e di 95 a Bordeaux.

6 Effetti degli inquinanti da traffico sulla salute degli autisti di autobus: sintesi delle evidenze epidemiologiche

Gli effetti maggiormente indagati negli studi epidemiologici sono quelli di tipo tumorale. In letteratura sono inoltre presenti diversi studi che indagano l'andamento di mortalità e morbilità per grandi gruppi di cause, correlate alla professione svolta, che osservano negli autisti di autobus un aumento della mortalità e morbilità da cause cardiovascolari. Studi che indagano nello specifico l'incidenza di tali patologie negli autisti di autobus avvalorano ulteriormente questo dato.

Morris et al. nel 1966 avevano già descritto una maggiore incidenza di malattie coronariche tra gli autisti degli autobus rispetto ai bigliettai di Londra; Netterstrom et al. nel 1981 descrivono una maggiore probabilità di incorrere in infarto del miocardio negli autisti di autobus di Copenhagen, se comparati alla popolazione generale. Tale situazione può essere messa in correlazione con i diversi stili di vita di tale categoria professionale come fumo, sedentarietà, abitudini alimentari (Alfredsson et al. 1993), con il carico stressante legato alle peculiarità della professione svolta (Michaels e Zoloth 1991) (Wang e Lin 2001), ma anche con le evidenze della ricerca che sottolineano la possibile azione diretta e/o indiretta del particolato sui fattori di coagulazione e la promozione di eventi trombotici (Peters 2001).

Nella probabile comparsa di effetti di tipo tumorale per questi lavoratori debbono essere tenuti in considerazione diversi inquinanti ad azione cancerogena quali il benzene, gli idrocarburi policiclici aromatici ed i loro nitroderivati

La maggior parte degli studi che vanno ad indagare la comparsa di tumori lo fanno con riferimento alla esposizione a gas di scarico diesel di cui il polmone sembra essere il principale organo bersaglio. In realtà altri organi, in relazione al contenuto

di IPA e loro nitro derivati, potrebbero andare incontro a trasformazione neoplastica, quali la vescica, la laringe, il pancreas ed il rene.

Nel 1989 la IARC ha incluso i gas di scarico diesel nel gruppo 2A e i gas di scarico della benzina nel gruppo 2B. I gas di scarico diesel sono stati inclusi nel gruppo 2A (probabile cancerogeno per l'uomo sulla base di un'evidenza sufficiente di azione cancerogena negli studi sperimentali su animali e di un'evidenza limitata di cancerogenicità sull'uomo), mentre i gas di scarico della benzina sono stati inclusi nel gruppo 2B (possibile cancerogeno per l'uomo sulla base di una evidenza sufficiente di azione cancerogena negli studi sperimentali su animali e di un'evidenza inadeguata di cancerogenicità sull'uomo).

Mentre i grandi studi di popolazione, suffragati da un gran numero di dati relativi alle concentrazioni in aria ottenuti attraverso le reti di monitoraggio cittadino, rilevano concordemente un aumento della incidenza di patologia tumorale, soprattutto polmonare secondaria all'esposizione ad inquinanti urbani, gli studi epidemiologici che indagano l'incidenza di patologia tumorale negli autisti non concordano nell'evidenziare un eccesso di tumori per queste categorie di lavoratori. Come nel caso di molte associazioni deboli, gli strumenti epidemiologici attuali possono non essere adeguati per cogliere un piccolo aumento dell'incidenza della malattia tra i diversi sottogruppi di soggetti che sono leggermente più esposti della popolazione generale (Boffetta et al. 1990).

In generale sull'assenza di univoca evidenza sembrano giocare un ruolo le dimensioni degli studi, il fattore di confondimento rappresentato dall'abitudine al fumo, mentre il bias più rilevante sembra essere quello della definizione dell'esposizione il più delle volte "self-reported".

Edling et al. (1987) nello studio di coorte comprendente 694 maschi (suddivisi nei 3 sottogruppi di impiegati, autisti di autobus, garagisti) che avevano lavorato presso 5 diverse aziende di trasporto del Sud Est della Svezia dal 1950 al 1959, seguiti dal 1951 al 1983, non rilevano un aumento della mortalità per nessun tipo di tumore, né per malattie cardiovascolari.

Gli Autori sottolineano che il dato potrebbe essere dovuto alla piccola numerosità della coorte e ad un effetto "lavoratore sano". In realtà anche la comparazione delle incidenze tra i diversi gruppi in studio non evidenzia una prevalenza in alcun gruppo.

Balarajan e McDowall (1988) nello studio condotto sulle cause di mortalità negli autisti professionali di Londra (3392 uomini), deceduti dal 01/01/1950 al 31/12/1984 evidenziano per gli autisti di autobus e pullman una mortalità per tutte le cause (SMR=88), malattie circolatorie (SMR=62) inferiore all'attesa ed un eccesso per tumori (SMR=136) e malattie respiratorie (SMR=121). Nello stesso studio tale andamento è confermato anche per la categoria dei camionisti, con SMR di 93, 74, 125, 117 rispettivamente per mortalità per tutte le cause, malattie circolatorie, tumori maligni e malattie respiratorie. L'eccesso di tumori riscontrato è da riferirsi nel caso degli autisti di bus e pullman a tumore dello stomaco (SMR=186) e del polmone (SMR=142) che però non raggiunge la significatività statistica.

Paradis et al. (1989) nello studio di coorte relativo alle cause di mortalità degli autisti di autobus che al 01/01/1962 avevano almeno 5 anni di anzianità lavorativa

presso l'Azienda di trasporti urbani di Montreal, deceduti entro il 31/12/1985, evidenziano una mortalità per tutte le cause della coorte (2134 uomini) inferiore a quella della popolazione generale (O/A=804/825.2 SMR=97; 95% CI: 91-104), un piccolo eccesso di mortalità per malattie circolatorie (O/A=441/405.3 SMR=109; 95% CI: 99-119), ma nessun eccesso di mortalità per tumore polmonare (O/A=78/84.6, SMR=92; 95% CI:73-114) o tumore vescicale (O/A=4/7.4, SMR=54; 95% CI:15-138).

Hansen et al (1998), in uno studio non controllato per la presenza o meno di abitudine al fumo, evidenziano un aumento del rischio di contrarre un tumore polmonare negli autisti di camion ed autobus danesi (RR =1 .3 con CI (95%) 1.2-1.5). Borgia et al. 1994 in uno studio su 2311 tassisti di Roma, hanno riscontrato un eccesso di morti per tumore polmonare (SMR= 1.40, con 95% C.I.: 1.02-1.87).

Soll-Johanning et al. 1998 hanno osservato su di una coorte di 18174 autisti di bus e lavoratori di aziende di trasporto di Copenhagen del periodo 1900-1994, un RR per tumore polmonare pari a 1,6 con un CI (95%) 1,5-1,8 ed un RR per tumore della vescica di 1,4 con CI (95%) 1,2-1,6 nella comparazione con la popolazione generale maschile. Poiché lo studio non era controllato per la presenza o meno di abitudine al fumo, al fine anche di verificare altri confondenti quali zona di residenza e storia lavorativa, alcuni degli Autori hanno successivamente effettuato uno studio caso controllo (Soll-Johanning et al. 2003) su di un gruppo selezionato (298 casi eligibili in complesso) di soggetti con tumore polmonare e della vescica rilevati nello studio precedente, ovvero 153 casi di tumore polmonare (su 478) e 84 di tumore della vescica (su 187) ottenendo un tasso di risposta superiore tra le vedove dei casi e dei controlli che dai soggetti ancora in vita. Le conclusioni a cui lo studio perviene è che in realtà i casi differivano dai controlli esclusivamente per il fatto di essere stati autisti di autobus e non per fumo, che i casi appartenevano tutti allo stesso status socio-economico e che vi era una diminuzione di rischio per il tumore del polmone con l'aumentare dell'anzianità lavorativa come autista di autobus (RR=0.97 per ogni anno aggiunto CI (95%) 0.96-0.99).

Una meta-analisi consultata (Boffetta e Silverman, 2001), relativa alla valutazione di 35 studi epidemiologici rilevanti in tema di possibile correlazione tra esposizione a gas di scarico diesel e comparsa di neoplasia vescicale, conclude per una qualche evidenza di modesto incremento di probabilità di contrarre un tumore della vescica tra i diversi gruppi occupazionali in studio.

Gli studi presi in considerazione erano riferiti a 5 diversi gruppi di esposti occupazionali quali i lavoratori ferroviari, i garagisti, gli autisti di autobus, i camionisti, ed i conduttori di grosse macchine di movimentazione terra.

Gli Autori sottolineano comunque come il dato possa essere condizionato da fattori di confondimento o da bias relativi alla definizione dell'esposizione o al disegno dello studio, anche se ritengono che non siano tali da inficiare la presenza di una qualche relazione.

Analogamente una review delle evidenze epidemiologiche relative alla comparsa di leucemia mieloide acuta tra gli esposti a gas di scarico diesel (Boffetta, 2004) conclude per una non evidente associazione tra l'esposizione ed il rischio di contrarre la patologia in studio. La mancata evidenza potrebbe essere imputata alla scarsa

ampiezza degli studi, alla misclassificazione della esposizione, ma presi in considerazione tutti i possibili bias e fattori di confondimento, l'Autore tende a concludere che in realtà la più plausibile spiegazione sia realmente l'assenza di correlazione tra i due fenomeni, e che gli occasionali riscontri positivi siano più legati al caso ed ai confondenti.

7 Riferimenti bibliografici

7.1 Introduzione, inquinanti, danno alla salute

“Air Quality Guidelines for Europe- Second Edition” 2000 WHO Regional Publications, European Series N° 91

Ackermann-Lieblich U., Leuenberger P., Schwartz J., Schindler C., Monn C., Bolognini G., Bongard J.P., Brandli O., Domenighetti G., Elsasser S., Grize L., Karrer W., Keller R., Keller-Wossidlo H., Kunzli N., Martin B.W., Medici T.C., Peruchoud A.P., Schoni M.H., Tschopp J.M., Villiger B., Wuthrich B., Zellweger J.P., Zemp E. **Lung function and long term exposure to air pollutants in Switzerland. Study on Air Pollution and Lung Diseases in Adults (SAPALDIA) Team.** *Am J Respir Crit Care Med.* 1997 Jan;155(1):122-9.

Armstrong B., Hutchinson E., Unwin J., Fletcher T. **Lung cancer risk after exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons: a review and meta-analysis.** *Environ Health Perspect.* 2004; 112:970-8.

Balduzzi M. **Effetti biologici del PM10 rilevanti per la salute dell'uomo.** *Ann Ist Super Sanità* 2003; 39:411-417.

Bergsagel D.E., Wong O., Bergsagel P.L., Alexanian R., Anderson K., Kyle R.A., Raabe G.K. **Benzene and multiple myeloma: appraisal of the scientific evidence.** *Blood* 1999; 94:1174-82.

Bertazzi P.A., Saporetti G., Bachetti S. **Esposizione ambientale a benzene e rischio di leucemia nella popolazione.** *Ambiente e salute*:31-45.

Biggeri A, Bellini P, Terracini B; Italian MISA Group. **Meta-analysis of the Italian studies on short-term effects of air pollution.** *Epidemiol Prev.* 2001 Mar-Apr;25(2 Suppl):1-71.

Biggeri A., Baccini M., Bellini P., Terracini B. **Meta-analysis of the Italian studies of short-term effects of air pollution (MISA), 1990-1999.** *Int J Occup Environ Health.* 2005 Jan-Mar;11(1):107-22.

Bizjak M., Turšič **Measurement of aerosol black carbon concentration inside the city buses of Ljubljana** *J. Aerosol Sci., Suppl.I, S291-S292, 1998*

Boffetta P., Jourenkova N. Gustavsson P. **Cancer risk from occupational and environmental exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons.** *Cancer Causes Control* 1997; 8:444-72.

Butler J. **Quantitative determination of trucking industry workers' exposures to diesel exhaust particles.** *Am Ind Hyg Assoc J.* 1991 Dec;52(12):529-41.

Casarett & Doull's. **Tossicologia.** Roma 2000, EMSI

Ciccone G., Forastiere F., Agabiti N., Biggeri A., Bisanti L., Chellini E., Corbo G., Dell'Orco V., Dalmaso P., Volante T.F., Galassi C., Piffer S., Renzoni E., Rusconi F. Sestini P., Viegi G. **Road traffic and adverse respiratory effects in children.** **SIDRIA Collaborative Group.** *Occup Environ Med.* 1998 Nov;55(11):771-8.

Cirillo M. C. **Le fonti di inquinamento atmosferico nelle città,** ANPA - Arie di città, *Atti del Convegno del 28-30 Novembre 2000 Bologna – I Quaderni di Arpa.*

Clonfero E., Saia B. **Mutageni e cancerogeni nell'aria urbana.** *G Ital Med Lav* 1991; 13:9-15.

Cocheo V. et al. **Urban benzene and population exposure** *Nature* 2000 404, 141-1428

Cohen A.J., Pope C.A.3rd. **Lung cancer and air pollution.** *Environ Health Perspect.* 1995 Nov;103 Suppl 8:219-24.

Cottica D., Grignani E. **Esposizione professionale agli inquinanti chimici prodotti dagli autoveicoli.** *Atti del Convegno Nazionale Traffico e Ambiente.* Trento 21-25 febbraio 2000.

Cumo F., De Santoli L., Littarru P. **Valutazione del rischio da esposizione ad agenti chimici pericolosi per gli addetti ai trasporti di una grande città** *Giornale degli igienisti industriali* 2004 vol.29-n.2, 90-101.

Diebold F., Hubert G., Limasset J.C., Attia J., Risler N., Donati J., Dufoir J., Faugère J.G. **Autobus Urbains Exposition des conducteurs à la pollution produite par les gaz d'échappement des autres véhicules.** *Chaiers de notes documentaires* 1992 n° 149 515-523

Dockery D.W., Pope C.A.3rd, Xu X., Spengler J.D., Ware J.H., Fay M.E., Ferris B.G. Jr., Speizer F.E. **An association between air pollution and mortality in six U.S. cities.** *N Engl J Med.* 1993 Dec 9;329(24):1753-9.

Dockery D.W., Pope C.A.3rd. **Acute respiratory effects of particulate air pollution.** *Ann. Rev Public Health.* 1994;15:107-32.

