

UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

**Università degli studi di Padova**

Dipartimento di Fisica e Astronomia

Corso di Laurea in Ottica e Optometria

TESI DI LAUREA

***Percezione del colore in lavoratori esposti  
professionalmente a sostanze chimiche volatili***

***(Perception of color in workers professionally  
exposed to volatile chemicals)***

Relatore: Prof. Anto Rossetti

Correlatore: Prof.ssa Angela Bonato

Laureanda: Donadi Marta

Matricola: 1100507

Anno Accademico 2017/2018



## INDICE

Abstract	I
Introduzione	III
Capitolo 1 - CONCETTI INTRODUTTIVI	
1.1 La visione dei colori	IV
1.2 Deficit sulla visione dei colori e loro classificazione	IX
1.3 Percezione del colore in lavoratori esposti a sostanze chimiche volatili	XV
Capitolo 2 – METODO	
2.1 Gli strumenti di lavoro	XXII
2.2 Il gruppo di lavoro	XXVIII
2.3 Lo studio	XXIX
Capitolo 3 – RISULTATI	
3.1 Analisi dei dati	XXXIII
Capitolo 4 – CONCLUSIONE	
4.1 Discussione	XLVIII
Appendice: tabelle con le misurazioni	L
BIBLIOGRAFIA	LI
SITOGRAFIA	LII



## ABSTRACT

---

**Obiettivo:** Una ricerca sulla percezione dei colori, in lavoratori esposti professionalmente, a sostanze chimiche volatili attraverso il confronto tra due test di screening. Le professioni lavorative considerate sono: meccanici, carrozzieri e lavanderie a secco.

**Metodo:** Sono stati esaminati 140 soggetti, in maniera anonima, nel loro posto di lavoro, in condizione di visione monoculare, con almeno 5 anni di esperienza lavorativa in quel settore.

Gli strumenti non invasivi, utilizzati per la ricerca sono: il test pseudoisocromatico H.R.R e l'applicazione, scaricata su un tablet: "Color Blind Check". Sono stati scelti tali test perché permettono una valutazione rapida, ripetibile nel tempo e con la possibilità di essere auto condotta dal soggetto stesso. I lavoratori si sono sottoposti, in maniera volontaria, alle prove d'esame; le quali sono state eseguite ad una distanza di 40 cm, su di un piano inclinato. Il test H.R.R si è basato sull'osservazione d'immagini test e l'indicazione, da parte dell'esaminato, di come quest'ultime erano viste, mentre, nel caso dell'applicazione "Color Blind Check" di toccare le immagini, in base a come esse erano percepite, sul monitor del test.

**Conclusioni:** La seguente ricerca ha rilevato con il test H.R.R, un'alterazione sulla percezione dei colori: per l'occhio destro di 11 soggetti e 9 per l'occhio sinistro; mentre per il CBC: 9 per l'occhio destro e 10 per l'occhio sinistro. Si conclude che i risultati dei due test non sono paragonabili. Si precisa, l'impossibilità di rilevare l'eventuale presenza d'alterazioni delle vie visive (retina, nervo ottico) e le concentrazioni ambientali delle sostanze in quanto considerati dei dati sensibili riservati ad altre categorie di professionista.

## INTRODUZIONE

---

Scrive Richard L. Gregory: «Vi sono più cose nel colore di quante non ne incontri l'occhio, perciò la visione dei colori è stata studiata fin dal XVII secolo». [1]

Il colore è la luce che viene trasportata, con specifiche lunghezze d'onda, che l'occhio assorbe e il cervello elabora e converte in messaggi in modo tale da "vedere" i colori.

Tutte le persone vedono allo stesso modo i colori?

Ebbene no, in quanto esistono dei deficit sulla visione dei colori e la prima testimonianza clinica di tali anomalie è dovuta a John Dalton (1766-1844), chimico e fisico, affetto egli stesso da una discromatopsia e proprio in suo onore, le alterazioni vengono di consueto raccolte con il termine di daltonismo. [2]

Che cosa sono queste alterazioni?

Esse rappresentano un'anomalia, in una o più lunghezze d'onda, del cono retinico che provocano sensibilità diverse circa il colore e possono essere di due tipi: una forma congenita e una forma acquisita.

La condizione più frequente è quella congenita o ereditaria mentre quella acquisita è dovuta a diversi fattori ed è proprio in questo ramo che mi sono interessata a quella forma di discromatopsia legata all'esposizione professionale a determinati solventi chimici.

Lo scopo alla base di questa ricerca è se l'esposizione professionale, a diversi solventi può alterare la visione dei colori, nei lavoratori esposti e quale dei due test presi in

considerazione, risulti essere più sensibile e significativo per la ricerca.

Tale alterazione, solitamente, provoca la perdita monoculare nella distinzione del colore blu- giallo o meno frequentemente, nel rosso- verde. Il corso è variabile, a seconda del grado d'esposizione.

In questo elaborato, sarà confrontata la differenza rilevata tra l'occhio destro e sinistro, che sono stati esaminati singolarmente nei lavoratori che si sono sottoposti ai due test.

La scelta di queste due prove d'esame, è stata fatta per diverse motivazione: la prima di queste è che l'alterazione della visione dei colori, dovuta a sostanze chimiche volatili, è subclinica<sup>1</sup> e come seconda motivazione, sulla volontà di ottenere dei risultati da poter confrontare, non basandosi sulla veridicità di un unico test e capire quali di questi possa essere considerato il più valido e per concludere, sulla possibilità di svolgerli in maniera standardizzata sul posto di lavoro dei soggetti esaminati.

La tesi è articolata in quattro capitoli, attraverso i quali a partire dal primo capitolo, si ha un'introduzione generale sull'argomento preso in esame in tale tesi e poi, si continua, con la spiegazione della sperimentazione: nel secondo capitolo, viene preso in esame il metodo, attraverso il quale è stata svolta la ricerca; nel terzo capitolo viene presentata l'analisi dei dati, per poi chiudere, nel quarto capitolo con la discussione dei risultati che si sono ottenuti da tale ricerca.

---

<sup>1</sup> Termine adoperato per indicare un'affezione che non dà sintomi ma è identificabile solo attraverso esami specifici.

# Capitolo 1 - CONCETTI INTRODUTTIVI

---

## 1.1 La visione dei colori

«I colori non sono un attributo fisico degli oggetti ma originano dall'uomo» e infatti la visione del colore è la percezione visiva generata da segnali nervosi, che i fotorecettori retinici inviano al cervello, quando assorbono le radiazioni elettromagnetiche di determinate lunghezze d'onda e intensità, nel cosiddetto spettro visibile.

La visione del colore è contemporaneamente sia un'esperienza soggettiva che un'esperienza oggettiva; è una proprietà psicofisica e proprio per questo motivo per spiegare tale fenomeno, occorre soffermarsi sia sulla luce che i processi visivi d'elaborazione.

La luce è un'onda elettromagnetica che si propaga nello spazio e presenta alcune caratteristiche che influiscono sulla visione dei colori: la prima di esse, che prende il nome di lunghezza d'onda, va ad influire sulla tonalità del colore percepito, la seconda, ovvero l'ampiezza d'onda incide sull'intensità luminosa dello stimolo che verrà elaborato dal cervello.

Alla fine del XVII secolo, lo scienziato Isaac Newton, fu il primo a dimostrare che la luce bianca è composta dalla somma di più raggi, ognuno dei quali è dotato di una specifica lunghezza d'onda.

Negò inoltre, la possibilità che al buio, vi possano essere i colori proprio perché il colore è strettamente legato alla presenza di luce ed è legato al modo di reagire delle superfici alla luce.

Detto ciò, non basta soffermarsi sul concetto di luce ma bisogna indagare quelli che sono i processi d'elaborazione di quest'ultima ed ecco che il primo modello di funzionamento dell'apparato percettivo per il colore fu ad opera del medico Herman Von Helmholtz.

Nel 1868, tale modello prese il nome di "teoria di Young-Helmholtz" in quanto vennero inseriti anche, i concetti dello scienziato britannico Thomas Young.

Secondo tale teoria, nella retina vi è la presenza di una triade di "rilevatori" luminosi, ciascuno di essi selettivo per una determinata lunghezza d'onda e in grado di rilevare e condurre segnali di un certo tipo; ciascuna di queste afferenze è legata alle altre del cervello e da ciò scaturisce la percezione cromatica.

Successivamente nel 1865, James Clerk Maxwell, matematico e fisico scozzese, arrivò ad avere la certezza che all'interno dello spettro elettromagnetico, solo una piccola parte, il cosiddetto spettro visibile, ovvero quelle lunghezze d'onda a cui l'occhio umano è sensibile, sta alla base della percezione dei colori (Figura 1).

Tale spettro visibile è compreso tra 380 e 760 nm (secondo comune standard ISO- EN); alla lunghezza d'onda minore corrisponde la gamma cromatica del viola-blu mentre a quella maggiore corrisponde la gamma cromatica dei rossi (Figura 2).

2

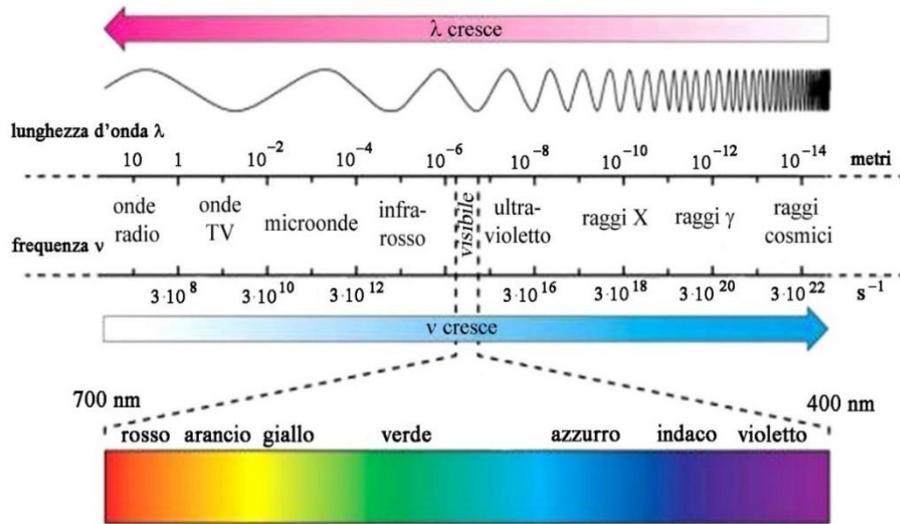


Figura 1 Zona dello spettro solare visibile, oltre tale zona si trovano indicate le radiazioni invisibili.

3

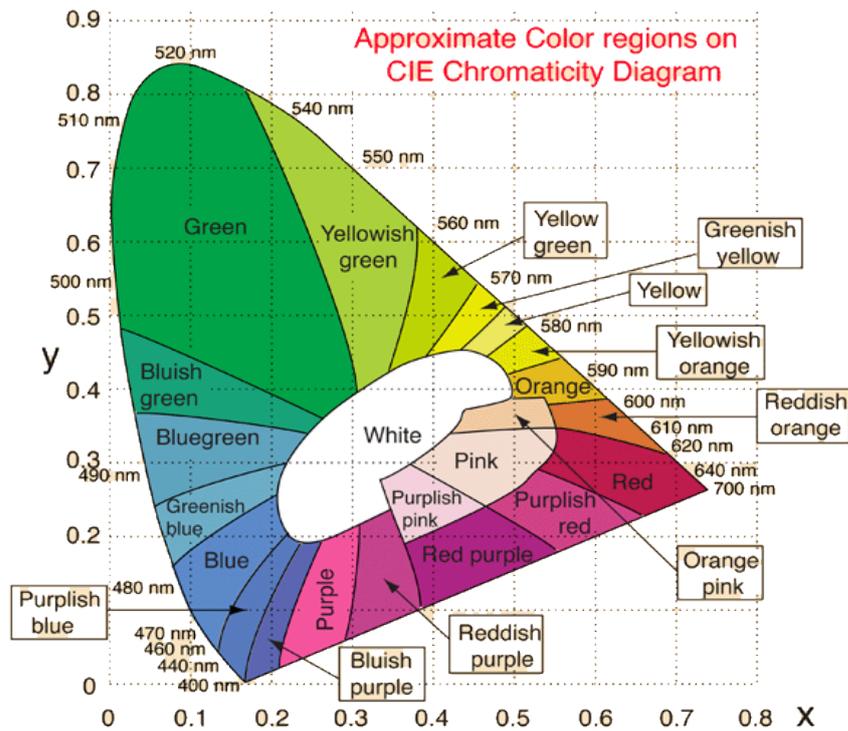


Figura 2 Diagramma cromatico realizzato da Maxwell nel 1931 ed è diventato lo standard cromatico CIE. Il digramma è composto da uno spettro particolare dove sono presenti tutti i colori. Le lunghezze d'onda sono espresse in nanometri (nm)

<sup>2</sup> Figura 1: tratta dal sito web: <https://inmeteo.net>

<sup>3</sup> Figura 2: tratta dal sito web:

<https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=XervF2oH&id=7A7AA5F87E92FF403065B80FEF6CB713357F9DFE&thid=OIP.XervF2oH6BxBg9rur4eOIAHaGj&q=diagramma+cromatico+&simid=607987845989860281&selectedIndex=29&ajaxhist=0>

La retina dell'occhio umano è la membrana più interna del bulbo oculare, è deputata alla ricezione degli stimoli luminosi, alla loro trasformazione in segnali nervosi, che vengono poi trasmessi fino alle strutture cerebrali.

È la componente fondamentale per la visione e quindi la percezione del colore, in quanto è formata dalle cellule recettoriali, i coni e i bastoncelli deputati alla trasduzione dell'energia luminosa in potenziali elettrici.

Si calcola, che la retina contenga circa 7 milioni di coni e più di 100 milioni di bastoncelli; la concentrazione dei primi è massima nella regione centrale della retina ovvero la fovea mentre i secondi trovano la loro massima densità a circa 20° dalla fovea.

All'interno dei coni, ci sono tre tipi di pigmenti ognuno dei quali è in grado di rilevare, in maniera differente, la presenza di luce di lunghezza d'onda breve, media e lunga. (Figura 3)

Il primo di questi tre pigmenti, prende il nome di cianolabile e i coni che prendono il nome di coni S, ovvero sensibili alle brevi lunghezze d'onda, aventi tale tipo di pigmento hanno la loro massima sensibilità per il colore violetto-blu e il loro picco d'assorbimento è attorno ai 437 nm.

Il fatto che la loro curva d'assorbimento sia molto più bassa di quella degli altri due tipi di coni, dipende dal ridotto numero di coni-S presenti nella retina; costituiscono meno del 10% del totale complessivo e sono quasi del tutto assenti nella fovea, che è la parte della retina più sensibile alla visione del colore; questa particolarità dà una fisiologica tritanopia per piccoli campi, significativa per mire molto piccole.

