

**ATTIVITA' DI STUDIO E RICERCA
ANNO 2001**

CENTRO STUDI ED ESPERIENZE

Laboratorio di Elettrotecnica

RICERCA

PROBLEMATICA DELLA VISIBILITA' ATTRAVERSO I FUMI

Dirigente proponente: Dott. Ing. Maurizio D'ADDATO

GRUPPO DI LAVORO

I.A. Massimo SILVESTRINI (coordinatore) *Massimo Silvestrini*
C.S. Mauro GIUSEPPETTI *Mauro Giuseppi*
C.S. Giuseppe RUBERTO *Giuseppe Ruberto*
V.P. Mirco DELLE CESE *Mirco Delle Cese*
V.P. David MURRANCA *David Murranca*
O.T.S.L. Antonio TESTA *Antonio Testa*
EL. Giacomo D'ANDREA *Giacomo D'Andrea*
O.M.L.M Stefano BASTIANINI *Stefano Bastianini*

PREMESSA

Lo spirito del presente lavoro è stato quello di valutare e confrontare la capacità di illuminamento di alcuni tipi di proiettori portatili e non , allo scopo di verificarne l'efficacia ed eventualmente individuare quelle caratteristiche che un apparecchio di illuminamento portatile, dovrebbe avere per garantire un'ottimale visione degli operatori nel soccorso tecnico in presenza di fumi e situazioni di alto rischio per l'incolumità delle persone. Pertanto la presente ricerca riguarda il caso di attenuazione, attraverso il fumo, della luce emessa da una sorgente, ad incandescenza e a fascio stretto, tenuta da un operatore che illumina il percorso o lo scenario davanti a se, situazione totalmente diversa da quella in cui un soggetto riceve un segnale luminoso da una sorgente (generalmente al neon) tipica di un impianto di segnalazione o di emergenza.

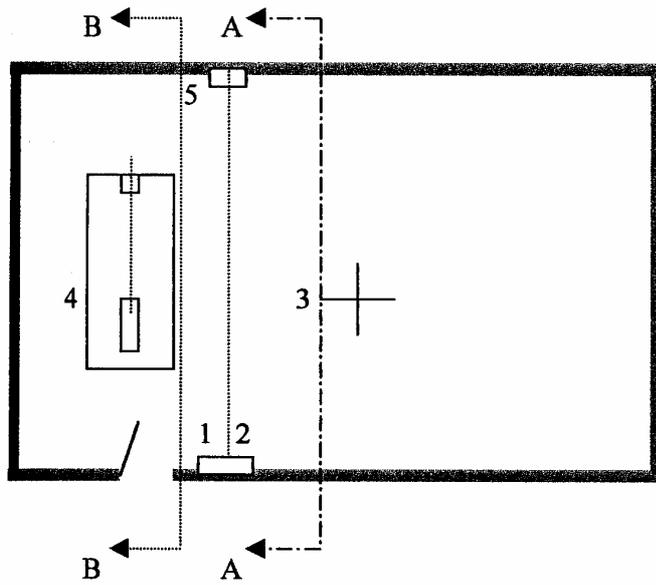
**Il Dirigente proponente
(Dott. Ing. D'Addato)**

ATTREZZATURE, STRUMENTI E STANDARDS UTILIZZATI NELLE PROVE

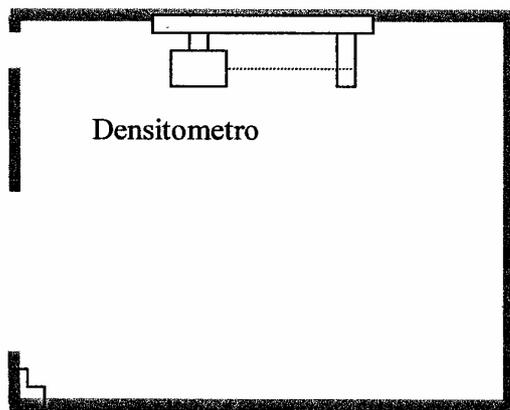
Le prove sono state condotte nella Sala Standard del Laboratorio di Elettrotecnica del CSE.

In questa Sala si effettuano i Test Fire previsti dalla normativa tecnica vigente in materia, UNI EN 54-7/9, per valutare la sensibilità dei rivelatori di fumo.

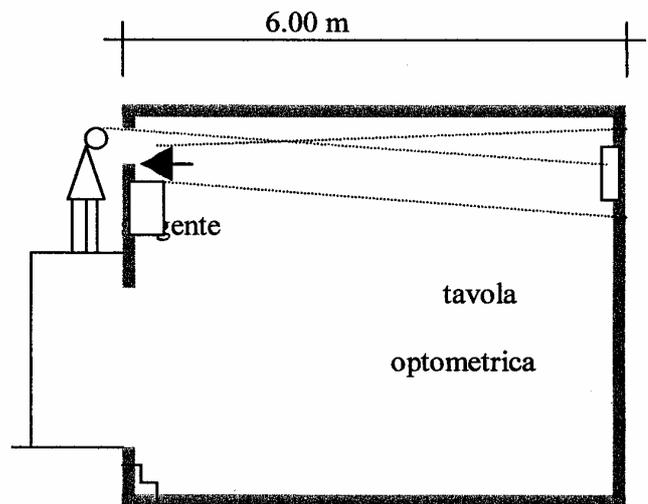
I disegni riportano la disposizione sperimentale utilizzata nelle prove.