Duarte-Davidson R. et al. **Benzene in the environment: an assessment of the potential risks to the health of the population.** *Occup Environ Health* 2001 58, 2-13.

- Gee I.L., Raper D.W. **Commuter exposure to respirable particles inside buses and by bicycle.** *Sci. Total Environ.* 235 (1999) 403-405.
- Gilli et al. **Geographical distribution of benzene in air in northwestern Italy and personal exposure.** *Environ health Perspect* 1996 104 Suppl 6, 1137-1140.
- Guidelines for reporting of Daily Air Quality – **Air Quality Index.** U.S. E.P.A. 2000.
- Guillemin M.P., Herrera H., Huynh C.K., Droz P.O., Vu Duc T. **Occupational exposure of truck drivers to dust and polynuclear aromatic hydrocarbons: a pilot study in Geneva, Switzerland.** *Int Arch Occup Environ Health.* 1992;63(7):439-47
- Hertel O., Wilhard P., Berkowicz R. and Skov H. **Exposure of bus drivers and postmen to air pollution from traffic in their working environment** *J. Aerosol Sci.*(1997) Vol.,28, No.6, pp.1102
- Inquinamento atmosferico e salute.** Una pubblicazione dei Medici per l'ambiente. *Basilea* 1997.
- Jo Wan-Kuen; Yu Chang Ho **Public Bus and Taxicab Drivers' Work-Time Exposure to Aromatic Volatile Organic Compounds** *Environmental research.* Volume: 86, Issue: 1, May, 2001, pp. 66-72
- Jovanovic J., Jovanovic M., Dordevic D. **Professional exposure of drivers to carbon monoxide as a possible risk factor for the occurrence of traffic accidents in the road traffic.** *Vojnosanit Pregl.* 1999 Nov-Dec;56(6):587-92.
- Kunzli N., Kaiser R., Medina S., Studnicka M., Chanel O., Filliger P., Herry M., Horak, F. Jr, Puybonnieux-Textier V., Quenel P., Schneider J, Seethaler R., Vergnaud J.C., Sommer H. **Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment.** *Lancet.* 2000 Sep 2;356(9232):795-801.
- Lagorio S. et al. **Studio degli effetti dell'inquinamento atmosferico sulla funzionalità cardiaca e respiratoria in individui suscettibili.** *Rapporti ISTISAN* 03/11: 14-29.
- Leuenberger P. **Air pollution in Switzerland and respiratory diseases in adults. Results of a preliminary study of the cross-sectional part of the Sapaldia study.** *Schweiz Rundsch Med Prax.* 1995 Oct 3;84(40):1096-100.
- Lewne M., Cyrus J., Meliefste K., Hoek G., Brauer M., Fischer P., Gehring U., Heinrich J., Brunekreef B., Bellander T. **Spatial variation in nitrogen dioxide in three European areas.** *Sci Total Environ.* 2004 Oct 1;332(1-3):217-30.
- Limasset J.C., Diebold F., Hubert G. **Exposure of urban bus drivers to traffic pollution.** *Sci Total Environ.* 1993 Jun 25;134(1-3):39-49
- Muttamara S., Leong S.T., Arayasiri M. **Benzene and lead exposure assessment among occupational bus drivers in Bangkok traffic.** *J Environ Sci (China).* 2004;16(1):61-6. Erratum in: *J Environ Sci (China).* 2004;16(2):186.

- Nemmar A. **Possible mechanisms of the cardiovascular effects of inhaled particles: systemic translocation and prothrombotic effects.** *Toxicol Lett.* 2004 Apr 1;149(1-3):243-53.
- Nemmar A., Hoet P.H., Vanquickenborne B., Dinsdale D., Thomeer M., Hoylaerts M.F., Vanbilloen H., Mortelmans L., Nemery B. **Passage of inhaled particles into the blood circulation in humans.** *Circulation.* 2002 (a) Jan 29;105(4): 411-4.
- Nemmar A., Nemery B., Hoylaerts M.F., Vermeylen J. **Air pollution and thrombosis: an experimental approach.** *Pathophysiol Haemost Thromb.* 2002 (b) Sep-Dec;32(5-6):349-50.
- Osunsanya T., Prescott G., Seaton A. **Acute respiratory effects of particles: mass or number?** *Occup Environ Med.* 2001 Mar;58(3):154-9.
- Perez P., Palacios R., Castillo A. **Carbon monoxide concentration forecasting in Santiago, Chile.** *J Air Waste Manag Assoc.* 2004 Aug;54(8):908-13.
- Peters A., Frohlich M., Doring A., Immervoll T., Wichmann H.E., Hutchinson W.L., Pepys M.B., Koenig W. **Particulate air pollution is associated with an acute phase response in men; results from the MONICA-Augsburg Study.** *Eur Heart J.* 2001 Jul;22(14): 1198-1204
- Peters A., Wichmann H.E., Tuch T., Heinrich J., Heyder J. **Respiratory effects are associated with the number of ultrafine particles.** *Am J Respir Crit Care Med.* 1997 Apr;155(4):1376-83.
- Pope C.A. 3rd, Thun MJ., Namboodiri M.M., Dockery D.W., Evans J.S., Speizer F.E., Heath C.W. Jr. **Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S. adults.** *Am J Respir Crit Care Med.* 1995 Mar;151(3 Pt 1):669-74.
- Pope C.A. 3rd. **Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality and Long-Term Exposure to Fine Particulate Air Pollution.** *JAMA* march 6 2002 vol.247, n° 9
- Porru S., Assennato G., Bergamaschi E., Carta P., Foà V., Forni A., Gabbani G., Mastrangelo G., Sartorelli P. **Tossicologia e prevenzione dei rischi da esposizione professionale a idrocarburi policiclici aromatici. III. Effetti: evidenze epidemiologiche, effetti precoci. Ipersuscettibilità individuale. Sorveglianza sanitaria.** *G Ital Med Lav Erg* 1997; 19:152-163.
- Praml G., Schierl R **Dust exposure in munich public transportation: a comprehensive 4-year survey in buses and trams.** *Int Arch Occup Environ Health* 2000 73: 209-214.
- Raabe G.K., Wong O. **Leukemia mortality by cell type in petroleum workers with potential exposure to benzene.** *Environ Health Perspect* 1996; 104:1381-1392

Rossi G., Vigotti MA., Zanobetti A., Repetto F., Gianelle V., Schwartz J. **Air Pollution and cause-specific mortality in Milan, 1980-89.** *Arch Environ Health* 1999; 54 (3): 158-64.

Samet J.M., Zeger S.L., Dominici F., Curriero F., Coursac I., Dockery D.W., Schwartz J., Zanobetti A. **The National Morbidity, Mortality, and Air Pollution Study. Part II: Morbidity and mortality from air pollution in the United States.** *Research Report Health, Jun 2000, 94: 5-70 /71-9.*

Samet JM, Dominici F, Curriero FC, Coursac I, Zeger SL. **Fine particulate air pollution and mortality in 20 U.S. cities, 1987-1994.** *N Engl J Med.* 2000 Dec 14;343(24):1742-9.

Samoli E., Analitis A., Touloumi G., Schwartz J., Anderson H.R., Sunyer J., Bisanti L., Zmirou D., Vonk J.M., Pekkanen J., Goodman P., Paldy A., Schindler C., Katsouyanni K. **Estimating the exposure-response relationships between particulate matter and mortality within the APHEA multicity project.** *Environ Health Perspect.* 2005 Jan;113(1):88-95.

Schwartz J., Dockery D.W., Neas L.M. **Is daily mortality associated specifically with fine particles?** *J Air Waste Manag Assoc.* 1996 Oct;46(10):927-39.

Seaton A., MacNee W., Donaldson K., Godden D. **Particulate air pollution and acute health effects.** *Lancet.* 1995 Jan 21;345(8943):176-8.

Simon V., Baer M., Torres L., Olivier S., Meybeck M., Della Massa J.P. **The impact of reduction in the benzene limit value in gasoline on airborne benzene, toluene and xylenes levels.** *Sci Total Environ.* 2004 Dec 1;334-335:177-83.

7.2 Stima dell'esposizione

Ufficio Federale dell'Ambiente, delle Foreste e del Paesaggio (UFAFP/BUWAL). **Particules en suspension. Mesures et evaluation des effets sur la santé. Un rapport de la Commission fédérale de l'hygiène de l'air.** *Cahier de l'environnement n° 270, 1996.*

Vedal V. **Ambient particles and health: lines that divide.** *J. Air & Wast Manage. Assoc.* 1997 47:551-581.

Wong O., Raabe G.K. **Multiple myeloma and benzene exposure in a multinational cohort of more than 250000 petroleum workers.** *Regul Toxicol Pharmacol* 1997; 26:188-199.

Zaebst DD, Clapp DE, Blade LM, Marlow DA, Steenland K, Hornung RW, Scheutzle D, Butler J. **Quantitative determination of trucking industry workers' exposures to diesel exhaust particles.** *Am Ind Hyg Assoc J.* 1991 Dec;52(12):529-41.

7.3 Sintesi delle evidenze epidemiologiche

Alfredsson L., Hammar N., Hogstedt C. **Incidence of myocardial infarction and mortality from specific causes among bus drivers in Sweden.** *Int J Epidemiol.* 1993 Feb;22(1):57-61.

Balarajan R., McDowall M.E. **Professional drivers in London: a mortality study.** *Br J Ind Med.* 1988 Jul;45(7):483-6.

Bhatia R., Lopipero P., Smith A.H. **Diesel exhaust exposure and lung cancer.** *Epidemiology.* 1998 Jan;9(1):84-91.

Boffetta P. **Risk of acute myeloid leukemia after exposure to diesel exhaust: a review of the epidemiologic evidence.** *J Occup Environ Med.* 2004 Oct;46(10):1076-83. Review.

Boffetta P., Harris R.E., Wynder E.L. **Case-control study on occupational exposure to diesel exhaust and lung cancer risk.** *Am J Ind Med.* 1990;17(5):577-91.

Boffetta P., Silverman D.T. **A meta-analysis of bladder cancer and diesel exhaust exposure.** *Epidemiology.* 2001 Jan;12(1):125-30.

Borgia P., Forastiere F., Rapiti E, Rizzelli R., Magliola M.E., Perucci C.A., Axelsson O.

Bunn W.B. 3rd, Hesterberg T.W., Valberg P.A., Slavin T.J., Hart G, Lapin C.A. **A reevaluation of the literature regarding the health assessment of diesel engine exhaust.** *Inhal Toxicol.* 2004 Dec 15;16(14):889-900.

Edling C., Anjou C.G., Axelson O., Kling H. **Mortality among personnel exposed to diesel exhaust.** *Int Arch Occup Environ Health.* 1987;59(6):559-65.

Guberan E., Usel M., Raymond L., Bolay J., Fioretta G., Puissant J. **Increased risk for lung cancer and for cancer of the gastrointestinal tract among Geneva professional drivers.** *Br J Ind Med.* 1992 May;49(5):337-44.

Guo J., Kauppinen T., Kyyronen P., Lindbohm M.L., Heikkila P., Pukkala E. **Occupational exposure to diesel and gasoline engine exhausts and risk of lung cancer among Finnish workers.** *Am J Ind Med.* 2004 Jun;45(6):483-90.

Gustavsson P., Plato N., Lidstrom E.B, Hogstedt C. **Lung cancer and exposure to diesel exhaust among bus garage workers.** *Scand J Work Environ Health.* 1990 Oct;16(5):348-54.

Hansen J., Raaschou-Nielsen O., Olsen J.H. **Increased risk of lung cancer among different types of professional drivers in Denmark.** *Occupational Health and Industrial medicine Volume: 35, Issue: 1, 1998, pp. 50-51.*

International Agency Research on Cancer **Diesel and Gasoline Engine Exhausts and Some Nitroarenes.** *IARC Monographs series 1989, Volume 46.*

- Jacobsson R., Gustavsson P, Lundberg I. **Increased risk of lung cancer among male professional drivers in urban but not rural areas of Sweden.** *Occupational Health and Industrial medicine Volume: 36, Issue: 6, 1997, pp. 278-279.*
- Jensen OM Wahrendorf J., Knudsen J.B., Sorensen B.L. **The Copenhagen case-referent study on bladder cancer. Risk among drivers, painters and certain other occupations.** *Scand J Work Environ Health 1987 apr; 13 (2):129-134.*
- Michaels D. and Zoloth S.R. **Mortality among Urban Bus Drivers.** *J Int J Epidemiol. 1991 Jun;20(2):399-404.*
- Morabia A., Markowitz S., Garibaldi K., Wynder E.L. **Lung cancer and occupation: results of a multicentre case-control study.** *Br J Ind Med. 1992 Oct;49(10):721-7.*
- Morris J.N., Kagan A., Pattison D., Gardner M., Raffle P. **Incidence and prediction of ischaemic hearth disease in London busmen.** *Lancet 1966; 2:553-9.*
- Mortality among taxi drivers in Rome: a cohort study.** *Am J Ind Med. 1994 Apr;25(4):507-17.*
- Netterstrom B., Laursen P. **Incidence and prevalence of ischaemic hearth disease among urban bus drivers.** *Scand J Soc Med 1981; 2:75-9.*
- Paradis G., Theriault G., Tremblay C. **Mortality in a historical cohort of bus drivers.** *Int J Epidemiol. 1989 Jun;18(2):397-402.*
- Peters A. **Particulate air pollution is associated with an acute phase response in men.** *European Heart Journal 2001, 22, 1198-1204.*
- Soll-Johanning H., Bach E., Jensen SS. **Lung and bladder cancer among Danish urban bus drivers and tramway employees: a nested case-control study.** *Occup Med (Lond). 2003 Feb;53(1):25-33.*
- Soll-Johanning H., Bach E., Olsen J.H., Tuchsén F. **Cancer incidence in urban bus drivers and tramway employees: A retrospective cohort study.** *Occup Environ Med 1998;55:594-598.*
- Wang P.D., Lin R.S. **Coronary heart disease risk factors in urban bus drivers.** *Public Health. 2001 Jul;115(4):261-4.*
- Winkleby M.A., Ragland D.R., Fisher J.M., Syme S.L. **Excess risk of sickness and disease in bus drivers: a review and synthesis of epidemiological studies.** *Int J. Epidemiol. 1988 Jun;17(2):255-62.*
- Wong O. **Is there a causal relationship between exposure to diesel exhaust and multiple myeloma?** *Toxicol Rev. 2003;22(2):91-102.*

8 ALLEGATO - Normativa sulla qualità dell'aria

Al fine di proteggere la salute pubblica dagli effetti avversi dell'inquinamento atmosferico, l'UE ha emanato delle Direttive, recepite nel nostro ordinamento giuridico con Decreti Legislativi e Ministeriali, stabilendo gli obiettivi per la qualità dell'aria ambiente al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti dannosi per la salute umana e per l'ambiente nel suo complesso.