I coni-M, ovvero sensibili alle medie lunghezze d'onda, hanno il loro picco d'assorbimento intorno ai 533 nm; sono sensibili principalmente, ma non solo, al colore verde e il pigmento in essi contenuto è detto clorolabile.

I coni-L, ovvero sensibili alle grandi lunghezze d'onda, hanno il loro picco di assorbimento intorno ai 564 nm; sono sensibili principalmente, ma non solo, alla gamma dei rossi e il pigmento in essi contenuto è detto, pertanto, eritrolabile.

Dato un simile modello tricromatico, di percezione dei colori, la visione, ad esempio, del colore giallo è l'effetto di una situazione in cui i coni-M (sensibili al verde) ed i coni-L (sensibili al rosso) sono stimolati in modo elevato, mentre l'eccitazione dei coni-S (sensibili al blu) è del tutto trascurabile.

La visione del bianco si ha, invece, quando tutti e tre i tipi di coni risultano massimamente stimolati.

4

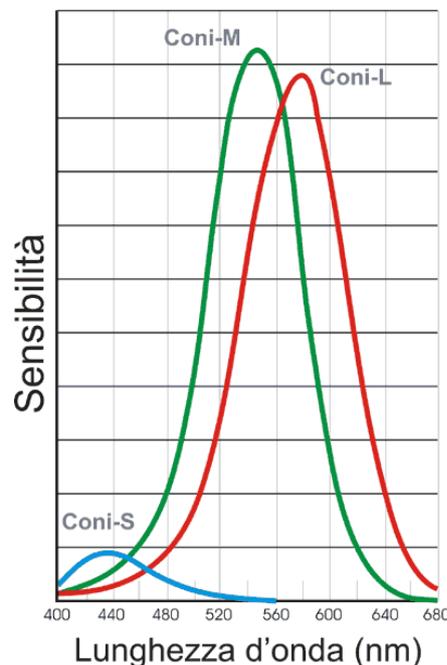


Figura 3 Spettro d'assorbimento dei tre pigmenti umani

<sup>4</sup> Figura 3: tratta dal libro di Richard L. GREGORY, Occhio e cervello, la psicologia del vedere, Cortina Raffaello, 1998, 103.

I bastoncelli, non sembrano essere coinvolti nella percezione del colore, in quanto essi sono impegnati nella visione, in condizioni di scarsa luminosità e non è ben chiaro, nella percezione del colore, nemmeno il ruolo delle altre cellule retiniche: cellule orizzontali e bipolari.

Per gli stimoli cromatici, il discorso è completamente diverso per quanto riguarda le cellule ganglionari che hanno una risposta del tutto simile a quelle del corpo genicolato laterale; tali cellule sono altamente organizzate e nel complesso lo stimolo luminoso è scomposto dai fotorecettori, elaborato dalle cellule gangliari e genicolate e quindi inviato alla corteccia, nella quale raggiunge delle aree specializzate al riconoscimento degli stimoli luminosi.

5

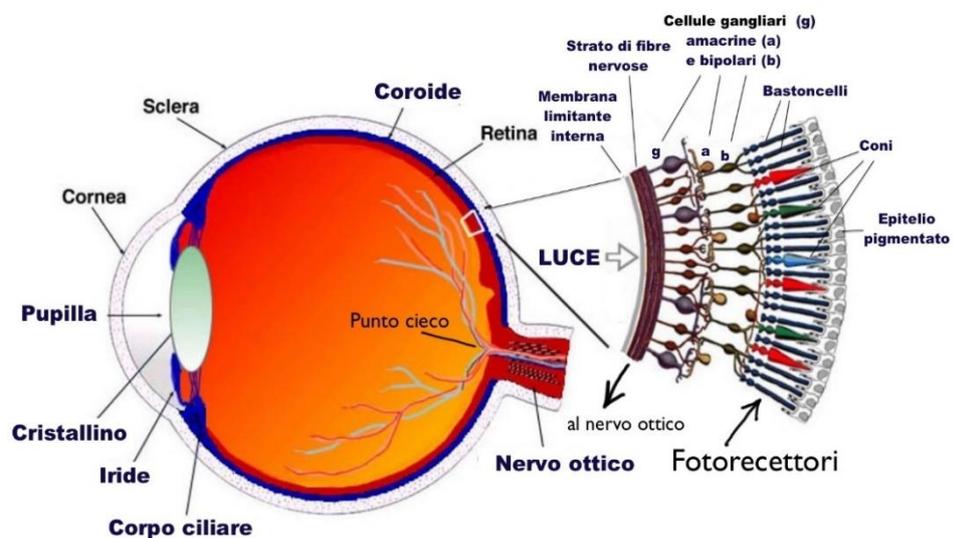


Figura 4 Schema su come viene elaborato lo stimolo luminoso una volta arrivato alla retina.

<sup>5</sup> Figura 4 tratta dal sito web: [https:// http://storiadiscienza.altervista.org/blog/wp-content/uploads/2016/11/retina.jpg](https://http://storiadiscienza.altervista.org/blog/wp-content/uploads/2016/11/retina.jpg)

## 1.2 DEFICIT SULLA VISIONE DEI COLORI E LORO CLASSIFICAZIONE

Basta aprire gli occhi ed ecco che si vedono una miriade di colori, forme, ombre e strutture ma tutto ciò si realizza sempre?

No, la visione del colore è data per scontato ma in realtà, gli occhi sono sensibili e vulnerabili.

Si parla principalmente di due grandi gruppi d'alterazione della percezione cromatica:

1. le acromatopsie (acromia, monocromatismo) quando la percezione del colore è assente e non è presente la capacità di distinguere tra i differenti stimoli spettrali.
2. le discromatopsie quando la visione del colore è presente ma risulta essere alterata dalla condizione ritenuta "normale".

Nel primo di questi casi, si possono distinguere, a sua volta, tre sotto categorie:

- a) acromatopsia congenita, è presente fin dalla nascita ed è un raro difetto genetico della vista, non degenerativo che comporta la visione monocromatica, l'estrema sensibilità alla luce, una bassa acuità visiva e il nistagmo ovvero dei movimenti oculari oscillatori, ritmici e involontari.

Ci sono tre tipologie di tale difetto: il monocromatismo totale dei bastoncelli perché la funzione dei coni manca completamente, il monocromatismo parziale dei bastoncelli, solo una minima parte dei coni funziona e il numero di quest'ultimi varia molto da persona a

persona e il monocromatismo dei coni blu; una parte dei coni funziona e sono tutti sensibili al blu.

- b) La distrofia dei coni: è una malattia degenerativa della retina; essa causa la perdita progressiva della funzione dei coni. I suoi sintomi sono simili a quelli dell'acromatopsia congenita ma possono non presentarsi nei primi anni di vita, mentre tendono ad aggravarsi con il passare del tempo.
- c) acromatopsia cerebrale non è causata dal mancato funzionamento dei coni ma da lesioni della corteccia visiva, per traumi o patologie (tumori); in questo caso la perdita della percezione dei colori non si accompagna ad una riduzione dell'acuità visiva.

Le forme più frequenti comunque, d'anomalia, nella percezione del colore sono le discromatopsie.

La visione "normale" di un soggetto è tricromatica, il che significa che il colore può essere inteso come una triplice rappresentazione d'intensità, di tre diversi fotorecettori, che prendono la funzione di primarie e nel caso delle discromatopsie l'occhio è ingannato nel percepire questo.

Un soggetto con dicromia, presenta solo due fotorecettori e li bastano questi, per effettuare una sintesi cromatica additiva, in base al tipo di fotorecettore coinvolto nella discromatopsia, si parlerà di:

- protan quando si fa riferimento al primo tipo di fotorecettore, con assorbimento sulle lunghezze d'onda elevate: rosso.
- deutan quando è coinvolto il secondo fotorecettore con assorbimento sulle lunghezze d'onda medie: verde

- tritan nel caso del terzo tipo di fotorecettore con assorbimento sulle brevi lunghezze d'onda: blu.
- tetartan è un'anomalia per il giallo, per questa non vi sono ancora prove cliniche, per cui ne viene solo postulata l'esistenza.

Un'anomalia, invece, è lieve nel caso dei soggetti, nei quali, sono sempre presenti i tre pigmenti dei coni, ma uno di questi differisce dal normale e quindi la percezione del colore è solo alterata, mentre, nei casi espliciti prima vi è proprio la scomparsa della capacità di vedere un colore. La condizione d'alterazione nella percezione dei colori ha tre sottocategorie:

- protanomalia: la capacità di discriminazione cromatica inizia verso i 609 nm.  
 La curva di visibilità spettrale ha un suo punto massimo spostato verso il verde, quindi verso le brevi lunghezze d'onda.  
 Per ricostruire, quindi, lo stimolo giallo campione, il soggetto protanomalo usa una quantità elevata di radiazioni rosse: la parte verso il rosso dello spettro risulta di minor brillantezza e con maggior facilità viene persa la percezione per gli stimoli rossi molto desaturati o di bassa luminanza.
- deuteranomalia: il massimo dello spettro visibile è lievemente spostato verso le grandi lunghezze d'onda con conseguente aumento della sensibilità apparente per queste radiazioni: vedono verdastra la radiazione di 589 nm che corrisponde al giallo sodio. In altre parole, per ricostruire lo stimolo giallo campione questo soggetto richiede una maggiore proporzione di verde perché esso risulta possedere minore brillantezza.

I deuteranomali e i protanomali hanno una fortissima riduzione della discriminazione della saturazione nella regione del verde.

- tritanopia: presenta un accorciamento della sensibilità spettrale alle basse lunghezze d'onda, con scarso potere di discriminazione del blu-verde.

Esistono due tipi di deficit della visione dei colori: discromatopsie congenite ed acquisite.

La maggior parte dei casi sono congenite (ereditarie) e sono quasi esclusivamente nel riconoscimento rosso/verde e sono per lo più binoculari.

Le discromatopsie congenite sono considerate una malattia ereditaria recessiva legata ai cromosomi sessuali e nel mondo Occidentale si verifica in circa l'8% degli uomini ma solo il 4-6% dei soggetti lamenta difficoltà e lo 0,4% delle donne. [2]

I maschi sono maggiormente colpiti perché hanno un solo cromosoma X e un cromosoma Y, mentre le femmine hanno due cromosomi X, per cui una donna, per avere tale discromatopsia, deve avere entrambi i genitori che siano portatori o affetti dall'anomalia.

La popolazione maschile risulta presentare:

- 5% deuteranomalia
- 1% deuteranopia
- 1% protanomalia
- 1% protanopia

Mentre quella femminile risulta affetta per uno 0,25- 0,4% da deuteranomalia e raramente per le altre anomalie.

Le discromatopsie acquisite possono verificarsi a qualsiasi età a causa di malattie o lesioni agli occhi o ai processi visivi, tossicità per sostanze e traumi, la gravità di tale discromatopsia varia con il tempo, si ha un'acuità ridotta e campo alterato, si ha un'incidenza simile tra maschi e femmine ed è prevalentemente di tipo tritan.

Con l'invecchiamento della popolazione i difetti acquisiti sono più probabili e si verificano monocularmente, inoltre, alcune delle principali cause di deficit sulla visione dei colori acquisito sono:

Malattie oculari:

- Diabete
- Cataratta
- Degenerazione maculare
- Glaucoma
- Retinite pigmentosa

Assunzione per via generale di:

- Solventi chimici
- Antibiotici
- Antidepressivi
- Supplementi dietetici

Malattie neurologiche:

- Retinopatia
- Neurite ottica
- Neuropatia
- Lesioni
- Cellule gangliari [3]

Birch, nel 1993, classificò le forme acquisite in:

1) Tipo 1 (rosso-verde): è simile alla forma protan congenita dove il picco della curva d'efficienza luminosa è spostato verso le lunghezze d'onda brevi.

Le cause di quest'anomalia possono essere la distrofia dei coni o dell'epitelio retinico pigmentato.

2) Tipo 2 (rosso-verde): è simile alla forma deutran congenita, ma con maggior riduzione della sensibilità spettrale a lunghezze d'onda brevi.

Una causa è la neurite ottica.

3) Tipo 3 (blu-giallo): simile alla forma tritan congenita ma il picco della curva d'efficienza luminosa è spostato verso le lunghezze d'onda brevi. [4]

Le cause possono essere: la degenerazione maculare senile, la distrofia dei coni o dei bastoncelli, le lesioni retiniche periferiche, la retinite pigmentosa, il glaucoma e i disordini vascolari retinici come il diabete ed anche la cataratta, può portare, una lieve alterazione della sensibilità sul blu-giallo dovuta al cristallino opacato.

### 1.3 DISCROMATOPSIA ACQUISITA PROFESSIONALMENTE

L'esposizione professionale a diversi solventi, metalli e prodotti chimici industriali, possono indurre effetti oculari collaterali sulle persone, come l'alterazione della visione dei colori.

Un gran numero di prodotti chimici industriali sono stati esaminati e sono state elencate 96 sostanze che sono "certe" causare difetti sulla visione dei colori, 21 sostanze come probabili e altre 16 come possibili.

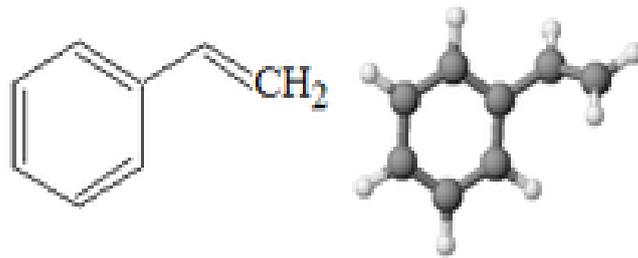
Alcune delle sostanze certe sono:

- ✓ Stirene, noto anche come stirolo, feniletilene o vinilbenzene, è un idrocarburo aromatico. Il gruppo vinile legato all'anello aromatico è caratterizzato da un'elevata reattività, in quanto l'anello aromatico è in grado di delocalizzare cariche elettriche ed elettroni radicalici mediante diverse forme di risonanza. (Figura 5).

A temperatura ambiente, è un liquido oleoso trasparente, dal caratteristico odore dolciastro; è tossico e infiammabile, insolubile in acqua, si scioglie nei più comuni solventi organici. Il suo principale impiego è come monomero per la produzione di numerose materie plastiche. (Figura 6). [5]

L'effetto dello stirene, nella visione dei colori, è correlato alla dose, inoltre, è interessante notare come si è dimostrato un recupero completo del deficit dopo che i lavoratori tornano dalle vacanze e quindi l'esposizione a tale sostanza viene interrotta completamente per un periodo più o meno lungo. [6]

6



*Figura 5 Formula di struttura e modello molecolare  
stirene*

7



*Figura 6 Utilizzo stirene per produzione di  
materiale plastico*

---

<sup>6</sup> Figura 5 tratta dal sito web: <https://it.wikipedia.org/wiki/Stirene>

<sup>7</sup> Figura 6 tratta dal sito web: <https://it.wikipedia.org/wiki/Stirene>

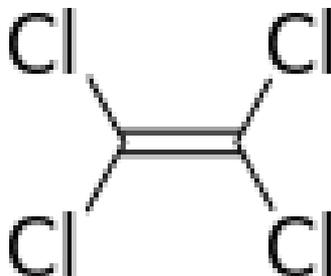
- ✓ percloroetilene (PCE): è un alogenuro organico. La sua struttura è assimilabile a quella di una molecola di etene, i cui quattro atomi di idrogeno sono stati sostituiti da altrettanti atomi di cloro. (Figura 7)

A temperatura ambiente, si presenta come un liquido incolore dall'odore di cloro, più denso dell'acqua. È un composto nocivo per inalazione e pericoloso per l'ambiente (come molti alogenuri organici è scarsamente biodegradabile). Non è infiammabile.

Viene principalmente utilizzato, nelle lavanderie a secco (Figura 8), come solvente per lo sgrassaggio dei metalli, nell'industria chimica e farmaceutica, nell'uso domestico. [7]

Tale solvente, può alterare la visione del colore, a bassi livelli d'esposizione e anche in questo caso l'effetto è correlato alla dose, ma a differenza dello stirene, con la riduzione del livello d'esposizione non si ottiene un miglioramento o meglio una regressione significativa del deficit.

8



*Figura 7 Formula di struttura del Percloroetilene (PCE)*

---

<sup>8</sup> Figura 7 tratta dal sito web: <https://it.wikipedia.org/wiki/Tetracloroetene>



*Figura 8 Lavanderia a secco, ambiente tipico in cui viene impiegato PCE*

- ✓ toluene, noto anche come toluolo, nome IUPAC metilbenzene, è un liquido volatile ed incolore dall'odore caratteristico. (Figura 9)

Il toluene è un idrocarburo aromatico; viene usato come solvente in sostituzione del più tossico benzene, cui somiglia sotto molti aspetti.

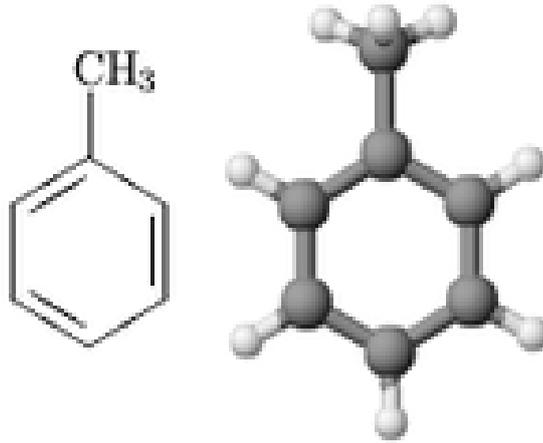
Viene impiegato per sciogliere resine, grassi, oli, vernici, colle, coloranti e molti altri composti, nonostante la sua nocività, viene occasionalmente usato anche come agente pulente. È uno dei più importanti nell'industria. (Figura 10) [7]

Il deterioramento della discriminazione cromatica dovuto a tale sostanza, è stato osservato nei lavoratori esposti cronicamente al toluene.

---

<sup>9</sup> Figura 8 tratta dal sito web: <https://it.wikipedia.org/wiki/Stirene>

10



*Figura 9 Formula di struttura e modello molecolare Toluene.*

11



*Figura 10 Principale impiego del Toluene nell' industrie.*

---

<sup>9</sup> Figura 9 tratta dal sito web: <https://it.wikipedia.org/wiki/Toluene>

<sup>11</sup> Figura 10 tratta dal sito web: <https://it.wikipedia.org/wiki/Toluene>

Alcune delle possibili sostanze (sono pochi i dati disponibili per valutare l'effetto sul colore) che provocano un'alterazione professionale sulla visione dei colori sono:

- ✓ n-esano: miscela di più composti di un qualunque alcano; a temperatura e pressione ambiente si presenta come un liquido incolore, dall'odore di benzina, di cui è un costituente importante, e quasi immiscibile con l'acqua. Il suo utilizzo principale è quello di carburante; è un solvente apolare, utilizzato per l'estrazione di olio dalle farine delle oleaginose. [7](Figura 11), (Figura 12) Sembra presumibilmente, alterare la visione dei colori, ad alti livelli ambientali di questo solvente, principalmente nello spettro blu-giallo. I dati sperimentali sugli animali, raccolti da Nylén nel 1993, sostengono che una co-esposizione simultanea alla luce intensa possa fungere da fattore sinergico sulla tossicità oculare indotta dall'esano. [8]

12

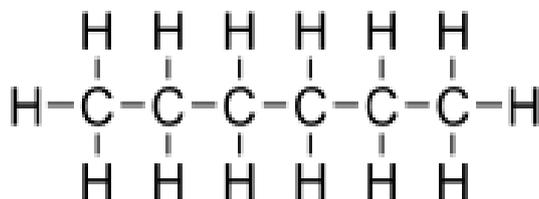


Figura 11 Formula di struttura n-esano

13



Figura 12 Principale utilizzo n-esano come carburante

<sup>12</sup> Figura 11 tratta dal sito web: <https://it.wikipedia.org/wiki/n-esano>

<sup>13</sup> Figura 12 tratta dal sito web: <https://it.wikipedia.org/wiki/Esano>

- ✓ disolfuro del carbonio: è un solfuro organico, a temperatura ambiente, si presenta come un liquido incolore, dall'odore sgradevole. È un composto molto infiammabile, irritante, tossico a causa della sua interazione con il sistema nervoso centrale e nocivo alla riproduzione. (Figura 13)

Sulla visione dei colori, provocherebbe un danno subclinico; i dati sulla relazione dose- effetto sono insufficienti. (Raitta, 1981; Vanhoorne, 1996; Ruijiten, 1990). [9] [10] [11]

14



*Figura 13 Formula di struttura disolfuro del carbonio.*

- ✓ metalli: vari di questi come piombo, manganese, gallio o mercurio possono influenzare la visione dei colori ma non si hanno abbastanza prove cliniche, per studiare l'effetto d'esposizione professionale a questi sulla visione dei colori. [10] [12]
- ✓ miscele di solventi: diversi autori hanno studiato l'effetto dell'esposizione professionale a varie miscele di solventi sulla visione dei colori e si è riscontrata una correlazione tra i due ma il problema principale, circa questo argomento, è che il confronto tra i vari dati risulta difficoltoso in quanto il termine "miscele di solventi" è troppo vago; un gran numero di solventi sono inclusi generalmente in tale termine, con diversi effetti e interazioni metaboliche. [13] [14] [15]

---

<sup>14</sup> Figura 13 tratta dal sito web: [https://it.wikipedia.org/wiki/Solfuro\\_di\\_carbonio](https://it.wikipedia.org/wiki/Solfuro_di_carbonio)

In un certo numero di casi, in cui è nota la tossicità della sostanza, la visione dei colori viene influenzata dal superamento del dosaggio prescritto di tali sostanze, per un'esposizione prolungata ad esse o sviluppo d'ipersensibilità a queste.

L'anomalia sulla visione dei colori professionale, solitamente, provoca la perdita di distinzione del colore blu-giallo o meno frequentemente sul rosso-verde; gli occhi vengono coinvolti in maniera ineguale e il corso è variabile a seconda per l'appunto dell'esposizione degli altri fattori descritti.

La patogenesi di tale discromatopsia non è ancora stata delucidata, in quanto potrebbe essere dovuta: sia ad un'azione diretta della neurotossina sui recettori retinici, possibilmente sul metabolismo della membrana del cono, e/o ad un'interferenza con i neurotrasmettitori all'interno della retina come ad esempio la dopamina, oppure si pensa a dei meccanismi patogenetici, come l'effetto diretto sul nervo ottico.

Nel 2000, F. Dick, S. Semple, R. Chen, A. Seaton suggerirono che: «la perdita di visione del colore può essere parte di una sindrome neurologica relativa all'esposizione organica dei solventi e che quest'ultima venga accompagnata dalla sensazione di tremolio alle gambe, ad un danno conoscitivo e ad un tremito grossolano». [16] [17]

Questa forma è subclinica e i lavoratori sono ignari di tutto il deficit; la progressione è tanto maggiore quanto l'aumento dell'esposizione e quindi, la diagnosi precoce e la successiva eliminazione della fonte può portare al ripristino della sensibilità cromatica; viene riportata la parola "può portare" perché la reversibilità è ancora discussa mentre la progressione in base all'esposizione è ormai fatto certo. [18]

## Capitolo 2 - METODO

---

### 2.1 Gli strumenti di lavoro

Gli strumenti utilizzati ai fini della ricerca sono due: le tavole pseudoisocromatiche H.R.R (Hardy, Rand e Rittler) 4° edizione e l'applicazione per smart-phone e tablet "Color Blind Check" in grado di valutare i deficit sulla visione dei colori.

Il primo, di questi strumenti, sviluppato da Hardy, Rand e Rittler negli anni '50, è stato ristampato da Richmond Products Inc., Albuquerque in New Messico, USA, eseguito monocolarmente, permette uno screening d'analisi per individuare l'eventuale presenza di un deficit sulla visione dei colori e la cosiddetta condizione di normalità, l'identificazione dell'eventuale deficit: congenite e acquisite, la diagnosi qualitativa e quantitativa del tipo di deficit: protan, deutan, tritan, tetartan, nonché la misura di tale difetto: lieve, moderato o forte.

Viene scelto l'utilizzo di tale test, per la possibilità di eseguirlo direttamente nel posto di lavoro e la sua riproducibilità in condizioni standardizzate; il test è stato svolto su di un piano inclinato alla distanza di 40 centimetri e con l'ausilio di una lampada tra le 10 e 60 candele per fornire un'illuminazione adeguata ed ottenere risultati esatti; tale illuminazione ha un'importante rilevanza per la determinazione di tutti i difetti tritan quindi sulle lunghezze d'onda del blu.

Il test è costituito da 24 piastre, le prime 4 non sono segnate perché queste tavole, mostrate in sequenza, sono una dimostrazione del test, prima di eseguire il vero e proprio screening; direttamente dalle istruzioni ufficiali del test vengono indicate le domande che sono state poste ai

lavoratori ovvero: “Ho intenzione di mostrarle alcuni simboli colorati. Senza toccarli, quanti ne vede? Dove sono?” (Richmond Products Inc).

Lo screening comprende le tavole dalla quinta alla decima, ponendo le stesse domande elencate sopra.

È importante ottenere una risposta immediata, per quanto riguarda il numero di simboli visti e non è stato accettato nessun ripensamento nella risposta da parte del soggetto esaminato.

Si è registrata la risposta del paziente (usando X, O) nell'apposita griglia sul foglio di punteggiaggio, se la risposta dell'esaminato a tutte e tre le domande è stata corretta, è stata segnata una “v” di conferma sulla griglia opportuna; se d'altra parte, l'esaminato rispondeva in maniera errata a una qualsiasi delle tre domande, non è stato segnato nulla.

A questo punto, il test di screening era concluso e se le sei caselle delle risposte erano corrette, il soggetto ha la visione del colore normale in quell'occhio e non è più necessario continuare con le altre tavole del test.

Se le piastre 5 o 6 non sono segnate, l'esaminato ha una visione dei colori alterata sul blu-giallo e l'esaminatore continua a mostrare le piastre 21-24.

Se una qualsiasi delle piastre 7-10 non sono state segnate, il soggetto sotto esame ha un difetto cromatico sul rosso-verde e l'esaminatore procede a mostrare le piastre 11-20.

Se le piastre di entrambi i gruppi di selezione (5-6 e 7-10) non sono contrassegnate, tutte le piastre restanti (11-24) devono essere sottoposte al giudizio del soggetto.

Per la diagnosi ed estensione del difetto, vengono utilizzate le piastre 11-24; nel presentare ciascuna delle piastre, ancora

una volta, bisogna chiedere al paziente di rispondere alle tre domande e inserire un segno di conferma nello spazio fornito sul foglio di punteggiaggio, ogni volta che il risponde correttamente e individua un simbolo; al termine del test, contare il numero delle risposte in ogni colonna; tale test vengono anche forniti gli spazi per riepilogare i totali.

La visione del colore normale si ha o quando un soggetto esaminato dà risposte corrette a tutte e sei le piastre di screening, quindi il test può essere interrotto a questo punto, oppure un soggetto che commette uno o più errori nelle piastre di screening ma nessuno nelle piastre diagnostiche successive, ha la visione del colore normale nell'occhio preso in esame.

La visione alterata del colore dipende:

1. tipo di difetto:

- Mancanza sul rosso-verde: un soggetto è definito protan se il numero totale di controlli nella colonna protan è maggiore di quello della colonna deutan;
- deutan se il numero totale di controlli nella colonna deutan è maggiore di quello della colonna protan;
- Non classificato come tipo di deficit rosso-verde se il numero di controlli è lo stesso nelle colonne protan e deutan, o se sono stati effettuati errori solo nelle piastre di vagliatura.
- Mancanza sul blu-giallo: un paziente è tritan se il numero di controlli nella colonna tritan è maggiore che nella colonna tetartan;
- tetartan se il numero totale di controlli nella colonna tetartan è maggiore di quello della colonna tritan;

- Non classificato come tipo di carenza sulla visione del colore giallo-blu se il numero di controlli è lo stesso nelle colonne tritan e tetartan, o se sono stati effettuati errori solo nella serie di screening.

Errori sparsi nei vari gruppi di piastre possono indicare simulazione, monocromatismo (daltonismo totale) o bassa discriminazione cromatica che si avvicina al monocromatismo; dal momento che, il monocromato di solito, differisce dal tricromato nella luminosità degli stimoli cromatici, il paziente può essere in grado di riconoscere alcune delle figure di prova per la loro apparente differenza di luminosità dallo sfondo.

2. estensione del difetto: la prova del test H.R.R riconosce tre gradi di difetto: leggero, moderato e forte.

L'ultimo gruppo di piastre in cui si verifica l'errore dà l'estensione della carenza nella visione del colore dell'esaminato; per esempio, in un caso di deficit rosso-verde se l'ultimo errore si verifica in un gruppo di piastre 7-10 o 11-15 e non ci sono errori nelle piastre 16-20, il difetto è in misura lieve; se l'ultimo errore si verifica nelle piastre 16-18 e non ci sono errori nelle piastre 19-20, il difetto è di medie dimensioni; e se si verificano errori nelle piastre 19-20, il difetto è forte; lo stesso discorso vale per la mancanza di percezione del colore sul blu-giallo.