Nella legislazione in materia d'inquinamento atmosferico si utilizzano termini il cui significato vale la pena di riportare.

Valore limite: livello fissato in base alle conoscenze scientifiche al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti dannosi sulla salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, tale livello deve essere raggiunto entro un dato termine e in seguito non superato.

Standard di qualità, valori bersaglio: limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni di esposizione da non superare in quanto sopra tali valori il danno alla salute per la popolazione generale è certo.

Valore obiettivo: livello fissato al fine di evitare, a lungo termine, effetti dannosi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso. Al di sotto di tale valore si ritengono infatti improbabili effetti nocivi per la salute umana e per l'ambiente. Tale livello deve essere raggiunto per quanto possibile nel corso di un dato periodo.

Sul breve periodo (per livelli di inquinamento riferiti a medie orarie o giornaliere) :

- ≡ **livelli di attenzione:** concentrazioni di esposizione che se permangono, possono sfociare nello stato di allarme
- ≡ **soglia di allarme:** livello oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata e raggiunto il quale si deve immediatamente intervenire.

I **valori limite** e le soglie di allarme per il biossido di zolfo, ossidi di azoto, PM10, piombo, benzene e monossido di carbonio, sono stabiliti dal **DM 2 aprile 2002 n. 60** che ha recepito le direttive europee 99/30/CE e 00/69/CE.

Inquinante	Valore limite (tempo di mediazione)	Numero massimo di superamenti/anno	Entrata in vigore
Biossido di zolfo	350 µg/m ³ (1 ora)	24	1° gennaio 2005
	125 µg/m ³ (24 ore)	3	1° gennaio 2005
Biossido di zolfo per la protezione degli ecosistemi	20 µg/m ³ (anno civile e inverno)		19 luglio 2001
Biossido di azoto	200 µg/m ³ (1 ora)	18	1° gennaio 2010
	40 µg/m ³ (anno civile)		1° gennaio 2010
Ossidi di azoto per la protezione della vegetazione	30 µg/m ³ (anno civile)		19 luglio 2001
PM ₁₀ (fase 1)	50 µg/m ³ (24 ore)	35	1° gennaio 2005
	40 µg/m ³ (anno civile)		1° gennaio 2005
PM ₁₀ (fase 2)	50 µg/m ³ (24 ore)	7	1° gennaio 2010
	20 µg/m ³ (anno civile)		1° gennaio 2010
Piombo	0,5 µg/m ³ (anno civile)		1° gennaio 2005
Benzene	5 µg/ m ³ (anno civile)		1° gennaio 2010
Monossido di Carbonio	10 mg/ m ³ (8 ore)		1° gennaio 2005

Lo stesso DM fissa i **margini di tolleranza** e le modalità secondo le quali tale margine deve essere ridotto nel tempo fino al raggiungimento del valore limite stesso.

Inquinante	Valore limite	Margine di tolleranza
Biossido di zolfo	350 µg/m ³ (1 ora)	42,9% del valore limite, pari a 150 µg/m ³ , al 19/7/99. Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0 % al 1° gennaio 2005.
Biossido di azoto	200 µg/m ³ (1 ora)	50% del valore limite, pari a 100 µg/m ³ , al 19/7/99. Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% al 1° gennaio 2010.
	40 µg/m ³ (anno civile)	50% del valore limite, pari a 20 µg/m ³ , al 19/7/99. Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% al 1° gennaio 2010.
PM ₁₀ (fase 1)	50 µg/m ³ (24 ore)	50% del valore limite, pari a 25 µg /m ³ , al 19/7/99. Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi successivi secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% il 1° gennaio 2005.
	40 µg/m ³ (anno civile)	20 % del valore limite, pari a 8 µg /m ³ , al 19/7/99. Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001 ed ogni 12 mesi successivi secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% entro il 1° gennaio 2005.
PM ₁₀ (fase 2)	50 µg/m ³ (24 ore)	Da stabilire in base ai dati, in modo che sia equivalente al valore limite della fase 1.
	20 µg/m ³ (anno civile)	10 µg/m ³ al 1° gennaio 2005 con riduzione ogni 12 mesi successivi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% il 1° gennaio 2010.
Piombo	0,5 µg/m ³ (anno civile)	100% del valore limite, pari a 0,5 µg/m ³ , al 19/7/99. Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% il 1° gennaio 2005 20% pari a 0,1µg/m ³ dal 1/1/2004 0% pari a 0 µg/m ³ dal 1/1/2005.
Benzene	5 µg/ m ³ (anno civile)	100 % del valore limite il 13 dicembre 2000 con una riduzione il 1° gennaio 2006 ed ogni 12 mesi successivi di 1 µg/m ³ per raggiungere lo 0% il 1° gennaio 2010.
Monossido di Carbonio	10 µg/ m ³ (8 ore)	6 mg/ m ³ il 13 dicembre 2000 con una riduzione il 1° gennaio 2003 ed ogni 12 mesi successivi di 2 mg/ m ³ per raggiungere lo 0 % nel gennaio 2005.

Inoltre il DM 2 aprile 2002 n. 60 prevede anche un valore di soglia d'allarme per biossido di zolfo e biossido di azoto.

Inquinante	Soglia d'allarme	Misure su tre ore consecutive in località rappresentative della qualità dell'aria su almeno 100 km ² oppure una zona o un agglomerato completi, se tale zona o agglomerato sono meno estesi.
Biossido di zolfo	500 µg/m ³	
Biossido di azoto	400 µg/m ³	

Lo stesso decreto non fissa invece la soglia d'allarme per il particolato, dal momento che non sono note concentrazioni a cui si manifestano particolari effetti su cui basare la scelta di tale soglia. Anche nel caso del piombo non è fissata alcuna soglia in quanto i rischi per la salute umana alle concentrazioni dell'aria ambiente possono aversi solo in caso di esposizione di lunga durata.

I valori limite di qualità dell'aria ambiente per l'**ozono** fanno riferimento al **D.Lgs 21 maggio 2004 n. 183**, attuazione della direttiva 2002/03/CE.

Ozono	Parametro di mediazione	Dal 1/1/2010
Valore bersaglio* per la protezione della salute umana	Massimo della media mobile di 8 ore	120 µg/m ³ da non superare più di 25 giorni in un anno (mediato su 3 anni)
Valore bersaglio* per la protezione della vegetazione	AOT 40 sul valore orario da maggio a luglio	18 mg/m ³ h (mediato su 5 anni)
Soglia di informazione	Ora	180 µg/m ³
Soglia di allarme	Ora	240 µg/m ³
Obiettivo a lungo termine** per la salvaguardia della salute umana	Massimo della media di 8 ore	120 µg/m ³
Obiettivo a lungo termine** per la salvaguardia della vegetazione	AOT 40 sul valore orario da maggio a luglio	6 mg/m ³ t h

*Valore bersaglio: livello fissato al fine di eviare a lungo termine effetti nocivi sulla salute umana e/o sull'ambiente.

**Obiettivo a lungo termine: concentrazione di ozono al di sotto della quale si ritengono improbabili degli effetti nocivi per la salute umana e/o per l'ambiente

TERZA PARTE

**PROBLEMATICHE ORGANIZZATIVE: IL CONTRIBU-
TO DELLA SOCIOLOGIA DEL LAVORO**

Coordinatore: Carlo Bonora

Marina Carati

Davide Dazzi

1 Premessa

La particolare sensibilità maturata per le condizioni di salute e sicurezza nel trasporto pubblico ha origine anche da un persistente primato del settore per quanto concerne eventi infortunistici sul territorio nazionale. Dai dati ISTAT, aggiornati all'anno 2003, è possibile infatti notare come, se si esclude il settore delle costruzioni, il settore dei trasporti presenta il maggior numero di infortuni denunciati (65.572) in Italia contro i 12.556 dell'industria meccanica o i 20.039 dell'industria alimentare¹⁵. Anche a livello europeo il settore dei trasporti presenta una frequenza di infortuni degna di nota¹⁶.

Molto spesso le ricerche svolte fino ad ora in Europa ed in territorio nazionale si sono concentrate prevalentemente sul carattere ergonomico nella sua accezione tecnico-sanitaria. Più difficoltosa è risultata essere la ricerca di materiale che indagasse in maniera approfondita il fenomeno dello stress nel settore dei trasporti e su come l'organizzazione del lavoro possa influire ed interagire con il sistema salute e sicurezza.

Al riguardo, in questa parte della nostra ricerca abbiamo inizialmente voluto offrire un quadro di riferimento europeo su come i fattori stressanti stiano assumendo una connotazione sempre più dannosa per le condizioni dei lavoratori, in generale, e dei conducenti di autobus, in particolare.

2 Introduzione al problema dello stress

La relazione tra organizzazione del lavoro e salute e sicurezza ha negli anni posto sotto la propria attenzione fenomeni mutevoli del mondo del lavoro. La trasformazione dell'attività lavorativa e una competizione globale hanno spinto a riflettere non solo sulle ricadute sul lavoratore inteso nella sua fisicità ma anche sui determinanti sociali che inducono ad una alterazione psicosociale dello stesso. Si viene quindi a creare una disarmonia fra l'uomo e il lavoro e uno scollamento netto tra il ruolo lavorativo e ruolo sociale rendendo difficoltoso il controllo delle dinamiche comportamentali. Si ha quindi l'insorgere di situazioni stressogene.

Lo stress è un problema che interessa non solo i lavoratori ma infierisce similmente anche sui datori di lavoro. È proprio per questa sua trasversalità che l'8 ottobre 2004 le quattro più grandi organizzazioni europee dei lavoratori ed imprenditori hanno firmato a Bruxelles un accordo finalizzato alla lotta contro lo stress¹⁷. Dopo nove mesi di lunghe contrattazioni si è raggiunta un'intesa tra CES (Confederazione Europea dei Sindacati), UNICE (Unione delle Confindustrie Europee), Ueapme (Unione Europea degli Artigiani e delle Piccole Imprese) e CEEP (Centro Europeo delle Imprese Pubbliche e delle Imprese di interesse economico generale). Antici-

¹⁵ Dati consultabili presso il sito dell'INAIL: www.inail.it

¹⁶ Commissione Europea "Work and Health in EU- A statistical portrait", Lussemburgo, 2004.

¹⁷ Disponibile all'URL: <http://www.etuc.org/EN/>

pando la comunicazione della Commissione, le Parti Sociali Europee sono così riuscite a inserire lo stress nel programma di lavoro del Dialogo Sociale 2003-2005. L'accordo ha il pregio di puntare su misure preventive e di definire lo stress come un disagio psicosociale non vincolato ad una particolare area lavorativa ma estendibile a qualsiasi modalità e posizione di lavoro. Le cause dello stress non si manifestano allo stesso modo su persone diverse ma vanno ricercate ed analizzate adottando un approccio di intervento soggettivo, così come contempla l'accordo medesimo: "è essenziale tener conto delle diversità che caratterizzano il lavoratore".

Rifacendosi alla direttiva quadro 89/391, da cui ha preso poi origine la 626, l'accordo ribadisce che "tutti i datori di lavoro sono obbligati per legge a tutelare la sicurezza e la salute dei lavoratori" e quindi anche a creare le condizioni di contrasto e riduzione delle situazioni di stress da lavoro "programmando una politica aziendale specifica in materia di stress e/o attraverso misure specifiche mirate per ogni fattore di stress individuato". Tra queste ultime l'accordo tra le Parti Sociali europee pone l'accento su forme di gestione e di comunicazione incentrate sulla trasparenza degli obiettivi aziendali e del ruolo che ogni lavoratore deve avere in funzione del raggiungimento di tali obiettivi. Gli strumenti di prevenzione ed eliminazione dei problemi di stress da lavoro consistono inoltre in un sistema aziendale più attento ad una funzione consultiva e informativa verso i lavoratori e capace di avviare processi di cambiamento della organizzazione del lavoro.

L'accordo europeo è il risultato di un lungo e non ancora interrotto percorso a livello europeo rivolto al contenimento ed annullamento dei fenomeni stressogeni in ambiente di lavoro. Punto di sicuro interesse lungo questo percorso è stata la guida elaborata dalla Direzione Generale Occupazione e Affari Sociali e trascritta nel 1999: "Guida sullo stress legato all'attività lavorativa- Sale della vita o veleno mortale?"¹⁸. La Guida si propone di promuovere una attività di sensibilizzazione dei cittadini affinché si sviluppino all'interno dell'ambiente di lavoro delle dinamiche comportamentali e si intraprendano delle azioni orientate ad alleviare le cause dello stress e produrre così un miglioramento delle condizioni di lavoro. In tutti i paesi membri della Unione Europea fu riscontrato già nel 1999 una consistente diffusione dello stress e delle sue negative ripercussioni ambientali, economiche e sanitarie. Si è infatti calcolato che in quegli anni il fenomeno riguardava circa 40 milioni di lavoratori e comportava costi per circa 20 miliardi di euro all'anno.

La Guida indica, tra l'altro, quali fattori concorrono al proporsi di situazioni stressogene. Fra i più comuni sono sicuramente:

- *Quantità di lavoro eccessiva o insufficiente*
- *Poco tempo per terminare il proprio lavoro in modo soddisfacente*
- *Mancanza di trasparenza sulle modalità di esecuzione del lavoro o sulla struttura organizzativa/gerarchica*

¹⁸ La Guida contiene pareri e raccomandazioni espresse nella Relazione sullo stress dovuto al lavoro del Comitato consultivo tripartito della Commissione Europea per la sicurezza, l'igiene e la protezione della salute sul luogo di lavoro e dell'apposito gruppo di lavoro interno costituitosi proprio per lo studio del problema dello stress da lavoro.