15

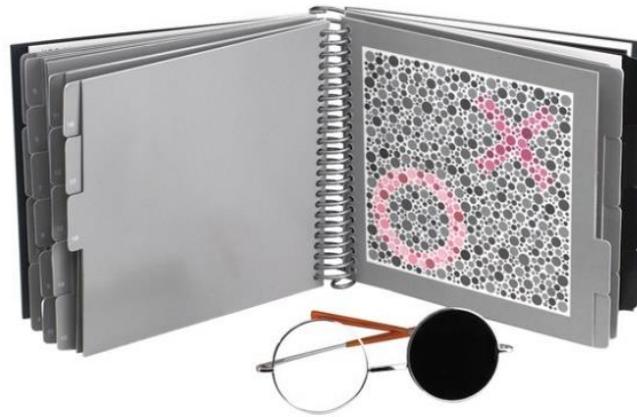


Figura 14 tavole pseudoisocromatiche H.R.R., eseguite monocolarmente

16

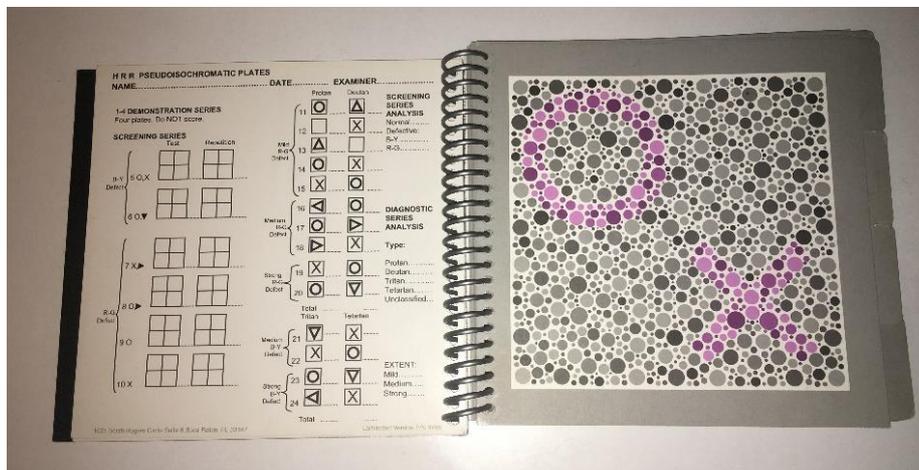


Figura 15 Tavola dei risultati H.R.R

<sup>15</sup> Figura 14 tratta dal sito web: [http://cdn.bernell.com/images/uploads/3045\\_7812\\_large.jpg](http://cdn.bernell.com/images/uploads/3045_7812_large.jpg)

<sup>16</sup> Figura 15 Immagine acquisita prima di procedere con il test di screening

Il secondo strumento utilizzato per il deficit sulla visione dei colori è l'applicazione scaricata sul tablet: "Color Blind Check" in grado di valutare, tra i 2 e i 4 minuti, il tipo e la gravità della mancata percezione del colore; anche in questo caso viene scelta per la possibilità di eseguirla nell'ambiente di lavoro dei soggetti ad una distanza di 40 centimetri; tale test prevede il riconoscimento di macchie di colore diverse dallo sfondo che si mostrano a vari intervalli e il soggetto ha il compito di toccare la parte dello sfondo, dove tali macchie si presentano.

Tale applicazione, non è ancora validata scientificamente, ma presenta dei parametri di misura alquanto validi perché oltre che calcolare il punteggio complessivo del test, valuta il tempo trascorso per fare il test; la gravità del deficit: con un punteggio 0 non è presente nessuna forma di daltonismo, mentre con 100 vi è una forte carenza di visione dei colori e inerente a ciò vi è uno specifico punteggio che va a mostrare quale tipo di difetto si è individuato tra protan, deutan e tritan.

Per concludere, vi è anche un parametro che indica le statistiche sulle prestazioni dettagliate del controllo.

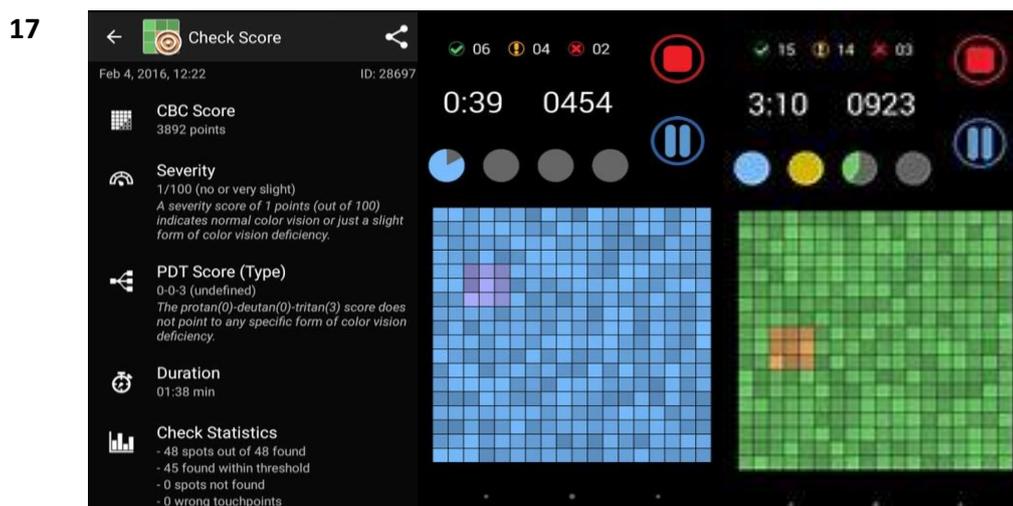


Figura 16 Parametri rilevati dall'applicazione Color Blind Check ed esempi di schermata di screening

<sup>17</sup> Figura 16 tratta dal sito web: <http://www.colorblindcheck.com/>

## 2.2 Il gruppo di lavoro

I lavoratori esaminati hanno partecipato volontariamente e in maniera anonima allo studio, 140 soggetti impiegati nel ramo professionale dei meccanici, carrozzieri e lavanderie a secco perché esposti professionalmente a sostanze chimiche volatili; nello specifico sono stati presi in esame, 102 soggetti di sesso maschile e 38 soggetti di sesso femminile, di età compresa tra i 24 e i 65 anni, sono stati valutati monocularmente ambedue gli occhi perché ciò che interessava tale ricerca è la differenza tra i due occhi e il confronto tra i due test.

I lavoratori che hanno preso parte alla ricerca dovevano:

- Essere impiegati nei rami professionali sopra indicati, da almeno 5 anni, sono stati esclusi stagisti.
- Aver firmato un consenso informato, riportato in seguito sulla pubblicazione dei dati.
- I test di screening sono stati svolti senza l'eventuale correzione abituale del soggetto.
- Non è stata eseguita sul gruppo di lavoro un'anamnesi circa l'eventuale presenza passata o presente, di patologie oculari.

## 2.3 Lo studio

L'intera raccolta dei dati è avvenuta nel luogo di lavoro dei 140 soggetti esaminati tra le varie frazioni del comune di Lonigo, in provincia di Vicenza.

Per iniziare, è stato fatto firmare ai soggetti il consenso informato per poter svolgere i due test, successivamente è stato chiesto a ciascun soggetto, gli anni di lavoro e gli orari in quel determinato tipo di settore.

Dopo aver predisposto il test, su di un piano inclinato portatile e aver posizionato una lampadina, sempre portatile per ottenere la giusta illuminazione, si è posizionato il soggetto ad una distanza di 40 cm e dopo aver spiegato il primo test, ovvero le tavole pseudoisocromatiche H.R.R, con un'occhiale di prova, sul quale è stato posto un filtro occlusore, è stato occluso l'occhio sinistro dell'esaminato, si è iniziata la dimostrazione, che prevede il test per capire la procedura e quindi confermare la fattibilità della procedura stessa, l'adeguatezza dei dati e delle modalità di svolgimento dello screening.

La durata di tale test, si è aggirata intorno ai 10 minuti e dopo aver fatto trascorrere circa 5 minuti di pausa, per evitare l'influenza di tale test sul secondo o la confusione del soggetto.

Sempre nelle stesse condizioni del primo test, è stato presentato ai vari soggetti il secondo strumento di lavoro ovvero un tablet sul quale è stata scaricata l'applicazione "Color Blind Check".



Progetto di ricerca di Donadi Marta  
*La visione dei colori in lavoratori esposti  
a sostanze volatili nell'ambiente di lavoro*



*Svolto all'interno del Corso di laurea in Ottica e Optometria - Università di Padova*

**Modulo di consenso informato per la partecipazione allo studio**

Prima di decidere liberamente se vuole partecipare a questo studio, legga questo consenso informato e ponga al responsabile della ricerca tutte le domande che riterrà opportune al fine di essere pienamente informato degli scopi e delle modalità di esecuzione del test. La preghiamo di ricordare che questo è un progetto di ricerca e che la sua partecipazione è completamente volontaria. Lei si potrà ritirare in qualunque momento.

**SCOPO DELLO STUDIO**  
Una ricerca sulla condizione della visione dei colori in lavoratori (finalizzata alla presentazione di una tesi di laurea).

**STRUMENTI UTILIZZATI PER LA RICERCA:**  
Applicazione "Color Blind Check"; test pseudoisocromatico IRR color vision test.

**PROCEDURA SPERIMENTALE**  
Il lavoratore volontario che si sottoporrà al test sarà seduto e, dopo le necessarie spiegazioni sulle modalità di esecuzione del test, osserverà alcune immagini-test su un piano inclinato ad una distanza intorno ai 40 cm dal soggetto. La procedura prevede solo l'osservazione di immagini-test e l'indicazione di come sono viste tali immagini anche toccando un monitor test.

Non sono previste: prove invasive o a contatto con gli occhi, né instillazione di gocce negli occhi. Il partecipante può chiedere qualsiasi chiarimento su qualunque aspetto della procedura sperimentale in qualsiasi momento. Tempo stimato di esecuzione della prova complessiva: 5/ 10 minuti.

Tutti i risultati sono raccolti in forma anonima e non sono riconducibili al singolo partecipante.

**ALTRE INFORMAZIONI UTILI**  
Riservatezza. I dati sono raccolti in forma anonima. I soli dati anagrafici raccolti saranno trattati in accordo con le leggi sulla privacy e in conformità al Decreto Legislativo 30 giugno 2003 n. 196 "Codice in materia di protezione dei dati personali."

Compili la parte seguente:

Il/la sottoscritto/a \_\_\_\_\_ Nato/a il \_\_\_\_\_

Dichiara:

- di aver letto attentamente le spiegazioni relative a questo studio e l'intera procedura sperimentale;
- di essere stato informato/a riguardo alle finalità e agli obiettivi della ricerca in questione;
- di aver avuto la possibilità di porre domande a proposito di qualsiasi aspetto della procedura sperimentale e di aver ottenuto risposte soddisfacenti;
- di aver ricevuto soddisfacenti assicurazioni sulla riservatezza delle informazioni ottenute dall'esame della propria persona;
- di essere consapevole che lo studio prevede una semplice osservazione e non prevede l'uso di farmaci o tecniche invasive o pericolose;
- di essere consapevole di potersi ritirare in qualsiasi fase dello studio;
- di aver liberamente dato il consenso alla partecipazione a questo studio;

Data \_\_\_\_\_

Firma del Partecipante: \_\_\_\_\_

*Figura 17 Consenso informato sottoposto ai  
soggetti esaminati*

## Capitolo 3 - RISULTATI

---

### 3.1 Analisi dei dati

L'analisi dei dati è stata effettuata tramite l'utilizzo delle specifiche funzioni del programma Microsoft Excel 2016, riportando tutto il materiale raccolto in tabelle e grafici.

In tale ricerca, sono entrate in gioco diverse variabili:

1. il sesso dei lavoratori esaminati in maniera anonima e randomizzata, 102 maschi e 38 femmine; il gruppo di lavoro è risultato essere più numeroso per i maschi (73%, come in figura 1) che per le femmine (27%).
2. l'età compresa tra i 24 e i 65 anni (figura 5).
3. gli anni di lavoro (figura 6).

Le tre variabili, sono state presentate mediante delle tabelle, suddividendo le tre categorie di lavoratori (Figura 7, 8, 9).

Successivamente, è stato tracciato un grafico a dispersione riportando nell'asse delle x la variabile considerata e nell'asse y la loro distribuzione normale.

Inizialmente, è stata calcolata, grazie alla funzione media di Excel, la media relatività all'età dei soggetti e agli anni di lavoro, è stata calcolata la deviazione standard, si è poi concluso con il calcolo della distribuzione normale e si è tracciato il grafico a dispersione delle due variabili rilevanti.

In questi grafici, è stata tracciata anche la funzione gaussiana, considerata come la curva che "descrive i dati"; quest'ultima presenta un massimo vicino al valor medio ed è più o meno ampia a seconda della dispersione (deviazione standard) dei valori attorno alla media.

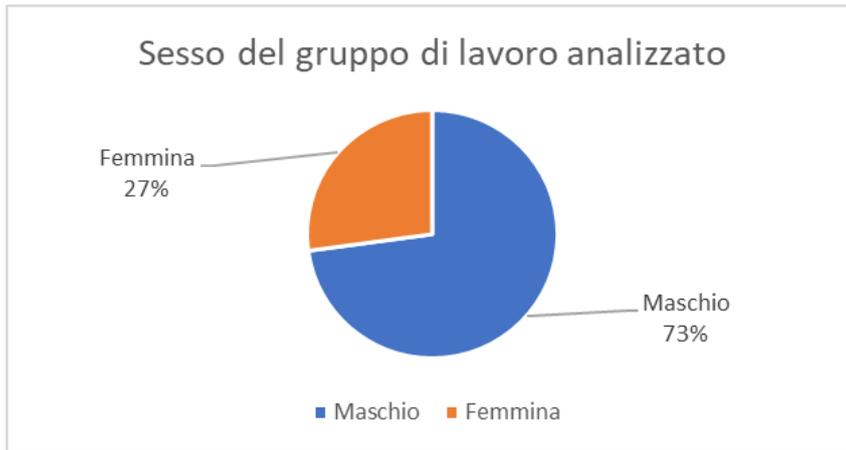


Figura 1 Areogramma sul sesso del gruppo di lavoro analizzato; composto da 140 soggetti in totale.

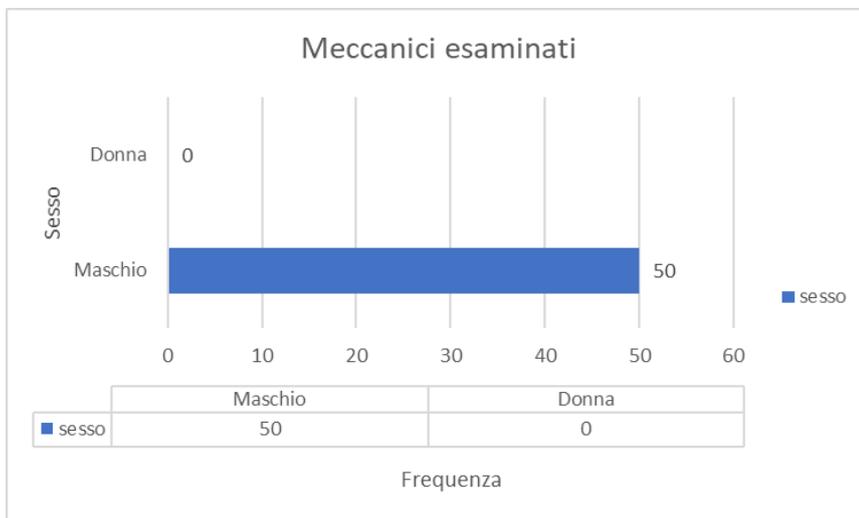


Figura 2 Grafico a barre raggruppate sul sesso del gruppo di lavoro di 50 meccanici esaminati.

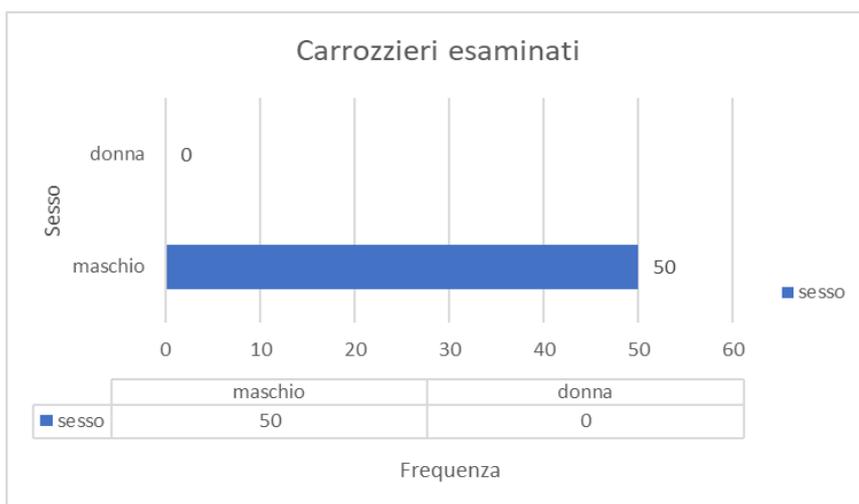


Figura 3 Grafico a barre raggruppate sul sesso del gruppo di lavoro di 50 carrozzieri esaminati.

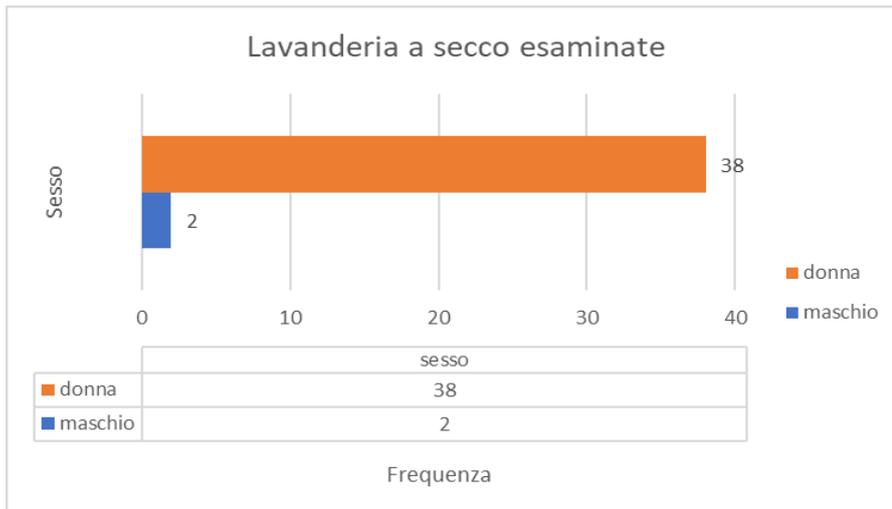


Figura 4 Grafico a barre raggruppate sul sesso del gruppo di lavoro di 40 lavanderie a secco esaminate.

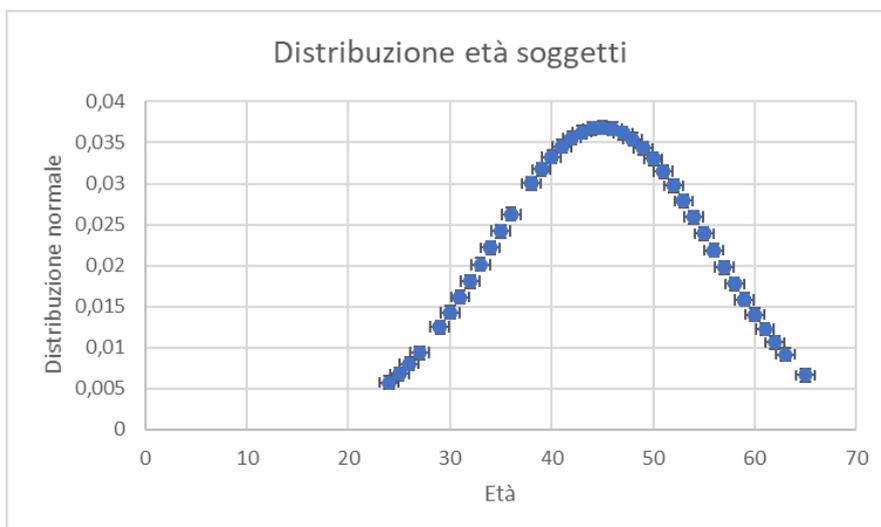


Figura 5 Grafico a dispersione con dati dell'età dei soggetti sull'asse x e distribuzione normale l'asse y.

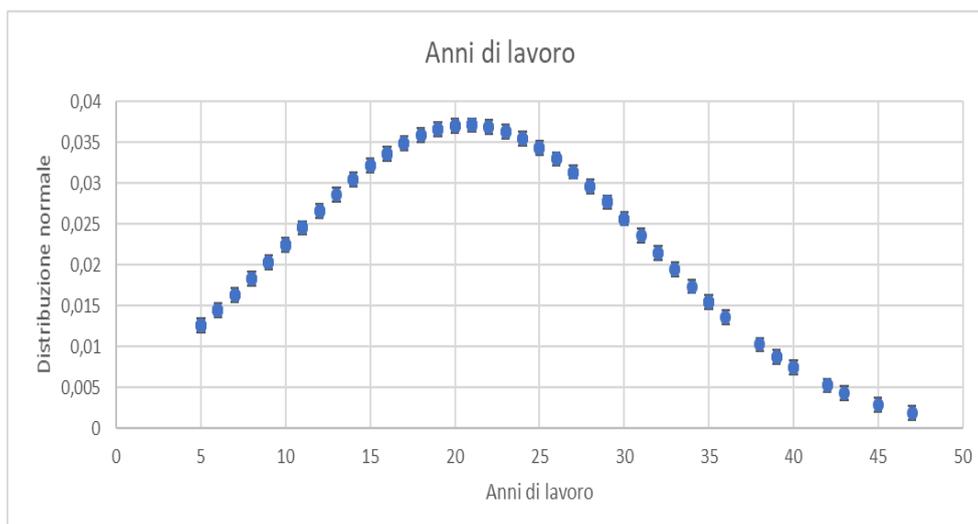


Figura 6 Grafico a dispersione con dati relativi agli anni di lavoro degli esaminati sull'asse x e distribuzione normale nell'asse y.

Meccanici esaminati	Sesso:	Età:	Anni di lavoro:
Soggetto 1	maschio	24	5
Soggetto 2	maschio	25	6
Soggetto 3	maschio	30	10
Soggetto 4	maschio	45	20
Soggetto 5	maschio	31	5
Soggetto 6	maschio	24	6
Soggetto 7	maschio	55	32
Soggetto 8	maschio	60	40
Soggetto 9	maschio	60	42
Soggetto 10	maschio	39	18
Soggetto 11	maschio	50	32
Soggetto 12	maschio	29	11
Soggetto 13	maschio	50	10
Soggetto 14	maschio	41	11
Soggetto 15	maschio	49	19
Soggetto 16	maschio	39	21
Soggetto 17	maschio	54	35
Soggetto 18	maschio	59	39
Soggetto 19	maschio	55	27
Soggetto 20	maschio	39	20
Soggetto 21	maschio	41	21
Soggetto 22	maschio	42	24
Soggetto 23	maschio	49	19
Soggetto 24	maschio	50	30
Soggetto 25	maschio	61	43
Soggetto 26	maschio	39	20
Soggetto 27	maschio	42	24
Soggetto 28	maschio	34	14
Soggetto 29	maschio	38	21
Soggetto 30	maschio	46	16
Soggetto 31	maschio	56	29
Soggetto 32	maschio	53	35
Soggetto 33	maschio	47	26
Soggetto 34	maschio	59	39
Soggetto 35	maschio	40	22
Soggetto 36	maschio	59	34
Soggetto 37	maschio	29	12
Soggetto 38	maschio	26	5
Soggetto 39	maschio	39	21
Soggetto 40	maschio	36	6
Soggetto 41	maschio	41	20
Soggetto 42	maschio	34	7
Soggetto 43	maschio	38	8
Soggetto 44	maschio	29	9
Soggetto 45	maschio	31	10
Soggetto 46	maschio	47	29
Soggetto 47	maschio	62	42
Soggetto 48	maschio	63	45
Soggetto 49	maschio	48	8
Soggetto 50	maschio	34	12

*Figura 7 Tabella relativa al sesso, età e anni di lavoro dei 50 soggetti esaminati nella professione di meccanico.*

Carrozzeri esaminati	Sesso:	Età:	Anni di lavoro:
Soggetto 1	maschio	50	26
Soggetto 2	maschio	35	10
Soggetto 3	maschio	39	19
Soggetto 4	maschio	59	40
Soggetto 5	maschio	56	28
Soggetto 6	maschio	42	21
Soggetto 7	maschio	45	25
Soggetto 8	maschio	29	5
Soggetto 9	maschio	57	38
Soggetto 10	maschio	55	35
Soggetto 11	maschio	41	21
Soggetto 12	maschio	58	28
Soggetto 13	maschio	59	30
Soggetto 14	maschio	33	11
Soggetto 15	maschio	38	18
Soggetto 16	maschio	40	13
Soggetto 17	maschio	30	5
Soggetto 18	maschio	47	17
Soggetto 19	maschio	36	6
Soggetto 20	maschio	59	31
Soggetto 21	maschio	54	23
Soggetto 22	maschio	31	8
Soggetto 23	maschio	29	9
Soggetto 24	maschio	30	10
Soggetto 25	maschio	25	5
Soggetto 26	maschio	31	11
Soggetto 27	maschio	48	17
Soggetto 28	maschio	32	7
Soggetto 29	maschio	43	25
Soggetto 30	maschio	44	14
Soggetto 31	maschio	47	7
Soggetto 32	maschio	52	27
Soggetto 33	maschio	60	40
Soggetto 34	maschio	65	47
Soggetto 35	maschio	34	16
Soggetto 36	maschio	56	27
Soggetto 37	maschio	53	21
Soggetto 38	maschio	39	17
Soggetto 39	maschio	38	20
Soggetto 40	maschio	59	36
Soggetto 41	maschio	58	35
Soggetto 42	maschio	51	21
Soggetto 43	maschio	50	30
Soggetto 44	maschio	55	15
Soggetto 45	maschio	40	12
Soggetto 46	maschio	49	20
Soggetto 47	maschio	39	14
Soggetto 48	maschio	51	21
Soggetto 49	maschio	59	39
Soggetto 50	maschio	53	29

*Figura 8 Tabella relativa al sesso, età e anni di lavoro dei 50 soggetti esaminati nella professione di carrozziere.*

Lavanderia esaminate:	Sesso:	Età:	Anni di lavoro:
Soggetto 1	Femmina	25	5
Soggetto 2	Femmina	54	26
Soggetto 3	Femmina	44	19
Soggetto 4	Femmina	58	29
Soggetto 5	Femmina	55	27
Soggetto 6	Femmina	51	23
Soggetto 7	Femmina	34	10
Soggetto 8	Femmina	39	9
Soggetto 9	Femmina	40	16
Soggetto 10	Femmina	56	29
Soggetto 11	Femmina	52	25
Soggetto 12	Femmina	43	22
Soggetto 13	Femmina	58	28
Soggetto 14	Femmina	36	11
Soggetto 15	Femmina	26	6
Soggetto 16	Femmina	29	9
Soggetto 17	Femmina	56	25
Soggetto 18	Femmina	50	30
Soggetto 19	Femmina	38	17
Soggetto 20	Femmina	47	21
Soggetto 21	Femmina	32	6
Soggetto 22	Femmina	53	29
Soggetto 23	Femmina	34	10
Soggetto 24	Femmina	59	15
Soggetto 25	Femmina	46	27
Soggetto 26	Femmina	41	15
Soggetto 27	Femmina	42	19
Soggetto 28	Femmina	46	24
Soggetto 29	Femmina	59	33
Soggetto 30	Femmina	60	35
Soggetto 31	Femmina	39	10
Soggetto 32	Femmina	35	16
Soggetto 33	Femmina	57	23
Soggetto 34	Femmina	52	25
Soggetto 35	Femmina	41	16
Soggetto 36	Femmina	59	35
Soggetto 37	Femmina	58	33
Soggetto 38	Femmina	49	5
Soggetto 39	maschio	55	30
Soggetto 40	maschio	27	5

*Figura 9 Tabella relativa al sesso, età e anni di lavoro dei 40 soggetti esaminati nella professione di lavanderia a secco.*

Nella sezione “Appendice” vengono riportate le diverse tabelle di lavoro, nelle quali i dati registrati dei diversi soggetti esaminati, sono stati divisi in base alla loro professione e si sono create due schede di lavoro distinte per i dati relativi ai due test d’esame.

Qui di seguito, vengono presentati i grafici di distribuzione circa la differenza di deficit sulla percezione dei colori, tra i due occhi, rilevata durante lo screening e diagnosi con il test H.R.R. a cui sono stati sottoposti i lavoratori.

In entrambe le fasi del test, per quanto riguarda il deficit, non vi è un risultato atteso; c’è solo da precisare che nella fase di screening, si parla di presunta anomalia perché quest’ultima può essere accertata solo durante la fase di diagnosi prevista.