- *Mancanza di riconoscimento per una buona prestazione professionale*
- *Impossibilità di esprimere lamentele*
- *Grado di responsabilità gravoso ma non accompagnato da un grado di autorità o di potere decisionale adeguati*
- *Collegi, superiori o subordinati con cui risulta difficoltoso stabilire un rapporto collaborativo o di sostegno*
- *Mancanza di controllo o di una necessaria gratificazione per il prodotto finito del proprio lavoro*
- *Precarietà del posto di lavoro*
- *Essere oggetto di pregiudizi riguardo all'età, al sesso, alla razza, all'appartenenza etnica o religiosa*
- *Essere oggetto di violenza, minacce o maltrattamenti*
- *Condizioni di lavoro disagiate o lavoro fisico pericoloso*
- *Impossibilità di esprimere interamente le proprie capacità personali*
- *Lavorare nella possibilità che un piccolo errore o una disattenzione momentanea possano avere conseguenze gravi o persino disastrose*

Lo stress ha un effetto potenzialmente patogeno qualora il lavoratore non avesse la possibilità di influire sulle proprie condizioni di lavoro, intendendo con questo la distribuzione degli orari, il carico di lavoro, le modalità operative, l'organizzazione gestionale e qualora non ci fosse un giusto riconoscimento dell'attività svolta, sia esso inteso in termini remunerativi o di gratificazione personale. Al contrario, nel caso in cui le condizioni suddette si realizzassero, lo stress, come recita lo stesso titolo della Guida, diventerebbe "il sale della vita", ossia rappresenterebbe una sfida per un miglioramento e non una minaccia.

Risulta quindi di primaria importanza contenere gli agenti stressanti in ambito di lavoro e condurre così ad un progressivo miglioramento delle condizioni di salute e sicurezza. È stato infatti dimostrato che le persone sottoposte a situazioni di stress non solo avvertono reazioni emotive di ansia, depressione, inquietudine e fatica ma il disagio prolungato può anche indurre a delle modificazioni del comportamento (fumo, alcol, disturbi alimentari, scarsa percezione del rischio) e causare delle patologie fisiologiche: aumento della pressione arteriosa, tachicardia, irrigidimento muscolare con conseguenti dolori al collo, alla testa ed alle spalle, secchezza della gola e della bocca o pirosi dovuta all'eccessiva secrezione di succhi gastrici acidi.

Il fenomeno dello stress legato al lavoro può essere affrontato facendo riferimento a quattro diversi livelli dimensionali: a livello del singolo lavoratore, a livello dell'organizzazione del lavoro, a livello nazionale e a livello dell'Unione Europea. Questa parte del rapporto prenderà in considerazione sostanzialmente un livello di azione, ossia quello relativo all'organizzazione del lavoro, in quanto lo si ritiene lo

spazio di traduzione operativa degli interventi normativi europei e nazionali e uno dei principali strumenti di miglioramento delle condizioni sistemiche di lavoro. Mentre infatti gli interventi di gestione individuale dello stress possono produrre un contenimento dei sintomi fisici e psicologici, gli interventi in ambito di organizzazione del lavoro portano a trasformazioni del sistema azienda nel suo complesso. Sulla medesima linea interpretativa si inserisce la dichiarazione di Lussemburgo (1997) sulla promozione della salute sul luogo di lavoro nell'Unione Europea, adottata dalla Rete europea per la promozione della salute sul luogo di lavoro. Gli orientamenti, su cui tale dichiarazione pone l'accento per conseguire la finalità sancite dal Trattato di Amsterdam¹⁹ in tema di protezione della salute umana, sono essenzialmente una maggiore partecipazione dei lavoratori alla programmazione lavorativa e alla gestione della propria mansione e l'introduzione di principi di organizzazione che assicurino un bilanciamento tra impegno richiesto, controllo sull'attività lavorativa, livello di competenze e sostegno sociale.

I fattori stressanti sul piano della organizzazione si rintracciano nell'ambito delle mansioni, del ruolo da svolgere, delle condizioni fisiche e delle esigenze interpersonali sul lavoro. A seconda della fonte del fenomeno stressogeno alcuni studi²⁰ individuano delle diverse modalità di azione:

- Ridefinizione delle mansioni e del lavoro onde favorire un'elevata motivazione, prestazioni professionali di qualità, un alto grado di gratificazione personale ed evitare così la questione dell'assenteismo e dell'avvicendamento sul posto di lavoro. Tali finalità potrebbero essere raggiunte attraverso la costituzione di gruppi di lavoro composti da persone la cui funzione risulti effettivamente interconnessa, diversificando le mansioni, attraverso l'instaurazione di un rapporto diretto tra lavoratore e cliente, introducendo il principio di responsabilità e discrezionalità e aumentando i riscontri che il lavoratore riceve dai processi di lavoro²¹.
- Una gestione partecipata consente una integrazione delle idee e conoscenze individuali nei processi decisionali dell'organizzazione. Si creano le condizioni perché si sviluppi un processo *bottom up*, ossia un processo che si formi partendo dal punto di vista dei lavoratori o dei loro rappresentanti, ossia coloro i quali vivono quotidianamente e sulla "propria pelle" le situazioni di disagio. Lasciare ad ogni singolo lavoratore la responsabilità di scegliere come adeguarsi alle condizioni di lavoro impone la promozione di un comportamento autonomo da parte del lavoratore. Attraverso una gestione partecipata il lavoratore acquisisce coscienza e percezione di controllo della propria condizione, presupposti fun-

¹⁹ Art. 152 del Trattato di Amsterdam, "Nella definizione e nell'attuazione di tutte le politiche ed attività della comunità è garantito un livello elevato di protezione della salute umana", 1997.

²⁰ Quick JC, Quick JD, Nelson DL and Hurrell Jr, JJ. "Preventive Stress Management in Organizations", Washington DC: American Psychological Association, 1997.

²¹ Hackman JR : Work Design. IN: Hackman JR & Suttle JL (Eds.), Improving life at work. Santa Monica, CA: Goodyear, 1977

zionali ad un innalzamento del benessere e della stessa produttività²². La condivisione dei poteri organizzativi comporta, inoltre, una sensazione di autosufficienza e di sicurezza nelle proprie capacità ed aiuta quindi i dipendenti a non sentirsi strumento passivo ma soggetto attivo dell'attività lavorativa. Favorire quindi la partecipazione diretta, ossia quella che prevede direttamente il coinvolgimento dei lavoratori, e la partecipazione indiretta, ossia mediata dalle strutture di rappresentanza sindacale, in un'ottica di dialogo sociale.

- Orari di lavoro flessibili che permettano una conciliazione non traumatica tra vita lavorativa e vita sociale. Si auspica quindi l'impiego di strumenti volti ad una maggiore flessibilizzazione positiva dell'attività lavorativa, quali banche delle ore, la flessibilizzazione dell'orario del lavoro, accordi di conciliazione tra attività lavorativa e vita sociale ecc...
- Sviluppo di carriera incentrato su una reale valorizzazione del potenziale del dipendente nel corso del tempo attraverso una mappatura delle opportunità di carriera del passato, presente e futuro e la traduzione concreta di una di tali opportunità. Strumento di primo piano diventa inevitabilmente la formazione e soprattutto la formazione lungo tutto l'arco della vita
- Riprogettazione dell'ambiente fisico. In questa categoria di intervento confluiscono le modifiche strutturali all'ambiente di lavoro indirizzate ad un miglioramento delle condizioni di lavoro in termini di rumorosità e vibrazioni, odori, illuminazione, fattori climatici e messa in sicurezza di edifici, macchinari e strumentazioni.

3 Il fattore stress tra i conducenti di autobus

Avendo introdotto il tema generale dello stress da lavoro e alcune modalità di intervento per contenere il riprodursi del fenomeno, si vuole ora spostare l'attenzione della indagine sul tema centrale della stessa, ossia su come ed in che misura i fattori stressanti incidano sulla stato di salute e sicurezza dei conducenti di mezzi pubblici di trasporto urbano.

Come fonte di riferimento abbiamo preso una raccolta di 32 studi tra i più importanti condotti nelle ultime tre decadi in 13 Paesi²³. Dalla comparazione e dalla analisi dei diversi studi di casi si è poi ricavato una sorta di manuale per la prevenzione da stress che l'OIL (Organizzazione Internazionale del Lavoro) ha adottato come strumento ufficiale.

Numerosi indagini sono state condotte sulle condizioni di salute dei conducenti di autobus. Molti di questi studi comparano i conducenti di autobus con altri dipen-

²² Edvinsson L and Malone MS: Intellectual Capital. New York: Harper Business, 1997.

²³ M.A.J. Kompier "Bus drivers: Occupational stress and stress prevention", Working Paper (CONDI/T/WP.2/1996)

denti (impiegati, autisti di taxi, ecc.) volendo in tal modo rintracciare eventuali divergenze e convergenze.

Sebbene tali studi siano di natura eterogenea, risultano tuttavia simili nelle conclusioni. Il lavoro dei conducenti di autobus presenta un alto rischio per la salute ed il benessere.

I risultati delle ricerche hanno evidenziato che l'assenteismo per malattia dei conducenti di autobus è significativamente più alto se comparato ad altri gruppi professionali. Lo stesso vale per il rischio di invalidità. I conducenti di autobus generalmente abbandonano il loro lavoro per ragioni mediche ad un'età inferiore rispetto ad altri gruppi di lavoratori.

Come è stato dimostrato da molti autori²⁴, le principali ragioni della disabilità sono collegate a: problemi alla schiena, patologie cardiovascolari, problemi legati all'apparato muscolo-scheletrico (dolori lombari, collo, spalle), problemi psicologici (affaticamento, tensione, sovraccarico mentale), problemi allo stomaco e all'intestino, disturbi del sonno.

Passando più nello specifico ai fattori di stress da lavoro è stata dimostrata l'esistenza di relazioni significative e plausibili tra fattori lavorativi e la natura e la dimensione dei problemi di salute. Per esempio, la relazione tra problemi ergonomici e problemi connessi all'apparato muscolo-scheletrico, ed anche tra elevato impegno psicologico, bassa autonomia e scarso supporto, da un lato, e lamentele ed assenteismo dovuto a problemi psicologici dall'altro.

La mansione del conducente di autobus è infatti mentalmente impegnativa in quanto implica il dovere affrontare richieste conflittuali.

L'azienda ed i clienti vogliono che il conducente mantenga buoni contatti con i passeggeri, fornendo informazioni su orari, percorsi, fermate, ecc. Tuttavia, il bisogno di fornire un servizio al singolo passeggero entra in conflitto con l'esigenza di rispettare la rigida tabella di marcia. Altra forza che spinge verso un innalzamento del grado di tensione nervosa-psicologica del conducente, che in qualche modo entra in conflitto con quelle precedenti, è la necessità di guidare in sicurezza secondo le condizioni di traffico. In una situazione di bassa autonomia gestionale, il riuscire a coniugare maggiore disponibilità verso il pubblico, rispetto della tabella di marcia ed attenzione alla guida risulta essere, soprattutto in aree ad alta trafficabilità, una condizione fortemente stressante.

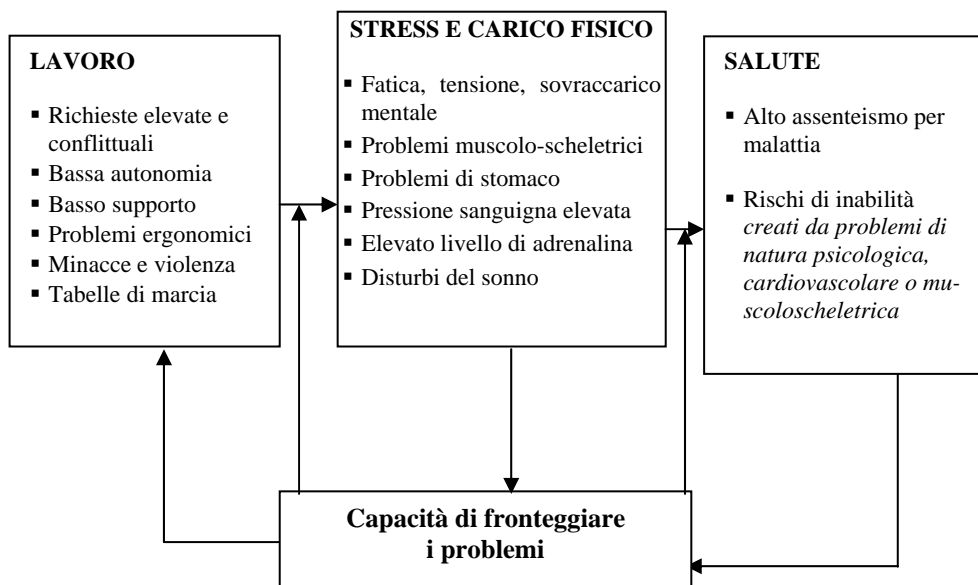
La inevitabile esposizione ai rischi di minacce e violenze, sia verbali che fisiche, concorre a minare ulteriormente l'equilibrio psicologico del conducente. Questo fattore si acuisce in particolar modo nelle grandi città ed in corrispondenza dei turni di notte. Proprio in relazione ai turni di lavoro, le ricerche individuano un fattore di instabilità per gli autisti di autobus. La principale criticità non consiste nella lunghezza dell'orario giornaliero o settimanale in quanto tale, ma la articolazione dello stesso e la rapidità con cui viene cambiata. Per garantire un servizio efficiente alla

²⁴ Cfr tra gli altri: M.A.J.Kompier: "Work and health of city bus drivers in Dutch", Tesi di dottorato (Delft, Eburon, 1989); Duffy and A.E. McGoldrick: "Stress, and the bus driver in the UK transport industry", in Work and stress Vol.4, n.1, 1990, pp.17-27.

cittadinanza si è soliti lavorare anche in orari inconsueti rendendo particolarmente difficoltosa la conciliazione tra tempo di lavoro e tempo sociale.

In sintesi i problemi individuabili possono essere efficacemente sintetizzati dalla seguente figura (vedi figura 1).

Fig. 1: Descrizione Manuale OIL



3.1 Prevenzione ed interventi: raccomandazioni

I programmi per la prevenzione e l'intervento dello stress possono essere classificati in quelli volti al cambiamento dell'ambiente di lavoro e quelli volti ad insegnare ai lavoratori le abilità per gestire o ridurre lo stress. Per quel che riguarda la prevenzione e l'intervento sullo stress può essere fatta un'altra importante distinzione: prevenzione primaria da un lato, e prevenzione secondaria e terziaria dall'altro. La prevenzione primaria riguarda gli interventi volti a eliminare, ridurre gli elementi di stress. La prevenzione secondaria riguarda gli approcci designati a far sì che i lavoratori che già manifestano segni di stress non si ammalino e al contempo accrescano la loro capacità ad affrontare lo stress. Infine, la prevenzione terziaria consiste in azioni dirette ai lavoratori che mostrano reazioni di grande stress e riabilitazione dopo l'assenza per malattia.

La gestione dello stress si è tradizionalmente focalizzata su approcci individuali, solitamente attraverso consulenze individuali o piccoli gruppi di lavoratori. Il manuale OIL promuove l'adozione di approcci che combinino tali metodologie di contrasto tradizionali con misure di adattamento dell'ambiente di lavoro alle capa-

cità ed ai bisogni dei lavoratori per creare maggiore aderenza nel rapporto uomo-sistema.

La ricerca in ambito europeo mette in evidenza l'esistenza di tre diverse, anche se complementari, strategie di azione per combattere o quantomeno ridurre il fenomeno dello stress da lavoro:

- Eliminare o modificare le situazioni stressogene;
- Interventi nell'organizzazione di lavoro e la postazione di lavoro per adattarla alle caratteristiche del lavoratore;
- Rafforzare la resistenza allo stress, per esempio attraverso esercizi fisici, tecniche di meditazione e di rilassamento e sostegno sociale.

Le prime due strategie sono dirette alla situazione di lavoro, mentre la terza è orientata alla persona.

3.1.1 Le aree di intervento

Nel tentativo di avviare la realizzazione della sopracitata aderenza nella relazione lavoratore-ambiente di lavoro e nel rispetto degli ambiti strategici, il manuale dell'OIL sulla prevenzione dello stress fornisce diverse raccomandazioni inerenti a tre diverse aree di intervento. Innanzi tutto il carattere ergonomico che la cabina del conducente dovrebbe avere con particolare riferimento alla posizione e adattabilità del sedile, del volante, dei pedali, della visibilità e particolari corsi di aggiornamento nel caso in cui vengano installati nuovi strumenti. Altra area di intervento riguarda la tabella di marcia, la articolazione dei turni e la qualità dei periodi di riposo. A tal proposito le raccomandazioni premono perché si permetta una conciliazione tra tempo lavorativo e tempo libero e perché vi sia una rotazione dei turni che permetta un reale recupero psicofisico. In terzo luogo le indicazioni fornite nel manuale dell'OIL sottolineano l'importanza dell'aspetto sociale dell'ambiente di lavoro e dello stile manageriale.

Molte delle raccomandazioni in questa area di intervento prevedono la suddivisione del personale in gruppi di lavoro (composti da circa 10-20 autisti) coordinati da un supervisore ed in cui si attivi un rapporto consultivo tra i partecipanti. Ai supervisori così come al management dovrebbero essere forniti corsi formativi per assimilare uno stile di leadership non autoritario ma che tenga in viva considerazione e coinvolga il lavoratore.

4 Buone pratiche di interventi sull'organizzazione del lavoro

Non solo a livello europeo ma anche a livello internazionale, sono state diverse le politiche strategiche avviate dalle aziende o dalle strutture pubbliche per la lotta alle situazioni di stress da lavoro per quanto compete il trasporto pubblico.

Una ricerca finanziata dalla Commissione Europea sulla linea di finanziamento “*Competitive and Sustainable Growth*”²⁵ ha preso in esame 40 studi di caso rappresentanti i casi di eccellenza realizzate in diverse aree del trasporto pubblico²⁶. Delle diverse aree prese in esame dagli studi di caso si ritiene di particolare interesse analizzare in maniera più approfondita le modalità applicative e le risultanze delle politiche intraprese in ambito formativo e di sviluppo delle risorse umane. Sebbene tutti gli altri campi di intervento agiscano più o meno direttamente sulla organizzazione del lavoro, esaminando le politiche di risorse umane si è voluto porre maggiore enfasi su quelle dinamiche gestionali costruite su un presupposto partecipativo dei lavoratori o dei loro rappresentanti.

Come primo elemento di successo viene indicato il caso dell’azienda di trasporto pubblico RATP di Parigi dove si è avviato un programma di sviluppo del personale per offrire un servizio di alta qualità alla clientela e per accrescere la visibilità del trasporto pubblico nella regione parigina. Il programma prevedeva lo sviluppo di nuove mansioni, soprattutto per quelle che riguardavano il contatto con il pubblico, cercando di aumentare la consapevolezza del personale circa i cambiamenti in atto nell’ambiente circostante. Si mirava in sostanza ad un allargamento e diversificazione delle competenze attraverso una responsabilizzazione del personale ed una valorizzazione delle competenze implicite. Il programma ha portato ad un’espansione della clientela da cui sono dipese anche maggiori entrate finanziarie. Il perseguimento di condizioni di lavoro più soddisfacenti ha portato quindi anche a dei benefici economici per la struttura aziendale.

Nell’azienda di trasporto pubblico TMB di Barcellona le strategie di gestione di risorse umane tendono ad un progressivo miglioramento della comunicazione interna e coinvolgimento del personale. Per promuovere un nuovo e più funzionale approccio di *problem solving*, si sono creati dei gruppi di lavoro formati da dipendenti provenienti dal medesimo reparto o da reparti diversi. Il principio che sta alla base di questa operazione è la convinzione aziendale che un sapere condiviso e partecipato possa suggerire traiettorie di miglioramento più innovative e qualitativamente più elevate. Tale convinzione aziendale si è tradotta negli anni nelle ragioni del successo della azienda, come lo stesso management riconosce. I lavoratori sono passati da 5.438 nel 1999 a 6.047 nel 2003, di cui la maggior parte assunto a tempo indeterminato, e l’impegno sociale della azienda continua a caratterizzarsi per i consistenti investimenti in azioni formative e *benefit* finalizzati al miglioramento delle condizioni di lavoro e ad una maggiore conciliazione tra vita lavorativa e tempo libero. È di interesse notare come anche nell’ambito della salute e sicurezza

²⁵ “Good Practice Case Studies- Vehicle for mobility Advancing Public Passengers Transport in Europe”, Il rapporto è stato prodotto da Rupprecht Consult Forschung & Beratung GmbH con la collaborazione di VOYAGER Working Group. URL: www.voyager-network.org/out/Del3_GP_CaseStudies.pdf

²⁶ Organizzazione del Settore dei Trasporti Pubblici; iniziative di marketing; analisi di mercato; infrastrutture e parco mezzi; soluzione di finanziamento innovative; servizi di mobilità intermodale; sistema di biglietto integrato; servizi di informazione per i passeggeri multimodali; formazione e sviluppo delle risorse umane.

si siano costituiti dei gruppi di lavoro (37 in totale), formati da esponenti del management e dei dipendenti, ad ulteriore dimostrazione della convinta posizione aziendale rispetto all'importanza di un processo programmatico condiviso e partecipato.

La ricerca dà inoltre spazio alla descrizione dei programmi formativi per il management del trasporto pubblico promossi dal Sindacato Internazionale del Trasporto Pubblico (UITP- International Union of Public Transport). La formazione intende offrire un ampio spettro di opportunità per migliorare le conoscenze aziendali rispetto al tema della globalizzazione dei trasporti, al fenomeno della liberalizzazione, la mobilità sostenibile, salute e sicurezza, nuove forme di erogazione informatizzata ecc...

L'olandese Connexxion offre un significativo esempio di come lo sviluppo di squadre di lavoro autonome all'interno dell'azienda possa aumentare in termini quantitativi e qualitativi il livello del servizio. La responsabilizzazione del singolo contribuisce ad accrescere il grado di soddisfazione sul lavoro e di conseguenza rende il clima lavorativo più "socialmente sostenibile".

4.1 Comitato Europeo per lo sviluppo del dialogo sociale nel trasporto pubblico

Un elemento della ricerca, prima ricordata, che merita un trattamento particolare è lo studio di caso condotto da un Comitato europeo composto da tre rappresentanti delle associazioni imprenditoriali di categoria e tre rappresentanti del Sindacato europeo del settore dei trasporti²⁷. Con il finanziamento della Unione Europea, il comitato ha coinvolto nella ricerca rappresentanti del management e del sindacato di alcune compagnie di trasporto urbano sul territorio europeo e, grazie anche alla consulenza di attori aziendali e delle parti sociali non direttamente riconducibili agli studi di caso, ha prodotto un rapporto sulla base del quale si è poi presentata una raccomandazione ai rappresentanti sindacali e manageriali di settore. Gli studi di caso analizzati vogliono illustrare come il dialogo sociale possa essere un valido strumento per rispondere alla crescente insicurezza nel trasporto pubblico locale e alla relativa sensazione di insicurezza, attraverso la valorizzazione di azioni di prevenzione, repressione ed indennizzo. Il rapporto illustra diverse pratiche messe in atto da alcune delle principali aziende di trasporto pubblico in Europa.

La già citata RATP di Parigi ha introdotto quello che è stato definito "*il modello dell'allarme sociale*". In caso di un grave problema legato alla insicurezza o alla sensazione di insicurezza avvertito su una linea della metro o a bordo di un autobus da parte di uno dei conducenti, le parti sociali possono avviare una procedura (definita per l'appunto di *allarme sociale*) al fine di informare la direzione circa l'accaduto e cercare, insieme, una soluzione per allontanare l'ipotesi provvisoria di azioni di protesta. Nei cinque giorni successivi all'annuncio dell'allarme sociale,

²⁷ Jean Dekindt, "Insecurity and the feeling of insecurity on local public transport", Summary Report, 2003.

deve essere tenuta una riunione di negoziazione tra direzione e il sindacato, autore del reclamo, in cui produrre un verbale di accordo, o di disaccordo, sulle misure prese. Il verbale diventa poi oggetto di una comunicazione all'Osservatorio sociale della azienda e alle altre organizzazioni sindacali. Seguendo questo iter diversi possono essere i vantaggi raggiungibili. Innanzitutto si evita l'insorgere di scioperi "selvaggi" e si impone all'azienda di prendere atto dell'esistenza di una problematica verosimilmente sconfinante in una conflittualità. In secondo luogo si aprono spazi di miglioramento per le pratiche di dialogo sociale interne all'azienda tramite una più stringente responsabilizzazione degli attori sociali.

Altro caso analizzato dal rapporto prodotto dalla delegazione europea riguarda la società di trasporto pubblico belga *De Lijn*. Di fronte ad un aumentato numero di aggressioni (passate da 32 nel 1992 a 71 nel 1999 per poi salire ancora a 82 nel 2002), di disagio, di fastidio per i propri conducenti, l'azienda ha sviluppato il dialogo sociale come strumento di riduzione del carico di stress dei dipendenti. Il dialogo sociale ha ingenerato tra i lavoratori e tra la direzione una sinergia di intenti sia a livello centrale che a livello locale. Nel 1999 si è costituita una task force impegnata nella lotta ad ogni forma di aggressione tramite azioni preventive a livello organizzativo, interventi tecnologici, comunicazione, formazione e assistenza rieducativa. Negli ultimi anni la situazione è andata migliorando, fenomeno testimoniato da un aumento di personale, soprattutto grazie alla capacità aziendale di rafforzare la coesione sociale interna all'azienda ed allo stesso tempo premere con gli attori pubblici esterni perché venissero realizzate alcune iniziative: impiego di disoccupati di lunga durata, introduzione di *vigilantes* lungo le linee e rapporti di cooperazione con amministrazioni pubbliche.

Come introdotto all'inizio del medesimo paragrafo, il rapporto conclusivo ha poi funto come riferimento per la realizzazione di una raccomandazione formale delle parti sociali²⁸ ai rappresentanti del management e del sindacato delle imprese di trasporto pubblico nell'Unione Europea, firmata a Napoli il 13 novembre 2003. Consapevoli della limitazione che l'insicurezza e il sentimento di insicurezza procurano alla libertà di lavorare in condizioni soddisfacenti e alla libertà di mobilità e di accesso ai servizi, le parti sociali invitano ad un maggior impegno verso lo sviluppo del dialogo sociale all'interno delle aziende e verso un'ottica collaborativa con le autorità competenti (in termini di finanziamento e di intervento repressivo), gli utenti e le loro rappresentanze cercando quindi di ri-attribuire vigore e valore al dialogo civile. La ricerca del dialogo sociale, secondo i contenuti della raccomandazione, deve avvenire attraverso diversi strumenti:

- Risorse umane (formazione, mediazione, comunicazione)

²⁸ Comité "Union Européenne" de l'Union Internationale des Transports Public; Comité de Liaison Transport de Passagers de l'International Road transport Union (IRU) ; European Transport's worker's Federation (ETF) ; Centre Européen des Entreprises à Participation Publique et des entreprises d'intérêt économique général (CEEP) ; Communauté Européenne du Rail (CER) : « *Insecurity and feeling of insecurity in local public transport-Recommendations of the European Social Partners to the Representatives of Managements and of Trade Unions in local public transport companies in the European Union* ».

- Tecnologie (sistemi di allarme, video-sorveglianza ecc...). A riguardo le parti sociali sottolineano l'importanza di trovare un equilibrio tra tecnologie e risorse umane nel senso che il primo deve essere al servizio del secondo per il miglioramento della qualità della vita lavorativa
- Organizzazione (turnazioni, adeguamento dei servizi in base ai bisogni reali)
- Recupero (fisico, psicologico, materiale ecc...)

4.2 La via alta all'organizzazione del lavoro nel trasporto pubblico. Il caso Olandese.

Il territorio olandese si è dimostrato negli anni un fervente laboratorio di nuove pratiche di organizzazione del lavoro per quanto riguarda, in particolare, l'ambito dei trasporti pubblici locali. A cominciare dal 1998, il governo centrale olandese ha decentralizzato le responsabilità connesse al trasporto pubblico e ad oggi le 12 province olandesi e 23 amministrazioni regionali interpretano un ruolo di primissimo piano nella gestione e finanziamento del servizio.

Un'ampia quota del mercato del trasporto pubblico nazionale, circa il 25%, è controllato dalla società Arriva Netherlands, filiale di Arriva plc, multinazionale con sede a Londra. Il consistente investimento e le innovative strategie adottate nell'ambito delle risorse umane, hanno creato i presupposti perché la società Arriva Netherlands diventasse oggetto di uno studio di caso da cui estrarre ed esportare eventuale *best practice*²⁹.