Come si può notare, il primo grafico a barre raggruppate, denota come sia stato rilevato un grado di deficit maggiore sull’occhio destro dei soggetti esaminati, a differenza di quello sinistro e tale tipo di risposta evidenzia la probabile presenza di una condizione acquisita, se contrariamente fosse stato pari indicherebbe probabilmente un fattore congenito.

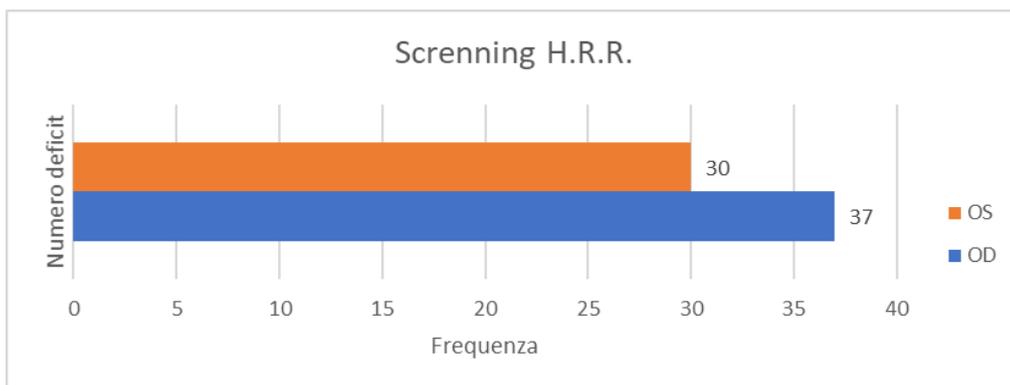


Figura 10 Grafico a barre relativo alla fase di screening, s'individua un probabile deficit sulla visione dei colori: OD 37 esaminati, OS 30 esaminati

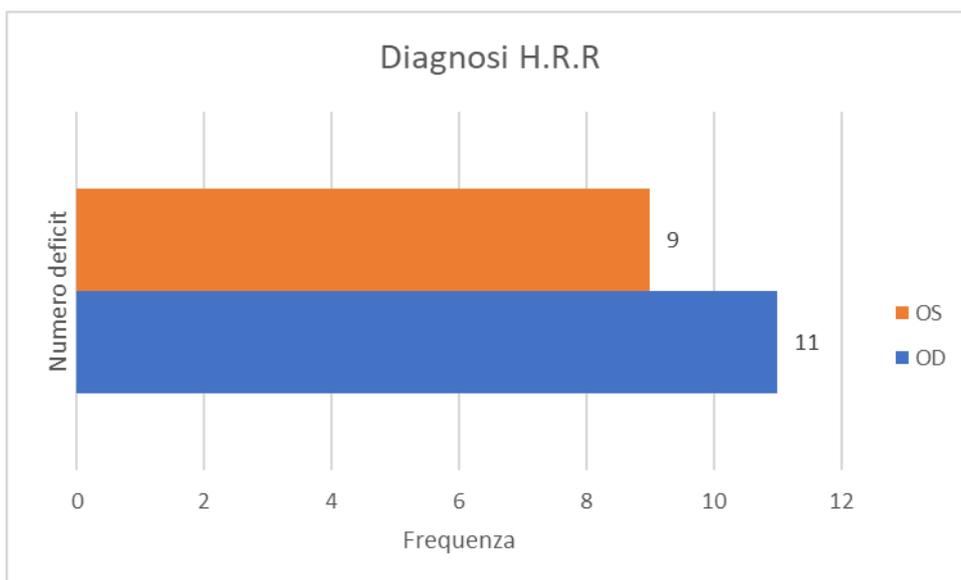


Figura 11 Grafico a barre relativo alla fase di diagnosi, s'individua un deficit sulla visione dei colori: OD 11 esaminati, OS 9 esaminati.

Per quanto riguarda l'applicazione per tablet "Color Blind Check", pur avendo diversi parametri, porta a tenere in considerazione un unico parametro ai fini della ricerca ed è proprio la diagnosi circa il deficit sulla visione dei colori nei lavoratori; anche in questo caso non vi è nessun dato atteso.

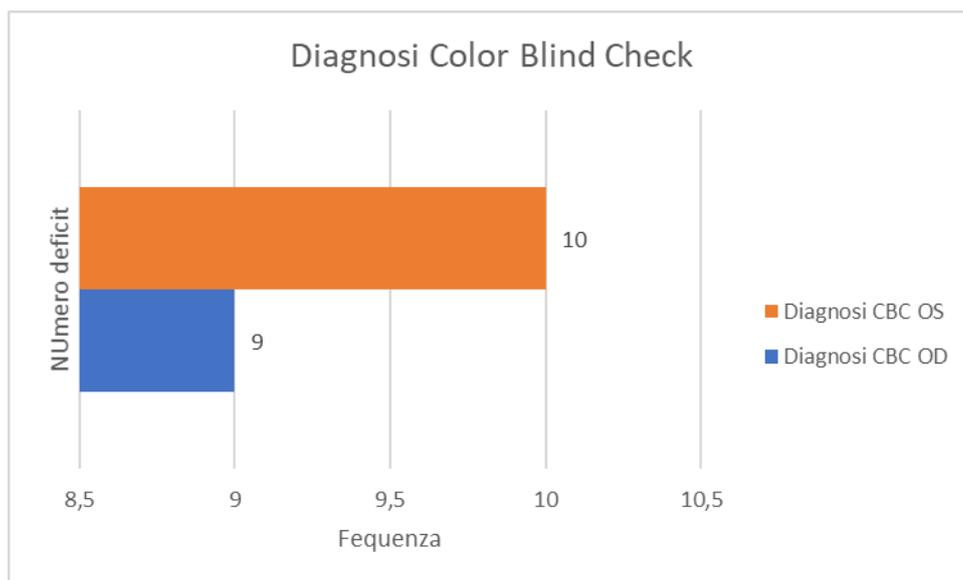


Figura 12 Grafico a barre relativo alla diagnosi con CBC, s'individua un deficit sulla visione dei colori: OD 9 esaminati, OS 10 esaminati.

Qui di seguito, si riportano le tabelle con i risultati dei due test divisi nelle tre categorie di professioni lavorative analizzate e si nota come i singoli risultati differiscano molto ovvero, un soggetto che presenta un'anomalia del tipo tritan con il test H.R.R, non risulta esserlo con l'applicazione "Color Bind Check"; tali dati sono evidenziati con colori differenti rispetto al resto dei risultati.

Diagnosi meccanici con H.R.R. OD	Diagnosi meccanici con H.R.R. OS	Diagnosi CBC OD	Diagnosi CBC OS
inclassificato	Inclassificato	Indefinito	Rosso-Verde
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
tritan	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
Inclassificato	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	Tritan	Indefinito	Blu-giallo
/	/	Indefinito	Indefinito
Inclassificato	/	Rosso-verde	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
inclassificato	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
Tritan	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	Inclassificato	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
inclassificato	inclassificato	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
inclassificato	Inclassificato	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
inclassificato	inclassificato	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	tritan	Indefinito	Blu-giallo
tritan	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	Inclassificato	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
inclassificato	/	Indefinito	Indefinito

Figura 10 Tabella che indica le differenze riscontrate tra i due test d'esame nella professione di meccanico.

Diagnosi carrozzieri con H.R.R. OD	Diagnosi carrozzieri con H.R.R. OS	Diagnosi CBC OD	Diagnosi CBC OS
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
tetartan	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
tritan	/	Blu-giallo	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	Inclassificato	Indefinito	Indefinito
Tritan	/	Blu-giallo	Indefinito
/	Tritan	Indefinito	blu-giallo
Inclassificato	Inclassificato	Indefinito	Indefinito
Inclassificato	/	Blu-giallo	Indefinito
Inclassificato	Inclassificato	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
Protan	/	Rosso-verde	Indefinito
Inclassificato	Inclassificato	Indefinito	Indefinito
/	Protan	Indefinito	Rosso-verde
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
Inclassificato	/	Indefinito	Indefinito
Inclassificato	/	Indefinito	Indefinito
Inclassificato	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
Tritan	/	Blu-giallo	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
Inclassificato	/	Indefinito	Indefinito
Inclassificato	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
Inclassificato	Inclassificato	Indefinito	Indefinito
/	Tritan	Indefinito	Blu-giallo
/	/	Indefinito	Indefinito
/	Tetartan	Indefinito	blu-giallo
/	/	Indefinito	Indefinito
Inclassificato	Inclassificato	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	tritan	Indefinito	blu-giallo
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
Inclassificato	Inclassificato	Indefinito	Indefinito

Figura 11 Tabella che indica le differenze riscontrate tra i due test d'esame nella professione di carrozziere.

Diagnosi lavanderia con H.R.R. OD	Diagnosi lavanderia con H.R.R. OS	Diagnosi CBC OD	Diagnosi CBC OS
/	/	Indefinito	indefinito
/	/	Indefinito	indefinito
/	/	Indefinito	indefinito
/	/	Indefinito	indefinito
/	/	Indefinito	indefinito
/	/	blu-giallo	indefinito
/	/	Indefinito	indefinito
inclassificato	/	Indefinito	indefinito
inclassificato	inclassificato	Indefinito	indefinito
inclassificato	inclassificato	Indefinito	indefinito
/	/	Indefinito	indefinito
inclassificato	inclassificato	Indefinito	indefinito
/	/	Indefinito	indefinito
/	inclassificato	Indefinito	indefinito
inclassificato	inclassificato	Indefinito	indefinito
/	/	Indefinito	indefinito
/	/	Indefinito	indefinito
/	/	Indefinito	indefinito
inclassificato	/	Indefinito	indefinito
/	/	Indefinito	Indefinito
/	/	Indefinito	indefinito
/	/	Indefinito	indefinito
/	/	Indefinito	indefinito
/	/	Indefinito	indefinito
Tritan	Tritan	Indefinito	blu-giallo
/	/	Indefinito	indefinito
Inclassificato	Inclassificato	Indefinito	indefinito
Inclassificato	inclassificato	Indefinito	indefinito
/	/	Indefinito	indefinito
/	/	Indefinito	indefinito
Inclassificato	inclassificato	Indefinito	indefinito
/	/	Indefinito	indefinito
/	/	Indefinito	indefinito
/	inclassificato	Indefinito	indefinito
Inclassificato	inclassificato	Indefinito	indefinito
/	/	Indefinito	indefinito
/	/	Indefinito	indefinito
Inclassificato	Tritan	Indefinito	indefinito
tritan	/	blu-giallo	indefinito

Figura 12 Tabella che indica le differenze riscontrate tra i due test d'esame nella professione di lavanderia a secco.

Per concludere, si sono poi confrontati, i deficit dei due test, in base al tipo rilevato e si è riscontrato come l'alterazione sulla percezione dei colori è maggiore sul blu-giallo e quindi del tipo tritan-tetartan, rispetto al rosso-verde e quindi protan e deutan.

Nel grafico a barre raggruppate, presentato qui di seguito, si può notare ciò che è stato descritto prima per il deficit sul blu-giallo e questo rappresenta un indice importante della presenza di una condizione acquisita; se si parlasse di condizione congenita vi sarebbe una spinta sul rosso-verde.

La condizione differente, che si può notare tra i due occhi, va a rafforzare sempre più, la probabilità della presenza di una condizione acquisita rispetto a quella congenita.

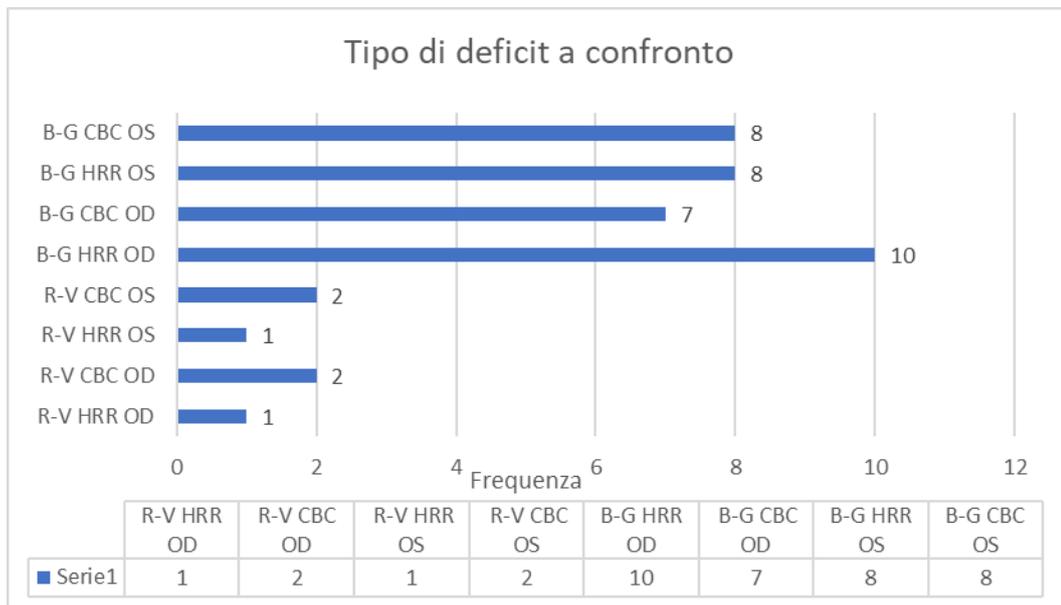


Figura 13 Grafico a barre raggruppate per il confronto del tipo di deficit rilevato con i due test d'esame; sull'asse x le frequenze dei deficit, sull'asse y il tipo d'anomalia rilevato.

## Capitolo 4 - CONCLUSIONI

---

### 4.1 Discussione

Si è potuto osservare, dai dati raccolti sulla prevalenza, che vi è una leggera alterazione sulla visione dei colori nei lavoratori esposti professionalmente alle sostanze chimiche volatili; il deficit si manifesta a livello monoculare, in maniera differente tra i due occhi per singolo soggetto e si sviluppa principalmente sul blu-giallo; indicatori significativi sul fatto che si è nel ramo delle discromatopsie acquisite e non congenite in quanto quest'ultime, risultano coinvolte maggiormente sul tipo rosso-verde e non in maniera così differente tra i due occhi.

Sul gruppo di lavoro, di 140 soggetti, la prevalenza di tale anomalia risulta essere minima tuttavia è importante sottolineare, come lo scopo della tesi, fosse proprio quello d'individuare condizioni anomale nella percezione dei colori, in un contesto critico, non strettamente trovare il nesso causale, poiché le discromatopsie relative al colore sono legate a diversi fattori difficili da controllare.