L'azienda di autobus inizialmente faceva parte di un'altra compagnia e successivamente si è messa in proprio. Oggi conta 4.000 dipendenti e 1.566 autobus ed opera in tre province dell'Olanda.

In Europa tale compagnia impiega 21.000 persone ed ha 8.200 autobus.

Al fine di migliorare la qualità del servizio per i clienti e migliorare la qualità del lavoro, il management aziendale ha sperimentato nuove forme di organizzazione del lavoro che prevedevano la costituzione di gruppi di lavoro o team di lavoro. In questo modo i lavoratori dovrebbero avere una maggiore libertà nell'ottimizzazione del loro lavoro ed allo stesso tempo accrescere la qualità del servizio così come la sicurezza in ambito lavorativo.

I processi di cambiamento sono avvenuti nel lavoro dei conducenti di autobus. Il conducente non solo guida il mezzo di trasporto ma svolge anche altre attività che in altre compagnie sono svolte da reparti specifici. Per esempio il conducente vende i biglietti e fa parte di un gruppo che lavora alla pianificazione e alla manutenzione degli autobus.

I conducenti della compagnia lavorano in un team ed hanno mansioni extra che sono suddivise secondo il modello di comportamento cosiddetto a stella. A cadenza mensile, il gruppo si riunisce per decidere in merito a quali azioni intraprendere

²⁹ TNO Work and Employment, "High Road to Work Organisation- *The case study Arriva*", 10 ottobre 2001.

nell'ambito della relazione con la clientela, della pianificazione, della manutenzione dei mezzi di trasporto e delle pubbliche infrastrutture ecc...

Con il modello a stella si intende, quindi, un sistema di allocazione di mansioni di coordinamento all'interno di un team di persone. I membri del team hanno potere decisionale. I conducenti sono suddivisi in 5 sottogruppi in funzione della attività extra da svolgere: marketing, pianificazione, amministrazione, manutenzione e risorse umane. Ogni gruppo prevede un coordinatore che riceve lo stesso pagamento degli altri membri. Un supervisore controlla dall'alto tutti i gruppi. Inizialmente ogni lavoratore sceglie il gruppo a cui vorrebbe appartenere ed in seguito ci si muove secondo il principio della rotazione permettendo in questo modo di acquisire esperienza e diffondere conoscenza tra i diversi gruppi. Ogni funzione ha un suo budget e qualora al termine dell'anno si risparmi una quota di denaro, questa viene versata ai conducenti sotto forma di premio.

Tra le mansioni volute dai conducenti di autobus vi è anche quella di curare i rapporti con il pubblico. Ad esempio comunicano le lamentele all'impiegato responsabile o rispondono direttamente. Inoltre i conducenti mantengono contatti con le amministrazioni pubbliche sul tema della viabilità e della disponibilità del parco mezzi.

Perché tale cambiamento avvenga sono necessari alcuni step fondamentali, tra cui: lo sviluppo di gruppi di lavoro semi-autonomi, un bilanciamento delle competenze individuali con lo sviluppo organizzativo, un ripensamento del ruolo del management intermedio e dei responsabili di reparto ed un rafforzamento di una collaborazione interfunzionale.

L'implementazione del modello organizzativo ha incontrato nella sua fase iniziale diversi ostacoli. Si è riscontrato in particolar modo una resistenza culturale del conducente rispetto allo svolgimento di funzioni che prima non era solito gestire, quali la pianificazione ed il controllo. In un'ottica di lavoro di gruppo infatti le attività precedentemente demandate ad un terzo attore, devono essere inglobate e assimilate all'interno del lavoro di team. Agli inizi della sperimentazione si è anche corso il rischio di una ottimizzazione eccessivamente individualizzata del lavoro. Affidando autorità ad ogni singolo conducente vi era infatti il timore che questo si focalizzasse esclusivamente sul miglioramento delle proprie condizioni di lavoro e non su quello del gruppo. Tale rischio è stato in qualche modo evitato prevedendo frequenti incontri tra i membri del gruppo e responsabilizzando il singolo del lavoro del gruppo. In questo modo si è contribuito a diffondere uno spirito collaborativo all'interno del gruppo e in tutta la dimensione aziendale.

L'attuazione del modello a stella ha permesso il raggiungimento di risultati di diversa natura. Innanzi tutto sentendosi maggiormente coinvolti e dotati di indipendenza ed autonomia gestionale, i conducenti avvertono una accresciuta motivazione e soddisfazione al lavoro che si traduce, in termini quantitativi, in una diminuzione di assenza per malattia del 2%. Dal punto di vista strettamente aziendale, gli elementi di positività riscontrati sono:

- *Incremento delle linee da 5 a 6*
- *Incremento del numero di conducenti di autobus da 27 a 45*
- *Incremento del 26% di passeggeri*
- *Incremento del 20% di vendite di biglietti a bordo dell'autobus*
- *Incremento da 10 a 19 autobus nelle ore di punta*
- *Per due anni di seguito si sono registrati i costi più bassi nel servizio di trasporto pubblico olandese*

In sintesi, un cambiamento dalle funzioni tradizionali del conducente di autobus verso una più moderna forma di organizzazione del lavoro, nella quale i conducenti non solo svolgono le funzioni di guida ma anche tutta una serie di funzioni di sostegno e di preparazione del lavoro, si è rivelato essere una strategia di successo per la compagnia.

4.3 L'esperienza della CTP di Napoli

La Compagnia di Trasporti Pubblici Spa (CTP) di Napoli rappresenta nel panorama italiano un esempio di come il dialogo sociale interno all'ambiente di lavoro abbia contribuito al miglioramento delle condizioni di lavoro. L'azienda di trasporto napoletana trasporta in un anno circa 25 milioni di passeggeri e la sua proprietà è detenuta per il 50% dal Comune di Napoli e per il restante 50% dalla provincia di Napoli³⁰. Nel corso degli ultimi anni, la azienda è stata soggetta ad una trasformazione che ha migliorato la efficienza e le condizioni di lavoro: rinnovo di oltre il 60% del parco mezzi, lo sviluppo di competenze, l'attivazione della "Carta della Mobilità", certificazioni ISO9001/Vision 20000 e SA 8000, sistema di localizzazione satellitare ed installazione di centri di deposito e rifornimento di gas metano. Il parco mezzi è composto da 456 autobus ed i dipendenti sono complessivamente 1972, di cui 1124 autisti. Come ricorda la raccomandazione inviata dalle parti sociali europee³¹, la dimensione aziendale diventa di estrema importanza in un'ottica di trasferimento di buone pratiche. Il confronto e l'implementazione di buone prassi sperimentate in un contesto di lavoro e trasferite in un altro, ha significato, secondo le parti sociali, qualora le due realtà di riferimento presentino dimensioni aziendali simili, o quantomeno accostabili.

Preoccupate dalla persistente crescita delle offese ai conducenti di autobus, la Direzione congiuntamente alle strutture di rappresentanza sindacale ha messo in campo dal 2000 ad oggi delle politiche di intervento per indurne una drastica riduzione, contenendo in tal modo l'insorgere di fattori stressanti nell'orario e luogo di lavoro.

³⁰ Turrini M, Simeone L. "CTP experience in the fight against insecurity-Compagnia di Trasporti Pubblici SPA". Slide di presentazione al convegno tenutosi a Napoli il 13 e 14 novembre 2003.

³¹ Cfr. nota 11

Con il termine offese si intendono attacchi sia alla persona (aggressioni, minacce, insulti, rapine) che alla proprietà (danni o furto). L'efficacia delle politiche intraprese è ben espressa dalla misura della contrazione delle offese, passate da 548 nel 1998 a 38 nel 2003. Tali risultati sono stati raggiunti tramite l'attuazione di due programmi specifici. Nel 2000 in collaborazione con la Prefettura Provinciale e le Forze di Polizia nell'ambito del programma "Objective Secure Travelling", l'azienda ha imposto un forte abbassamento al numero di offese. Il programma di intervento prevedeva sia azioni di intervento preventive (denuncia dell'accaduto, telefoni a bordo, cellulari ai dipendenti di viaggio, numeri di telefono direttamente collegati con la Polizia) che azioni repressive (forze di polizia in azione nelle aree a rischio, controllo a bordo da parte di agenti in borghese). Se nel 2000 l'iniziativa si è sviluppata in coordinamento con l'attore istituzionale, il programma implementato nel 2003, "Driving in Security", esprime la volontà aziendale di adozione di un approccio partecipato con la parte sindacale in rapporto al tema della sicurezza. Dal confronto interno alla commissione sulla sicurezza costituita ad hoc, l'azienda di trasporti è riuscita ad avviare un processo di trasformazione che attraverso misure tecnologiche, organizzative e assistenziali (vedi tabella) ha accentuato la decrescita delle offese.

Tab. 1 Driving in Security

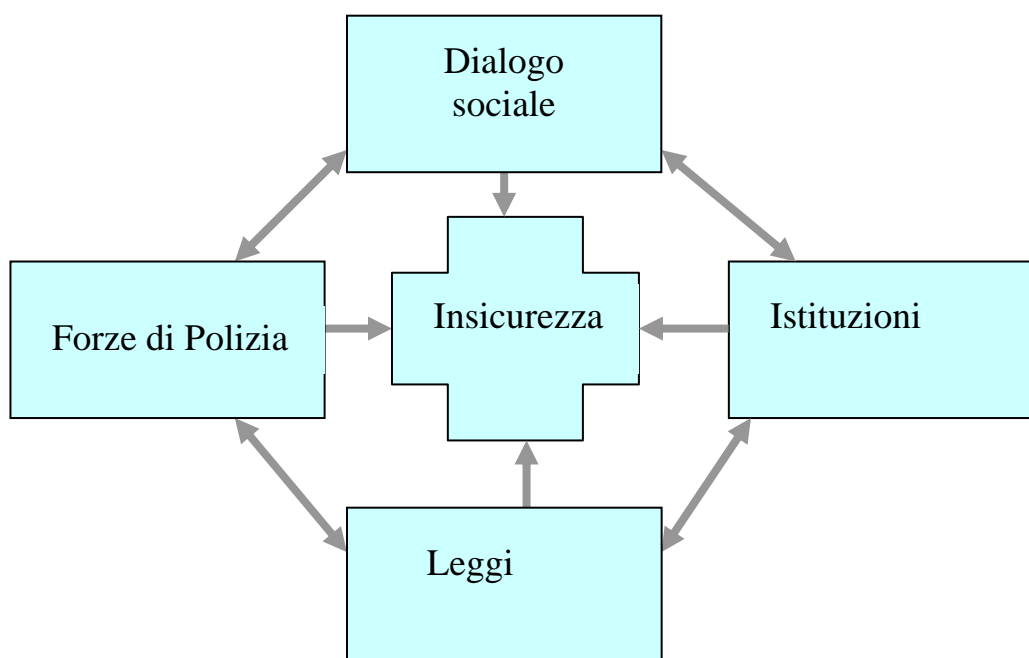
<i>Prevenzione</i>	<i>Repressione</i>	<i>Assistenza</i>
Geo-localizzazione (1)		Assistenza Immediata dopo l'offesa (3)
Videocamere a bordo in più di 100 bus (1)		Assistenza psicologica (3)
Cellulare su tutti i mezzi(1)	Presenza a bordo delle forze di polizia (1)	Assistenza legale (3)
Cabine anti-aggressione (1)		Assistenza medica (3)
Incontri di quartiere, formazione a scuola		
Interventi di mediazione culturale con la partecipazione della caritas (2)		Assistenza economica (3)
Formazione ai dipendenti (2)		

(1)Misure tecniche (2)Misure organizzative (3)Misure assistenziali

Come si nota dalla lettura della tabella, le misure preventive adottabili contemporaneamente presentano natura diversa. Da una parte vi sono, infatti, interventi volti alla dotazione di strumentazioni tecniche per la sicurezza del conducente. Dall'altra è importante sottolineare l'attività di sensibilizzazione promossa sia all'interno dei confini aziendali che all'esterno e l'importanza della formazione come leva di accrescimento delle competenze dei dipendenti.

Portando a sintesi i due programmi, l'azienda disegna un modello di intervento che illustra come debbano interagire il carattere preventivo ed assistenziale proprio del dialogo sociale, il carattere repressivo delle forze dell'ordine e l'elemento di prevenzione, assistenza e repressione insito nel sistema legislativo e nelle istituzioni. Solo una concertata sinergia ed interazione delle tre forze e dei diversi attori che di queste forze sono il motore propulsivo portano alla definizione di un piano di azione fattibile ed efficace.

Fig. 2: Modello per contrastare l'insorgenza dell'insicurezza



5 Ricerche sul trasporto pubblico in Italia

Dopo aver illustrato i contenuti delle ricerche condotte in Europa e di quelle che potrebbero essere considerate esempi di *best practice*, sia in ambito europeo che italiano, da implementare in realtà aziendali del trasporto pubblico, la ricerca documentale si sposta ora ad analizzare alcune delle indagini svolte sulla organizzazione del lavoro in alcune aziende di trasporto pubblico in Italia. Numerose sono gli studi che hanno avuto come oggetto le condizioni di lavoro dei conducenti di autobus.

La nostra scelta è ricaduta in primo luogo sulla ricerca condotta dall'Istituto per il Lavoro in collaborazione con la Provincia di Torino³² in quanto prende in considerazione l'incidenza dei determinanti socio-organizzativi sulle condizioni di lavoro e quindi allarga lo spazio di indagine a fattori stressanti spesso trascurati in quanto non direttamente riconducibili all'attività lavorativa. All'interno dell'indagine in provincia di Torino è stato utilizzato, inoltre, lo stesso strumento metodologico, interviste semistrutturate e questionario sulla percezione, che è stato impiegato per una indagine promossa dalle confederazioni sindacali e condotta dall'Istituto per il Lavoro sulle condizioni di lavoro in Emilia-Romagna (i risultati sono ora in fase di elaborazione).

In un secondo momento l'attenzione della nostra indagine sulla organizzazione del lavoro ha preso in esame una ricerca coordinata dall'ENEA sulla organizzazione e il benessere psicofisico e uno studio condotto dall'Istituto per il Lavoro sulla organizzazione del lavoro in un'azienda di trasporto pubblico. In ultimo, vengono riportati i dati relativi ad un questionario distribuito ai dipendenti di un'azienda di trasporto pubblico in Emilia-Romagna, volto a rilevare aspetti di positività e criticità legati alla salute e sicurezza dell'ambiente di lavoro.

5.1 Il trasporto passeggeri nella Provincia di Torino

La presente ricerca centrata sui problemi degli infortuni, dell'igiene e della salute nei luoghi di lavoro si è focalizzata sui fattori e cause che determinano effetti negativi per la salute dei lavoratori, con un interesse particolare ai determinanti socio/organizzativi degli stessi. A tal fine sono stati esaminati gli aspetti relativi all'ambiente fisico e sociale nel quale si svolge la prestazione di lavoro e le modalità di organizzazione del lavoro.

L'approccio della ricerca è partito dall'assunto che esista una relazione tra organizzazione di impresa e salute-sicurezza in azienda. L'indagine, andando oltre le tradizionali ricerche epidemiologiche, si è prefissa di esaminare i determinanti socio-organizzativi dei problemi relativi alla salute e sicurezza.

L'obiettivo è stato quello di verificare se e come il luogo fisico, le attrezzature, l'organizzazione del lavoro, le dinamiche del sistema di relazioni industriali e della legislazione sul lavoro generino un effetto sulla salute o la sicurezza dei lavoratori.

La ricerca complessa ed articolata, si è avvalsa di strumenti di indagine eterogenei: dapprima sono state realizzate 12 interviste a testimoni che per incarichi e funzioni di natura istituzionale rappresentano un punto di riferimento sulle politiche di salute e sicurezza. Successivamente sono stati realizzati tre gruppi di discussione cui hanno partecipato 28 persone in rappresentanza delle organizzazioni sindacali provinciali, delle Rsu ed Rls dei settori oggetto di indagine (qui di seguito menzionati), nonché delle Associazioni di rappresentanza dell'Industria, del Commercio,

³² Istituto per il Lavoro, Provincia di Torino. *“La salute e la sicurezza nei luoghi di lavoro in provincia di Torino”*, Fondazione Istituto per il Lavoro e Provincia di Torino, 2004.

dell'Artigianato, della Cooperazione, del servizio di epidemiologia dell'ASL 5 di Grugliasco.

Per l'indagine condotta presso i lavoratori è stato somministrato un questionario individuale, distribuito in sei differenti settori produttivi e di servizio: la filiera di produzione dell'auto, il trasporto passeggeri, la sanità, la grande distribuzione commerciale, la logistica e l'edilizia. All'interno della filiera auto sono stati raccolti questionari in 69 unità locali di imprese, delle quali 57 appartenenti al settore metalmeccanico e 12 a quello della gomma-plastica.

L'indagine, condotta attraverso questionario, ha coinvolto 3.974 lavoratori dei quali il 63,3% appartenenti alla filiera di produzione automobilistica, il 17,4% al trasporto passeggeri, il 6,2% alla sanità, il 4,9% alla grande distribuzione commerciale, il 4,4% alla logistica e il 3,9% all'edilizia.

Quale ulteriore approfondimento dell'indagine presso i lavoratori sono stati realizzati 4 studi di caso presso un ospedale torinese, un'azienda di trasporto pubblico torinese, un'impresa di logistica e un centro commerciale.

5.1.1 Ambiente fisico

Conformemente all'oggetto del rapporto, il campo di indagine si restringe ora al comparto del trasporto passeggeri. Per quanto concerne la durata di esposizione alle vibrazioni di macchine ed attrezzi, essa viene valutata come continuativa dal 50% degli autisti ed addetti macchina. Il dato degli autisti degli autobus di linea urbana in riferimento alle vibrazioni è correlabile anche allo stato delle vetture e della loro manutenzione.

Rispetto al rumore, il gruppo professionale degli autisti ed addetti macchina assieme agli operai presentano il più alto grado di problematicità. Per gli autisti il valore è pari al 47,5%.

In riferimento al microclima, la condizione degli autisti delle linee urbane di esposizione a temperature fredde durante gran parte o tutto il tempo di lavoro, si conta nel 30,6% dei casi.

Per quanto riguarda l'esposizione all'inalazione di fumi, polveri e gas, l'esposizione all'inquinamento da traffico è segnalato dal 34,8% degli autisti che hanno risposto "sempre" e il 18,6% "quasi sempre".

Rispetto alle posizioni di lavoro disagiate e/o che provocano dolore, i lavoratori del gruppo professionisti autisti ed addetti macchina sono i più esposti, tanto che la somma delle risposte "sempre", "quasi sempre", "circa $\frac{3}{4}$ del tempo" raggiunge il 61,9%.

Per quanto riguarda i movimenti ripetitivi delle mani e delle braccia, all'origine di patologie muscolo-scheletriche, gli autisti hanno interpretato il proprio lavoro di guida in mezzo al traffico urbano come sempre ripetitivo nel 77,4% dei casi.

In riferimento alle relazioni con persone esterne al luogo di lavoro, va sottolineato come la durata del lavoro di comunicazione e relazione costituisce un carico di fatica nervosa. L'83,1% degli autisti ha dichiarato di avere un rapporto con gli utenti da sempre a $\frac{3}{4}$ del tempo di lavoro.

Per quanto riguarda il profilo di rischio connesso alla professione svolta, gli autisti ed addetti macchina manifestano un'alta consapevolezza classificando come “*molto alto*” il rischio al quale sono esposti.

L'89% degli autisti riconosce la pericolosità del proprio lavoro verso terzi come “*molto alta*”, “*alta*” o “*media*”.

5.1.2 Organizzazione del lavoro

Il lavoro svolto in orario notturno risulta essere una caratteristica degli autisti ed addetti macchina. Tali gruppi professionali, assieme agli addetti alla sanità lavorano anche il fine settimana.

Per gli autisti il numero di volte in cui viene cambiato l'orario di lavoro è rilevante: per il 63% degli autisti avviene per più di 5 volte in un mese. Per gli autisti ed addetti macchina nel 63,4% dei casi il lavoro si concilia “*poco*” o “*per niente*” con impegni esterni.

Il 92,3% degli autisti ed addetti macchina dichiara di compiere movimenti ripetitivi. Autisti ed addetti macchina, operai e addetti alla logistica e al magazzino sono i gruppi professionali per i quali i movimenti si ripetono con una frequenza di circa un minuto.

Per quanto attiene al ritmo di lavoro, gli autisti ed addetti macchina nel 74,8% dei casi dichiarano di lavorare con ritmi elevati. Nel caso specifico dei trasporti, la conduzione di mezzi su tratte urbane è quella che presenta ritmi di lavoro più elevati.

In riferimento alle scadenze, i lavoratori dei gruppi professionali autisti ed addetti macchine e medici, infermieri sono quelli che operano con scadenze molto rigide e strette (rispettivamente 76,2% e 68,4%). In particolare per gli autisti la percentuale è la seguente: 79,6% per le linee extraurbane e 78,2% per quelle urbane). Solo il gruppo professionale degli autisti e addetti macchina dichiarano di non avere sufficiente tempo per terminare il lavoro.

Gli autisti sono fortemente condizionati da fattori esterni non controllabili (il traffico 92,7%), e da domande dirette da persone esterne (passeggeri) 65%.

In riferimento all'autonomia, gli autisti ed addetti macchina sono le categorie professionali con minori facoltà di scelta (79,2%). In particolare risultano penalizzati gli autisti di linee urbane (82,8%) e delle linee extraurbane (78,6%).

Per quanto riguarda la possibilità di fare pause quando se ne sente il bisogno, gli autisti ed addetti macchina, a fronte di un bisogno possono fare pausa solo nel 21,1% dei casi. Scorporando i dati all'interno di questa categoria professionale risulta che il 56,3% degli autisti non di bus ed il 46,2% degli addetti alle macchine movimento terra possono utilizzare le pause, gli autisti delle linee urbane ed extraurbane possono utilizzarne solo nel 18,9% e nel 17,4% dei casi.

Secondo la lettura dei risultati della ricerca, la possibilità di ricevere aiuto dai colleghi di lavoro per gli autisti e conducenti di macchina è limitata ed il lavoro si svolge in forma estremamente individuale.

Per quanto riguarda la rotazione delle mansioni, l'interpretazione del dato presenta alcune difficoltà legate al concetto di “*mansione*”. Si ipotizza infatti che molti con-

fondano rotazione come lo spostamento sistematico su più linee e non una reale diversificazione dell'attività lavorativa.

Per quanto riguarda gli atti intimidatori, per gli autisti e addetti macchina si registrano i tassi più elevati (assieme agli addetti alla vendita e servizi).

5.1.3 La salute

La sezione del questionario concernente la percezione dei danni alla salute evidenzia come il settore trasporti sia quello più problematico. In particolare gli autisti di linee urbane e di linee extraurbane dichiarano di avere subito danni alla salute a causa del lavoro (rispettivamente nel 76,3% e 62,7% dei casi).

La sintomatologia da stress riguarda prevalentemente gli ausiliari alla sosta e gli autisti di linee urbane. Gli autisti presentano problemi di insonnia, stanchezza, tensione, ansia ed irritabilità.

Per gli autisti di linee urbane, i determinanti statisticamente significativi del fattore stress sono: rischio di fare male ad altri, irregolarità dell'orario di lavoro, non conciliazione tra l'orario di lavoro ed impegni esterni, ritmi di lavoro elevati ed intimidazioni.

Gli autisti di linea (senza marcate distinzioni tra linee urbane ed extraurbane) si caratterizzano per la presenza di dolori alla schiena e dolori muscolari alle spalle e al collo. Per gli autisti delle linee urbane si manifestano anche dolori alle gambe.

5.2 Scelte organizzative e benessere psicofisico

La ricerca³³ condotta nel 1993 dall'ENEA in collaborazione con la USL 28-Bologna Nord, l'Università di Padova e l'Università di Bologna, nell'azienda di trasporti di trasporto pubblico in Emilia-Romagna, ha avuto come focus l'influenza delle scelte organizzative sul benessere psicofisico dei lavoratori.

La ricerca ha applicato il Metodo delle Congruenze Organizzative messo a punto, negli anni '90, da B. Maggi e Antonio Grieco presso l'Istituto di Medicina del Lavoro dell'Università di Milano. Tale metodo, finalizzato allo studio dei rapporti tra lavoro organizzato e salute, si basa sull'analisi del lavoro distinguendo fra i seguenti elementi fondamentali che, in ogni situazione lavorativa, appaiono aggregati:

- le attività (i compiti) e la loro strutturazione;

³³ Enea et al., "Scelte Organizzative e Benessere psicofisico in ambiente di lavoro", Studio condotto in un'azienda di trasporti della regione Emilia-Romagna, 1994. I dati sono stati raccolti mediante l'utilizzo di interviste somministrate a categorie differenti per livello gerarchico e professionale e questionari di autovalutazione della fatica e misure di stress effettuate in laboratorio su un campione di conducenti di autobus urbani, sottoposti a turni di lavoro di diversa durata. I risultati di tale ricerca sono stati presentati ufficialmente da Breveglieri M.A., Arduini R., Cenni P., Grillo S., in "Measures and evaluation of bus-driving induced stress", in occasione del Sixth European Congress on Work and Organizational Psychology, Alicante, Spain, 1993

- le modalità di svolgimento delle attività relativamente a persone, luoghi, tempi e modi di esecuzione;
- le conoscenze tecniche richieste ai lavoratori.

Dallo studio delle possibili *incongruenze* fra struttura, funzione e conoscenza, è possibile evincere gli elementi di *costrittività organizzativa* che possono condizionare negativamente la salute psicofisica dei lavoratori.

Infatti, nel caso particolare della ricerca sui conducenti d'autobus urbani è emerso chiaramente che, oltre alla presenza di rischi dovuti a condizioni microclimatiche sfavorevoli, a rumore e inquinamento da traffico, a presenza di microrganismi patogeni, etc., esistevano *costrizioni organizzative* legate sia al processo di "predisposizione all'erogazione del trasporto" che al processo di "erogazione del trasporto". Nel primo caso, i disagi andavano attribuiti soprattutto a:

- varietà eccessiva dei compiti
- ripetitività di compito semplice che richiede comunque attenzione
- processo monotono anche con compiti vari
- processo molto articolato anche con tempi stabili
- necessità elevata di verifica e regolazione
- prescrizione di turni
- inadeguatezza delle forme e dei tempi di trasmissione delle informazioni
- assegnazione di compiti non adeguati alle conoscenze-competenze del conducente
- insufficienza di addestramento e formazione.

Nel secondo caso, le costrizioni sono risultate imputabili, fra l'altro, a:

- rigida determinazione dei tempi
- limitazione dei tempi di pausa
- processo discontinuo
- processo molto articolato anche con tempi variabili
- limitazione dello scostamento accettabile
- prescrizione di ritmi
- prescrizione di turni
- eccessiva varietà e mutevolezza delle relazioni
- insufficienza di addestramento e formazione
- scarsa valutazione delle prestazioni
- carenza di sicurezza nel turno di notte
- eccessiva variabilità delle condizioni di guida.

Pertanto, gli effetti di queste *costrizioni organizzative* possono accrescere i rischi di infortunio, i rischi posturali a livello cervicale e lombare, i rischi di patologie all'apparato respiratorio, cardiovascolare e gastroenterico, fatica visiva e disagio psicologico.

Inoltre, la ricerca avvalendosi di altri metodi e strumenti per valutare il disagio e lo stress dei conducenti di autobus urbani, rappresenta un esempio di come sia possibile evidenziare sia gli aspetti oggettivi che gli aspetti soggettivi del disagio esistente negli ambienti di lavoro. Infine va detto che uno studio integrato sul rapporto fra scelte organizzative e benessere lavorativo, è in grado di fornire indicazioni utili al momento di progettare ex novo sistemi e processi lavorativi oppure quando si cerca di eliminare le incongruenze in quelli già esistenti (ergonomia di correzione).

5.3 Studio aziendale presso l'ATC di Bologna

Nel suo secondo rapporto annuale su salute e sicurezza³⁴, l'Istituto per il Lavoro ha svolto uno studio di caso sulla azienda di trasporto pubblico bolognese ATC.

L'analisi aziendale si è concentrata sui settori di attività fondamentali: uffici, officine, e personale viaggiante. I conducenti di linea assieme agli addetti al movimento costituiscono il 72,3% della popolazione aziendale. Per quanto riguarda la distinzione di genere, l'azienda è costituita per il 90% da uomini ed il restante 10% da donne³⁵.