In tale ricerca, è stato rilevante evidenziare la prevalenza dell'alterazione sul colore del tipo B-G, che non rappresenta una condizione congenita ma indica una condizione anomala aspecifica che potrebbe, per l'appunto, essere legata all'esposizione professionale alle sostanze chimiche volatili, ma non si possono escludere altri fattori quali l'età o la presenza di eventuali patologie oculari.

Se il test evidenzia un'anomalia, è consigliabile che il soggetto valuti la sua condizione di salute, sia che il deficit sia legato

all'esposizione o a una condizione di salute oculare (diabete, retinopatia, maculopatia, ...).

All'inizio di tale ricerca, è stato sottoposto ai soggetti, la firma di un consenso informato, per poter eseguire i due test d'esame nel posto di lavoro e poter poi, riportare i dati in tale elaborato.

Per l'argomento trattato, sarebbe stato rilevante poter conoscere l'eventuale presenza di patologie oculari presenti o passate e il livello d'esposizione alle sostanze chimiche volatili, nell'ambiente di lavoro, in quanto considerati dei dati importanti dalla letteratura: Fabrizio Maria GOBBA, Alessandro CAVALLERI, *Color Vision Impairment in Workers Exposed to Neurotoxic Chemicals*; tuttavia per questo tipo di ricerca di tesi, tali parametri sono stati inaccessibili in quanto considerati dati troppi sensibili, a cui hanno accesso determinate categorie di professionisti.

Un altro punto su cui si voleva indagare, era se l'applicazione per tablet "Color Blind Check" potesse risultare una valida alternativa alle tavole pseudoisocromatiche H.R.R, che risultano essere per praticità, veridicità e struttura del test stesso uno dei più validi per la determinazione della percezione del colore nei soggetti.

A livello pratico, ambedue i test risultano di facile attuazione, anche se, nel caso delle tavole pseudoisocromatiche, è necessario avere una particolare illuminazione, per poter ottenere dei dati che non risultino alterati e questo potrebbe essere una sorta di limitazione alla praticità del test rispetto all'altro.

La "limitazione" del test H.R.R per la praticità, risulta invece, essere il punto di forza di tale test per ottenere dati più

veritieri e sensibili a differenza dell'applicazione "Color Blind Check".

Come si è potuto verificare, nel corso dello studio, le tavole pseudoisocromatiche H.R.R, rilevavano dei valori di deficit che, non si confermavano, con l'applicazione "Color Blind Check" ovvero soggetti risultati tritan in uno, non risultavano esserlo nell'altro, perciò i risultati dei due test, non risultano essere paragonabili.

Per la ricerca sulla percezione dei colori, nei lavoratori esposti professionalmente a sostanze chimiche volatili, quindi il test H.R.R risulta essere significativamente migliore dell'applicazione per tablet "Color Blind Check" sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo in quanto i vari parametri risultano essere correlati in maniera più significativa e dettagliata rispetto a quelli dell'applicazione.

Alla luce di ciò, il nuovo test per tablet "Color Blind Check" non risulta essere ancora una valida alternativa a quello che può essere considerato il "vecchio" test cartaceo H.R.R, per la rilevazione del deficit sulla percezione dei colori; H.R.R va considerato di riferimento anche per la presenza importante della letteratura.

In merito a quello descritto sopra, sarebbe meglio ripetere la ricerca esclusivamente con il test H.R.R. e per renderla ancora più completa, sarebbe consigliabile, prendere un gruppo di lavoro più ampio, non racchiudendosi in una piccola realtà di paese, ripetendo le misurazioni nel tempo, per poter vedere anche il grado di reversibilità del deficit.

Si conclude dicendo che, in maniera altrettanto utile, si potrebbe valutare un test periodico che i singoli lavoratori effettuano da soli, per verificare la presenza di eventuali alterazioni o comunque tenere sotto controllo la situazione.

## Appendice: Dati Raccolti

Tabella I: Misurazioni rilevate con il test H.R.R. nella professione di meccanico

	Sesso:	Età:	Anni di lavoro:	Orario di lavoro:	Screening H.R.R. OD	Screening H.R.R. OS	Diagnostica H.R.R. OD	Diagnostica H.R.R. OS
Soggetto 1	maschio	24	5	8	tavola 6 b-g, tavola 7 r-v	tavola 6 b-g, tavola 7	inclassificato	Inclassificato
Soggetto 2	maschio	25	6	8	Normale	Normale	/	/
Soggetto 3	maschio	30	10	8	Normale	Normale	/	/
Soggetto 4	maschio	45	20	8	Tavola 6 b-g	Normale	tritan	/
Soggetto 5	maschio	31	5	8	Normale	Normale	/	/
Soggetto 6	maschio	24	6	5	Normale	Normale	/	/
Soggetto 7	maschio	55	32	8	Normale	Normale	/	/
Soggetto 8	maschio	60	40	8	Normale	Normale	/	/
Soggetto 9	maschio	60	42	8	Tavola 5 b-g	Normale	Inclassificato	/
Soggetto 10	maschio	39	18	8	Normale	Normale	/	/
Soggetto 11	maschio	50	32	8	Normale	Tavola 6 b-g	/	Tritan
Soggetto 12	maschio	29	11	8	Normale	Normale	/	/
Soggetto 13	maschio	50	10	8	Tavola 9 r-v	Normale	Inclassificato	/
Soggetto 14	maschio	41	11	8	Normale	Normale	/	/
Soggetto 15	maschio	49	19	8	Normale	Normale	/	/
Soggetto 16	maschio	39	21	8	tavola 6 b-g, tavola 7 r-v	Normale	inclassificato	/
Soggetto 17	maschio	54	35	8	Normale	Normale	/	/
Soggetto 18	maschio	59	39	8	tavola 6 b-g	Normale	Tritan	/
Soggetto 19	maschio	55	27	7	Normale	Normale	/	/
Soggetto 20	maschio	39	20	8	Normale	Normale	/	/
Soggetto 21	maschio	41	21	8	Normale	Normale	/	/
Soggetto 22	maschio	42	24	8	Normale	tavola 6 b-g, tavola 7	/	Inclassificato
Soggetto 23	maschio	49	19	8	Normale	Normale	/	/
Soggetto 24	maschio	50	30	8	Normale	Normale	/	/
Soggetto 25	maschio	61	43	6	Normale	Normale	/	/
Soggetto 26	maschio	39	20	8	tavola 6 b-g, tavola 7 r-v	tavola 6 b-g, tavola 7	inclassificato	inclassificato
Soggetto 27	maschio	42	24	8	Normale	Normale	/	/
Soggetto 28	maschio	34	14	8	Normale	Normale	/	/
Soggetto 29	maschio	38	21	8	Normale	Normale	/	/
Soggetto 30	maschio	46	16	8	Normale	Normale	/	/
Soggetto 31	maschio	56	29	8	Tavola 5 b-g	Tavola 5 b-g	inclassificato	Inclassificato
Soggetto 32	maschio	53	35	8	Normale	Normale	/	/
Soggetto 33	maschio	47	26	8	Normale	Normale	/	/
Soggetto 34	maschio	59	39	8	Normale	Normale	/	/
Soggetto 35	maschio	40	22	8	Normale	Normale	/	/
Soggetto 36	maschio	59	34	8	tavola 6 b-g, tavola 7 r-v	tavola 6 b-g, tavola 7	inclassificato	inclassificato
Soggetto 37	maschio	29	12	8	Normale	Normale	/	/
Soggetto 38	maschio	26	5	8	Normale	Normale	/	/
Soggetto 39	maschio	39	21	8	Normale	tavola 6 b-g	/	tritan
Soggetto 40	maschio	36	6	8	tavola 6 b-g	Normale	tritan	/
Soggetto 41	maschio	41	20	8	Normale	Normale	/	/
Soggetto 42	maschio	34	7	8	Normale	Normale	/	/
Soggetto 43	maschio	38	8	7	Normale	tavola 6 b-g, tavola 7	/	Inclassificato
Soggetto 44	maschio	29	9	8	Normale	Normale	/	/
Soggetto 45	maschio	31	10	8	Normale	Normale	/	/
Soggetto 46	maschio	47	29	8	Normale	Normale	/	/
Soggetto 47	maschio	62	42	8	Normale	Normale	/	/
Soggetto 48	maschio	63	45	8	Normale	Normale	/	/
Soggetto 49	maschio	48	8	8	Normale	Normale	/	/
Soggetto 50	maschio	34	12	6	tavola 8 r-v	Normale	inclassificato	/

Tabella II: Misurazione rilevate con il test “Color Blind Check” nella professione di meccanico

Meccanico	sesso	CBC gravità deficit OD	CBC gravità deficit OS	CBC punteggio del tipo OD	CBC punteggio del tipo OS
Soggetto 1	maschio	0/100	4/100	Indefinito	Rosso-Verde
Soggetto 2	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 3	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 4	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 5	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 6	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 7	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 8	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 9	maschio	40/100	2/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 10	maschio	1/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 11	maschio	0/100	39/100	Indefinito	Blu-giallo
Soggetto 12	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 13	maschio	20/100	3/100	Rosso-verde	Indefinito
Soggetto 14	maschio	0/100	1/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 15	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 16	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 17	maschio	0/100	1/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 18	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 19	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 20	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 21	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 22	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 23	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 24	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 25	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 26	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 27	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 28	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 29	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 30	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 31	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 32	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 33	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 34	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 35	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 36	maschio	29/100	29/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 37	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 38	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 39	maschio	2/100	42/100	Indefinito	Blu-giallo
Soggetto 40	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 41	maschio	0/100	4/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 42	maschio	1/100	2/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 43	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 44	maschio	10/100	1/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 45	maschio	2/100	1/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 46	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 47	maschio	29/100	20/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 48	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 49	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 50	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito

Tabella III: Misurazione rilevate con il test H.R.R. nella professione dei carrozzieri

Carrozzeri esaminati	Sesso:	Età:	Anni di lavoro:	Orario di lavoro:	Screening H.R.R. OD	Screening H.R.R. OS	Diagnostica H.R.R. OD	Diagnostica H.R.R. OS	Intensità
Soggetto 1	maschio	50	26	8 normale	normale	/	/	/	
Soggetto 2	maschio	35	10	8 normale	normale	/	/	/	
Soggetto 3	maschio	39	19	8 normale	normale	/	/	/	
Soggetto 4	maschio	59	40	8 normale	normale	/	/	/	
Soggetto 5	maschio	56	28	8 tavola 5 b-g	normale	tetartan	/	Moderata	
Soggetto 6	maschio	42	21	8 normale	normale	/	/	/	
Soggetto 7	maschio	45	25	8 normale	normale	/	/	/	
Soggetto 8	maschio	29	5	8 tavola 6 b-g	normale	tritan	/	Moderata	
Soggetto 9	maschio	57	38	8 normale	normale	/	/	/	
Soggetto 10	maschio	55	35	8 normale	normale	/	/	/	
Soggetto 11	maschio	41	21	8 normale	normale	/	/	/	
Soggetto 12	maschio	58	28	8 normale	normale	/	/	/	
Soggetto 13	maschio	59	30	8 normale	normale	/	/	/	
Soggetto 14	maschio	33	11	8 normale	Tavola 5 b-g, tavola 7 r-v	/	Inclassificato	/	
Soggetto 15	maschio	38	18	8 tavola 6 b-g	normale	Tritan	/	Moderata	
Soggetto 16	maschio	40	13	8 normale	tavola 6 b-g	/	Tritan	Moderata	
Soggetto 17	maschio	30	5	8 tavola 5 b-g	tavola 6 b-g	Inclassificato	Inclassificato	/	
Soggetto 18	maschio	47	17	8 tavola 6 b-g	normale	Inclassificato	/	Moderata	
Soggetto 19	maschio	36	6	8 Tavola 5 b-g, tavola 7 r-v	Tavola 5 b-g, tavola 7 r-v	Inclassificato	Inclassificato	/	
Soggetto 20	maschio	59	31	8 normale	normale	/	/	/	
Soggetto 21	maschio	54	23	8 normale	normale	/	/	/	
Soggetto 22	maschio	31	8	8 normale	normale	/	/	/	
Soggetto 23	maschio	29	9	8 tavola 9 r-v	normale	Protan	/	Lieve	
Soggetto 24	maschio	30	10	8 Tavola 5 b-g, tavola 7 r-v	Tavola 5 b-g, tavola 7 r-v	Inclassificato	Inclassificato	/	
Soggetto 25	maschio	25	5	8 normale	Tavola 9 r-v	/	Protan	Lieve	
Soggetto 26	maschio	31	11	8 normale	normale	/	/	/	
Soggetto 27	maschio	48	17	8 normale	normale	/	/	/	
Soggetto 28	maschio	32	7	8 normale	normale	/	/	/	
Soggetto 29	maschio	43	25	8 normale	normale	/	/	/	
Soggetto 30	maschio	44	14	8 Tavola 6 b-g, tavola 8 r-v	normale	Inclassificato	/	/	
Soggetto 31	maschio	47	7	8 tavola 7 r-v	normale	Inclassificato	/	/	
Soggetto 32	maschio	52	27	8 Tavola 6 b-g	normale	Inclassificato	/	/	
Soggetto 33	maschio	60	40	8 normale	normale	/	/	/	
Soggetto 34	maschio	65	47	8 Tavola 6 b-g	normale	Tritan	/	Moderata	
Soggetto 35	maschio	34	16	8 normale	normale	/	/	/	
Soggetto 36	maschio	56	27	8 Tavola 6 b-g	normale	Inclassificato	/	/	
Soggetto 37	maschio	53	21	8 Tavola 10 r-v	normale	Inclassificato	/	/	
Soggetto 38	maschio	39	17	8 normale	normale	/	/	/	
Soggetto 39	maschio	38	20	8 tavola 6 b-g, tavola 7 r-v	tavola 6 b-g, tavola 7 r-v	Inclassificato	Inclassificato	/	
Soggetto 40	maschio	59	36	8 normale	Tavola 6 b-g	/	Tritan	Moderata	
Soggetto 41	maschio	58	35	8 normale	normale	/	/	/	
Soggetto 42	maschio	51	21	8 normale	Tavola 5 b-g	/	Tetartan	Moderata	
Soggetto 43	maschio	50	30	8 normale	normale	/	/	/	
Soggetto 44	maschio	55	15	8 tavola 6 b-g, tavola 7 r-v	tavola 6 b-g, tavola 7 r-v	Inclassificato	Inclassificato	/	
Soggetto 45	maschio	40	12	8 normale	normale	/	/	/	
Soggetto 46	maschio	49	20	8 normale	normale	/	/	/	
Soggetto 47	maschio	39	14	8 normale	tavola 6 b-g, tavola 7 r-v	/	tritan	Moderata	
Soggetto 48	maschio	51	21	8 normale	normale	/	/	/	
Soggetto 49	maschio	59	39	8 normale	normale	/	/	/	
Soggetto 50	maschio	53	29	8 tavola 6 b-g, tavola 7 r-v	tavola 6 b-g, tavola 7 r-v	Inclassificato	Inclassificato	/	

Tabella IV: Misurazione rilevate con il test “Color Blind Check” nella professione dei carrozzieri

Carrozziere	sesso	CBC gravità deficit OD	CBC gravità deficit OS	CBC punteggio del tipo OD	CBC punteggio del tipo OS
Soggetto 1	maschio	0/100	1/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 2	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 3	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 4	maschio	0/100	1/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 5	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 6	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 7	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 8	maschio	23/100	1/100	Blu-giallo	Indefinito
Soggetto 9	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 10	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 11	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 12	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 13	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 14	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 15	maschio	30/100	2/100	Blu-giallo	Indefinito
Soggetto 16	maschio	0/100	23/100	Indefinito	blu-giallo
Soggetto 17	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 18	maschio	23/100	1/100	Blu-giallo	Indefinito
Soggetto 19	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 20	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 21	maschio	40/100	2/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 22	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 23	maschio	70/100	2/100	Rosso-verde	Indefinito
Soggetto 24	maschio	20/100	20/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 25	maschio	11/100	23/100	Indefinito	Rosso-verde
Soggetto 26	maschio	1/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 27	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 28	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 29	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 30	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 31	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 32	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 33	maschio	0/100	1/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 34	maschio	23/100	1/100	Blu-giallo	Indefinito
Soggetto 35	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 36	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 37	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 38	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 39	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 40	maschio	0/100	35/100	Indefinito	Blu-giallo
Soggetto 41	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 42	maschio	3/100	29/100	Indefinito	blu-giallo
Soggetto 43	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 44	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 45	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 46	maschio	0/100	3/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 47	maschio	1/100	32/100	Indefinito	blu-giallo
Soggetto 48	maschio	10/100	1/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 49	maschio	2/100	1/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 50	maschio	0/100	0/100	Indefinito	Indefinito

Tabella V: Misurazione rilevate con il test H.R.R. nella professione di lavanderia a secco

Lavanderia esaminate:	Sesso:	Età:	Anni di lavoro:	Orario di lavoro:	Screening H.R.R. OD	Screening H.R.R. OS	Diagnostica H.R.R. OD	Diagnostica H.R.R. OS	Intensità
Soggetto 1	Femmina	25	5	8 Normale	8 Normale	Normale	/	/	/
Soggetto 2	Femmina	54	26	8 Normale	8 Normale	Normale	/	/	/
Soggetto 3	Femmina	44	19	8 Normale	8 Normale	Normale	/	/	/
Soggetto 4	Femmina	58	29	8 Normale	8 Normale	Normale	/	/	/
Soggetto 5	Femmina	55	27	8 Normale	8 Normale	Normale	/	/	/
Soggetto 6	Femmina	51	23	8 Normale	8 Normale	Normale	/	/	/
Soggetto 7	Femmina	34	10	8 Normale	8 Normale	Normale	/	/	/
Soggetto 8	Femmina	39	9	8 tavola 5 b-g	8 Normale	Normale	inclassificato	/	/
Soggetto 9	Femmina	40	16	8 Normale	8 Normale	Normale	inclassificato	inclassificato	/
Soggetto 10	Femmina	56	29	8 Normale	8 Normale	Normale	inclassificato	inclassificato	/
Soggetto 11	Femmina	52	25	8 Normale	8 Normale	normale	/	/	/
Soggetto 12	Femmina	43	22	8 tavola 5 b-g, tavola 7 r-v	8 Normale	tavola 5 b-g, tavola 7 r-v	inclassificato	inclassificato	/
Soggetto 13	Femmina	58	28	8 Normale	8 Normale	Normale	/	/	/
Soggetto 14	Femmina	36	11	8 Normale	8 Normale	tavola 6 b-g	/	inclassificato	/
Soggetto 15	Femmina	26	6	8 tavola 6 b-g, tavola 7 r-v	8 Normale	tavola 6 b-g, tavola 7 r-v	inclassificato	inclassificato	/
Soggetto 16	Femmina	29	9	8 Normale	8 Normale	Normale	/	/	/
Soggetto 17	Femmina	56	25	8 Normale	8 Normale	Normale	/	/	/
Soggetto 18	Femmina	50	30	8 Normale	8 Normale	Normale	/	/	/
Soggetto 19	Femmina	38	17	8 tavola 5 b-g	8 Normale	Normale	inclassificato	/	/
Soggetto 20	Femmina	47	21	8 Normale	8 Normale	Normale	/	/	/
Soggetto 21	Femmina	32	6	8 Normale	8 Normale	Normale	/	/	/
Soggetto 22	Femmina	53	29	8 Normale	8 Normale	Normale	/	/	/
Soggetto 23	Femmina	34	10	8 Normale	8 Normale	Normale	/	/	/
Soggetto 24	Femmina	59	15	8 Normale	8 Normale	Normale	/	/	/
Soggetto 25	Femmina	46	27	8 Normale	8 Normale	Normale	/	/	/
Soggetto 26	Femmina	41	15	8 tavola 6 b-g	8 Normale	tavola 6 b-g	Tritan	Tritan	moderata
Soggetto 27	Femmina	42	19	8 Normale	8 Normale	Normale	/	/	/
Soggetto 28	Femmina	46	24	8 Normale	8 Normale	tavola 8 r-v	Inclassificato	inclassificato	/
Soggetto 29	Femmina	59	33	8 tavola 6 b-g	8 Normale	tavola 6 b-g	Inclassificato	inclassificato	/
Soggetto 30	Femmina	60	35	8 Normale	8 Normale	Normale	/	/	/
Soggetto 31	Femmina	39	10	8 Normale	8 Normale	Normale	/	/	/
Soggetto 32	Femmina	35	16	8 tavola 6 b-g, tavola 7 r-v	8 Normale	tavola 6 b-g, tavola 7 r-v	Inclassificato	inclassificato	/
Soggetto 33	Femmina	57	23	8 Normale	8 Normale	Normale	/	/	/
Soggetto 34	Femmina	52	25	8 Normale	8 Normale	Normale	/	/	/
Soggetto 35	Femmina	41	16	8 Normale	8 Normale	tavola 5 b-g	/	inclassificato	/
Soggetto 36	Femmina	59	35	8 Normale	8 Normale	tavola 6 b-g	Inclassificato	inclassificato	/
Soggetto 37	Femmina	58	33	8 Normale	8 Normale	Normale	/	/	/
Soggetto 38	Femmina	49	5	8 Normale	8 Normale	Normale	/	/	/
Soggetto 39	maschio	55	30	8 Tavola 6 b-g	8 Normale	Tavola 6 b-g	Inclassificato	Tritan	Moderata
Soggetto 40	maschio	27	5	8 tavola 6 b-g	8 Normale	Normale	tritan	/	Moderata

Tabella VI: Misurazione rilevate con il test “Color Blind Check” nella professione di lavanderia a secco

L.secco	sesto	CBC gravità deficit OD	CBC gravità deficit OS	CBC punteggio del tipo OD	CBC punteggio del tipo OS
Soggetto 1	Femmina	0/100	0/100	Indefinito	indefinito
Soggetto 2	Femmina	0/100	0/100	Indefinito	indefinito
Soggetto 3	Femmina	0/100	0/100	Indefinito	indefinito
Soggetto 4	Femmina	0/100	0/100	Indefinito	indefinito
Soggetto 5	Femmina	0/100	2/100	Indefinito	indefinito
Soggetto 6	Femmina	46/100	5/100	blu-giallo	indefinito
Soggetto 7	Femmina	0/100	0/100	Indefinito	indefinito
Soggetto 8	Femmina	0/100	0/100	Indefinito	indefinito
Soggetto 9	Femmina	15/100	2/100	Indefinito	indefinito
Soggetto 10	Femmina	0/100	0/100	Indefinito	indefinito
Soggetto 11	Femmina	1/100	0/100	Indefinito	indefinito
Soggetto 12	Femmina	0/100	1/100	Indefinito	indefinito
Soggetto 13	Femmina	1/100	1/100	Indefinito	indefinito
Soggetto 14	Femmina	8/100	5/100	Indefinito	indefinito
Soggetto 15	Femmina	3/100	2/100	Indefinito	indefinito
Soggetto 16	Femmina	5/100	2/100	Indefinito	indefinito
Soggetto 17	Femmina	0/100	9/100	Indefinito	indefinito
Soggetto 18	Femmina	0/100	0/100	Indefinito	indefinito
Soggetto 19	Femmina	6/100	10/100	Indefinito	indefinito
Soggetto 20	Femmina	1/100	6/100	Indefinito	Indefinito
Soggetto 21	Femmina	0/100	0/100	Indefinito	indefinito
Soggetto 22	Femmina	0/100	0/100	Indefinito	indefinito
Soggetto 23	Femmina	13/100	12/100	Indefinito	indefinito
Soggetto 24	Femmina	0/100	0/100	Indefinito	indefinito
Soggetto 25	Femmina	7/100	2/100	Indefinito	indefinito
Soggetto 26	Femmina	60/100	64/100	Indefinito	blu-giallo
Soggetto 27	Femmina	0/100	0/100	Indefinito	indefinito
Soggetto 28	Femmina	4/100	0/100	Indefinito	indefinito
Soggetto 29	Femmina	2/100	11/100	Indefinito	indefinito
Soggetto 30	Femmina	4/100	9/100	Indefinito	indefinito
Soggetto 31	Femmina	0/100	3/100	Indefinito	indefinito
Soggetto 32	Femmina	3/100	2/100	Indefinito	indefinito
Soggetto 33	Femmina	0/100	1/100	Indefinito	indefinito
Soggetto 34	Femmina	0/100	9/100	Indefinito	indefinito
Soggetto 35	Femmina	4/100	1/100	Indefinito	indefinito
Soggetto 36	Femmina	15/100	3/100	Indefinito	indefinito
Soggetto 37	Femmina	0/100	0/100	Indefinito	indefinito
Soggetto 38	Femmina	12/100	7/100	Indefinito	indefinito
Soggetto 39	maschio	0/100	36/100	Indefinito	indefinito
Soggetto 40	maschio	23/100	1/100	blu-giallo	indefinito

## Bibliografia

- [1] Richard L. Gregory, *Occhio e cervello, la psicologia del vedere*, Cortina Raffaello, 1998, 177.
- [2] Anto Rossetti, Pietro Gheller, *Manuale di Optometria e contattologia*, Zanichelli, 2003<sup>2</sup>, 146.
- [3] Pr. Highley, *Color Vision Deficiency, A concise tutorial for Optometry and Ophthalmology*, Richmond Products, Albuquerque (NM), 4° edizione, 3.
- [4] Frederick T. FRAUNFELDER, Wiley A. CHAMBERS, *Intervention study on acquired color vision deficiencies in styrene-exposed workers*, J Occup Environ Med, 2001, 494–500.
- [5] J. Birch, *Diagnosis of defective colour vision*, Butterworth-Heinemann, Oxford, UK, 2001<sup>2</sup>, 189.
- [6] Pamela J. Lein, Remco H. S. Westerink, *Neuro Toxicology, volume 28*, Elsevier, 2007, 356-363.
- [7] Fabriziomaria Gobba, Alessandro Cavalleri, *Color Vision Impairment in Workers Exposed to Neurotoxic Chemicals, volume 24*, Elsevier, 2003, 693-702.
- [8] P. Nylen, B. Backstrom, M. Hagman, AC Johnson, VP Collins, G. Hoglund, *Effect of exposure to 2,5-hexanediol in light or darkness on the retina of albino and pigmented rats*, Electrophysiol. Arch Toxicol, 1993, 435–41.
- [9] C. Raitta, H. Teir, M. Tolonen, M. Nurminen, E. Helpio, S. Malmstrom, *Impaired color discrimination among viscose rayon workers exposed to carbon disulphide*, J Occup Med 1981, 189-192.

- [10] M. Vanhoorne, A. De Rouck, D. Bacquer *Epidemiological study of the systemic ophthalmological effects of carbon disulphide*, Arch Environ health, 1996, 181–188.
- [11] Ruijiten, Salle ´ HJA, Mm. Verberk, H. Muijser, *Special nerve functions and colour discrimination in workers with long term low level exposure to carbon disulphide*, Br J Ind Med, 1990, 589–595.
- [12] Kg. Csaky, Rc Caruso, *Gallium nitrate optic neuropathy*, Am J Ophthalmol, 1997, 567–568.
- [13] F. Gobba, A. Cavalleri, *Evolution of color vision loss induced by occupational exposure to chemicals*. NeuroToxicology, 2000, 777–781.
- [14] F. Gobba, S. Ghittori, M. Imbriani, L. Roccatto, A. Cavalleri, *Colour discrimination loss in workers exposed to solvent mixtures*, 1999, 136.
- [15] F. Dick, S. Semple, R. Chen, A. Seaton, *Neurological deficits in solvent-exposed painters: a syndrome including impaired colour vision, cognitive defects, tremor and loss of vibration sensation*, QJM, 2000, 655–661.
- [16] S. Semple, F. Dick, A. Osborne, Jw Cherrie, A. Soutar, A. Seaton, *Impairment of colour vision in workers exposed to organic solvents*, Occup Environ Med, 2000, 582–587.
- [17] F. Dick, S. Semple, R. Chen, A. Seaton, *Neurological deficits in solvent-exposed painters: a syndrome including impaired colour vision, cognitive defects, tremor and loss of vibration sensation*, QJM, 2000, 655–661.
- [18] M. Zavalic, Z. Mandic, R. TU, A. Bogadi Sare, D. Plavec, Lj Skender, *“Svantaggio qualitativo della visione del colore nei lavoratori esposti da toluene”*.

[19] E. Valic, T. Waldhör, C. Konnaris, A. Michitsch, C. Wolf,  
*“Discromatopsia acquisita in esposizione combinata a solventi  
ed alcool”.*

## **Sitografia**

[Www.colorblindcheck.com](http://www.colorblindcheck.com)

[Www.richmondproducts.com](http://www.richmondproducts.com)

[https://nei.nih.gov/health/color\\_blindness/facts\\_about](https://nei.nih.gov/health/color_blindness/facts_about)

<https://www.scopus.com/home.uri>

## **RINGRAZIAMENTI**

Un ringraziamento speciale va alla mia famiglia, alla quale voglio molto bene e sono stati per me, fonte di coraggio, forza e determinazione per raggiungere questo importante traguardo.

A te cara nonna, un ringraziamento ancor più speciale, sono una ragazza fortunata ad avere una come te, la cui curiosità è preziosa e la saggezza è inestimabile.

Sono la persona più ricca del mondo ad avere una famiglia come voi, grazie di cuore.