Mentre gli impiegati hanno un orario di lavoro più standard (part-time, full-time), i conducenti di linea hanno turni molto articolati: turni unici, turni spezzati, turno alto e turno basso, ecc.

I turnisti si dividono in quelli che lavorano al mattino e quelli che lavorano al pomeriggio. Il turno lungo dei conducenti delle linee urbane (6 h 15') ha durata diversa da quelli delle linee extraurbane (7h 35'). Il turno del mattino per un conducente part-time denominato turno spezzato in quanto l'orario di lavoro non è continuativo e si possono avere soste di due/tre ore è della durata di 4 h e 15'; oppure il part-time è continuo quando si svolge nel pomeriggio e non ci sono pause così ampie. L'ATC deve potere contare su un certo numero di conducenti di linea con orario part-time in modo tale da concentrare più lavoratori sullo stesso turno e colmare i buchi del servizio generati inevitabilmente da chi svolge il full-time.

Al 2002, il 14,5% dei dipendenti aziendali aveva un orario part-time. La maggior parte di questi sono i conducenti di linea e gli operatori qualificati della mobilità. Solo una percentuale ridotta (5,7% sul totale dei dipendenti part-time) è impiegata negli uffici.

³⁴ Istituto per il Lavoro: "Lo stato della salute e sicurezza dei lavoratori in Emilia Romagna", Franco Angeli, 2002.

³⁵ A tale riguardo occorre specificare che nel 1998 è stato indetto un concorso per l'assunzione di conducenti di linea che per la prima volta applicava un principio di non discriminazione tra i sessi.

In riferimento alle problematiche di genere, l'azienda non prevede particolari strumenti di conciliazione per le donne tra tempo di lavoro e tempo di cura. L'orario di lavoro part-time, obbligatorio all'entrata per le conducenti di linea, è considerata una misura favorevole per le donne.

Sono presenti alcune prassi per cercare di andare incontro alle esigenze delle lavoratrici: le donne non fanno il turno notturno e a loro non vengono assegnati turni pesanti.

5.3.1 Sistema di igiene e di sicurezza sul lavoro

Per quanto concerne l'applicazione della normativa sulla salute e sicurezza sul lavoro, essa tiene in considerazione i luoghi ed i settori in cui viene svolto il lavoro.

È il caso della 626/94 (art. 30) che contempla come luogo *solo* gli immobili utilizzati dal personale ATC (depositi, officine, uffici, ecc.) ma non il mezzo pubblico adibito al trasporto dei passeggeri. Questo ricade sotto le competenze del Ministero dei Trasporti che vigila sulle modalità di progettazione e costruzione dei mezzi e sul rispetto dell'applicazione della normativa in tema di sicurezza.

Il Servizio di Protezione e Prevenzione è gestito da un gruppo di quadri aziendali delegati per esperienza e competenze alla gestione della sicurezza.

In ottemperanza alla legge 626/94 l'azienda ha stipulato con l'Azienda Usl della città di Bologna una convenzione per la sorveglianza sanitaria dei dipartimenti dell'ATC di Bologna. Tale Convenzione prevede la realizzazione di esami ed accertamenti sanitari preventivi e periodici.

Per i conducenti di linea, il monitoraggio dello stato di salute è effettuato secondo alcuni parametri indicativi delle criticità proprie di tale professione: rumorosità, vibrazioni, mal di schiena, patologie muscolari, ecc.

Le visite mediche, regolate dalla legge 88/99 del Ministero dei Trasporti sono periodiche.

Dal momento che il mezzo pubblico non è considerato "luogo di lavoro", i delegati nominati in base al d.lgs. 626 non intervengono su certi temi reputati rilevanti dai conducenti di linea per la loro condizione di lavoro (microclima, protezione e filtri contro gli agenti esterni ed inquinanti, posizione e struttura del sedile, inquinamento elettromagnetico dell'abitacolo).

A livello di relazioni industriali, opera la "Commissione Mezzi", con il compito di segnalare eventuali problemi dei mezzi in uso.

5.3.2 Salute e Sicurezza

In riferimento al personale viaggiante, il documento di valutazione dei rischi prende in esame alcuni problemi specifici per i conducenti di autobus: vibrazioni, affaticamento psicofisico nella guida di autobus urbani, esposizione al rumore.

Il documento contiene un'analisi degli effetti che una particolare posizione assunta dai conducenti ha sull'apparato osteo-arto-muscolare. Non sono stati condotti studi relativi alla componente femminile del personale.

Sono previsti in azienda alcuni strumenti per la rilevazione della valutazione soggettiva dei lavoratori, circa le conseguenze sull'apparato osteo-arto-muscolare. Tut-

tavia, lo studio di caso evidenzia la carenza di ricerche che prendono in esame un'ottica di genere.

In azienda, i soggetti maggiormente esposti al rischio e soggetti ad infortuni sono gli operai delle officine ed il personale viaggiante. Tra gli infortuni più frequenti per il personale viaggiante vanno annoverati la caduta accidentale durante la salita e la discesa dal mezzo, la manovra al posto di guida, gli urti. Per i conducenti di linea le malattie professionali più diffuse sono le patologie legate al sistema cardio-respiratorio, lo stress e l'affaticamento psicofisico.

5.4 Questionario sulla salute e sicurezza sul lavoro

Nel tentativo di cogliere la percezione dei lavoratori rispetto al tema della salute e sicurezza in ambiente di lavoro e verificare il loro grado di conoscenza circa l'argomento e - in maniera implicita - valutare anche l'impegno profuso dall'azienda e dalle istituzioni in formazione, si ritiene di estremo interesse utilizzare il questionario come strumento di indagine. La possibilità, infatti, di interpellare allo stesso tempo un ampio numero di lavoratori consente di monitorare un sistema dal basso e di costruire linee guida migliorative secondo un approccio *bottom up*, ossia attraverso la valorizzazione del punto di vista dei destinatari ultimi degli interventi: i lavoratori stessi.

Nell'ottica dell'individuazione di eventuali spunti di riflessione per una strategia di intervento, appare opportuno, in questa fase documentale, analizzare i risultati di un questionario già distribuito tra i lavoratori nel 2001 in un'azienda di trasporto pubblico della regione Emilia-Romagna. Le politiche di azione che da tale questionario si possono trarre non devono essere pensate come circoscritte alla sola azienda bolognese ma estendibili ed esportabili anche in altre realtà aziendali caratterizzate dalle medesime o similari problematiche.

Nell'arco temporale compreso tra ottobre e novembre 2001, è stato somministrato un questionario volto a comprendere se, e in quale misura, i lavoratori dell'azienda esaminata (area operai, area movimento, area impiegatizia) siano stati sensibilizzati rispetto al tema della prevenzione e protezione sui luoghi di lavoro. L'iniziativa di indagine è stata promossa e curata dal un Rls aziendale.

Complessivamente sono stati distribuiti 1050 questionari e ne sono stati ritirati 900 grazie all'impegno costante delle strutture sindacali interne. Qui di seguito verranno presi in esame le risultanze per area professionale.

Nell'area Operai il 90% dei rispondenti dichiara di essere a conoscenza del D.Lgs. 626/94 ed il 70% afferma di conoscere il preposto per la sicurezza. Se da un punto di vista formale la maggior parte dice di sapere quali sono gli attori del sistema sicurezza, solo il 50% è a conoscenza dei compiti degli Rls. Le procedure informative promosse e gestite dall'azienda sembrano ricevere un riscontro positivo da parte degli operai: l'80% è stato informato sulla prevenzione e protezione dei rischi in riferimento alle specifiche mansioni, il 77% è a conoscenza del Piano di Evacuazione, l'82% ha ricevuto illustrazioni sull'utilizzo dei dispositivi di protezione individuale. È stato inoltre chiesto ai lavoratori operai di fornire le loro considerazio-

ni sulla sicurezza del posto di lavoro: l'80% ritiene il proprio lavoro sicuro, solo il 50% è soddisfatto dei mezzi di prevenzione e protezione presenti in reparto ed il 90% afferma che i dispositivi di protezione individuale forniti sono sufficientemente comodi e funzionali. In azienda l'andamento degli infortuni appare piuttosto consistente nella sua espressione di frequenza ma più contenuto in termini di indici di gravità: il 70% ha subito infortuni sul lavoro anche con conseguenze minime mentre il 10% ha riportato danni permanenti. In merito alla tipologia di disagi spicca una concentrazione di risposte in corrispondenza della voce "*carichi di lavoro eccessivo-stress*".

Per quanto riguarda l'area movimento il livello di conoscenza delle tematiche inerenti al tema salute e sicurezza in ambiente di lavoro appare più modesto: il 44% non conosce il D.Lgs. 626, il 57% non conosce i compiti dell'Rls e il 67% dice di non essere stato informato sulla prevenzione e protezione dei rischi in riferimento alle mansioni svolte. La mancanza di efficaci procedure informative ha delle ricadute anche sulla percezione rispetto alla sicurezza dell'ambiente di lavoro: l'80% non considera sicuro il luogo di lavoro e l'87% non ritiene adeguato lo standard igienico del posto di guida. Anche per quanto concerne gli eventi infortunistici si riscontrano nell'area movimento, delle divergenze rispetto all'area operai: solo il 25% ha subito infortuni e il 7% ha riportato danni permanenti. Se pochi sono gli infortuni, più alto risulta il livello di disagio legato all'attività lavorativa: l'85% lamenta disagio dovuto a rumore-vibrazioni, il 93% a esposizioni a polveri o fumi, il 57% a carichi di lavoro eccessivo sfociante in situazioni stressogene, 50% a turni di lavoro e il 48% a rapporti con terzi/utenti. Le situazioni di disagio contribuiscono ad aggravare la situazione psicofisica dei conducenti. Infatti il 50% dei conducenti soffre di problemi alla schiena, il 52% alla rachide-cervicale e il 42% accusa problemi digestivi riconducibili alla propria mansione. Altro dato di interesse emerso dal questionario è la valutazione dei conducenti rispetto "*alla possibilità di andare in bagno*": il 70% la giudica insufficiente.

Passando ora ad analizzare il questionario somministrato all'area degli impiegati si coglie immediatamente una differenza del grado informativo e formativo rispetto all'area relativa ai conducenti: il 97% conosce il D.Lgs. 626/94, il 97% conosce il preposto per la sicurezza, il 67% conosce l'Rspg aziendale, il 69% è stato informato sulla prevenzione e protezione dei rischi della propria mansione, il 68% conosce i lavoratori designati dall'azienda per la prevenzione incendi. Più contenuta appare invece la conoscenza rispetto ai compiti dell'Rls (51%) e al piano di evacuazione (55%). Nonostante informazione e formazione siano state ritenute adeguate e capillari, quasi la metà degli impiegati (47%) considera insicuro il proprio ambiente di lavoro. Il questionario rivolto all'area impiegatizia indaga inoltre su alcune condizioni strutturali direttamente o indirettamente correlate al tema della salute e sicurezza in ambiente di lavoro. Da questo approfondimento analitico scaturiscono alcuni elementi significativi: gli impiegati usano il terminale o il personal computer per gran parte del loro lavoro (da 25% a 85%); il 45% lamenta riflessi sullo schermo durante particolari ore del giorno dovuti, per il 40% dei casi, sia ad illuminazione naturale che ad illuminazione artificiale; il 10% riferisce disturbi legati alle leggibilità dei caratteri; il 70% siede ad una distanza compresa tra i 50 e 70 cm

dallo schermo, nel 70% dei casi la tastiera è posizionata a 15-20 cm dal bordo; il 70% giudica confortevole la temperatura dell'ambiente di lavoro nelle stagioni calde mentre solo il 50% nelle stagioni fredde; il 62% afferma di essere qualche volta esposto a rumori fastidiosi ed, infine, il 50% non è soddisfatto dell'illuminazione naturale presente nel contesto operativo.

6 Riferimenti bibliografici

Comité "Union Européenne" de l'Union Internationale des Transports Public et alt., « *Insecurity and feeling of insecurity in local public transport- Recommendations of the European Social Partners to the Representatives of Managements and of Trade Unions in local public transport companies in the European Union* », 2003.

Commissione Europea "Work and Health in EU- A statistical portrait", Lussemburgo, 2004

Direzione Generale Occupazione e Affari Sociali: "Guida sullo stress legato all'attività lavorativa- Sale della vita o veleno mortale?", 1999.

Edvinsson L and Malone MS: "Intellectual Capital". New York: Harper Business, 1997.

Enea et al., "Scelte Organizzative e Benessere psicofisico in ambiente di lavoro", Studio condotto in un'azienda di trasporti della regione Emilia Romagna, 1994.

Hackman JR : "Work Design". IN: Hackman JR & Suttle JL (Eds.), Improving life at work. Santa Monica, CA: Goodyear, 1977

Istituto per il Lavoro, Provincia di Torino. "La salute e la sicurezza nei luoghi di lavoro in provincia di Torino", Fondazione Istituto per il Lavoro e Provincia di Torino, 2004.

Istituto per il Lavoro: "Lo stato della salute e sicurezza dei lavoratori in Emilia Romagna", Franco Angeli, 2002.

Jean Dekindt, "Insecurity and the feeling of insecurity on local public transport", Summary Report, 2003.

M.A.J. Kompier "Bus drivers: Occupational stress and stress prevention", Working Paper (CONDI/T/WP.2/1996)

M.A.J.Kompier: "Work and health of city bus drivers in Dutch" , Tesi di dottorato (Delft, Eburon, 1989); Duffy and A.E. McGoldrick: "Stress, and the bus driver in the UK transport industry" , in Work and stress Vol.4, n.1, 1990, pp.17-27.

Quick JC, Quick JD, Nelson DL and Hurrell Jr, JJ. "Preventive Stress Management in Organisations", Washington DC: American Psychological Association, 1997.

Rupprecht Consult Forschung & Beratung GmbH: “*Good Practice Case Studies- Vehicle for mobility Advancing Public Passengers Transport in Europe*”, con la collaborazione di VOYAGER Working Group.

TNO Work and Employment, “*High Road to Work Organisation- The case study Arriva*”, 10 ottobre 2001.

Turrini M, Simeone L. “*CTP experience in the fight against insecurity-Compagnia di Trasporti Pubblici SPA*”. Slide di presentazione al convegno tenutosi a Napoli il 13 e 14 novembre 2003