- 1 - Finestra
- 2 - Sorgenti
- 3 - Test Fire
- 4 - Fotodensitometro
- 5 - Tavola Optometrica +
fotocell. luxmetro



Sez. B-B



Sez. A-A

All'altezza del soffitto, nella metà destra della Sala, è situato il fotodensitometro SICK mod. RM41 (vedi appendice) montato su una piastra mobile con linea di mira trasversale. La necessità di disporre di una raccolta di dati relazionabili con le misure di densità ottica del fumo ha fatto sì che tutte le misure, di visus e di illuminamento, fossero prese alla stessa quota da terra del fotodensitometro.

Per rendere più agevole la valutazione del visus (lettura su tavola optometrica) si è realizzata una piccola apertura finestrata sul muro perimetrale della Sala, in prossimità del soffitto, attraverso cui un operatore leggeva la tavola optometrica posta all'interno della sala Standard.

Lo strumento utilizzato per misurare l'illuminamento ($E [lx]$) è il luxmetro digitale HD 8366 DELTA OHM con sensore al silicio e correttore della risposta spettrale per adattamento all'occhio umano.

Per la valutazione della visibilità, intendendo con ciò la capacità di vedere con chiarezza oggetti di varie forme e dimensioni, si è scelto un metodo che pur nella soggettività del rilevamento proprio dello strumento (occhio umano) fosse comunque in grado di fornire una qualche forma di standardizzazione.

Per questo motivo sono state scelte, come dianzi accennato, le tavole optometriche standard, usate per la determinazione del visus da 6 m e da 3 m di distanza, che si allegano a titolo di esempio.

Alcune precisazioni si impongono.

Le tavole optometriche non erano retroilluminate ma più precisamente riproduzioni in stampa nera su fondo bianco, inoltre la sala utilizzata per le prove aveva pareti e soffitto di colore nero e durante le prove nessuna luce interna o esterna, oltre quella delle sorgenti di prova, illuminava l'ambiente di misura.

Infine per la produzione del fumo si è fatto ricorso ai "Test Fire" descritti nella norma UNI EN 54 7/9 al fine di disporre di tipologie di fumo standardizzate per tutte le misurazioni di visus e illuminamento, garantendo per di più che le prove fossero effettuate su un range di tipologie di fumo largamente rappresentativo delle reali condizioni operative.

I Test Fire menzionati sono di seguito sinteticamente riportati:

- TF2 FUOCO COVANTE DI LEGNO
- TF3 FUOCO COVANTE DI COTONE
- TF4 FUOCO APERTO DI POLIURETANO
- TF5 FUOCO APERTO DI N_ EPTANO+TOLUENE

Per quanto riguarda l'alimentazione delle sorgenti si è ritenuto opportuno utilizzare alimentatori stabilizzati

in corrente continua, piuttosto che batterie, per due motivi principali:

- garantire la ripetibilità dell'illuminamento (con l'utilizzo di batterie si avevano valori variabili dopo ogni ricarica)
- per garantire la stabilità dell'illuminamento nel corso della singola prova, alcune anche di lunga durata.

LAVORO SVOLTO

Il lavoro svolto si è articolato nelle seguenti fasi di massima:

- Selezione iniziale delle sorgenti di illuminamento
- Misure di visus e illuminamento a 6 m e 3 m
- Determinazione dei coefficienti di attenuazione
- Determinazione delle soglie di visibilità
- Misure dei tempi di scarica di batterie montate su sorgenti da 55w.

1-SELEZIONE INIZIALE DELLE SORGENTI

Sono state inizialmente acquisite le cinque sorgenti sotto riportate:

- | | | | |
|---|--|-------------------------------|-----|
| - | Proiettore circolare cromato | lampada alogena | 55w |
| - | Proiettore circolare cromato | lampada alogena effetto xenon | 55w |
| - | Proiettore rettangolare giallo | lampada alogena | 55w |
| - | Proiettore rettangolare giallo | lampada alogena effetto xenon | 55w |
| - | Proiettore portatile a batteria
(commerciale) | lampada alogena | 10w |

Una misura iniziale di illuminamento , in aria pulita e a distanza d 6 m, ha permesso di effettuare una selezione delle sorgenti in base all'illuminamento ottenuto, nelle condizioni di prova, e sostanzialmente

dovuto alla forma e dimensione del proiettore e al tipo di corpo illuminante.

Come risultato di questo screening si è scelta la sorgente n° 3 per un confronto con il proiettor portatile

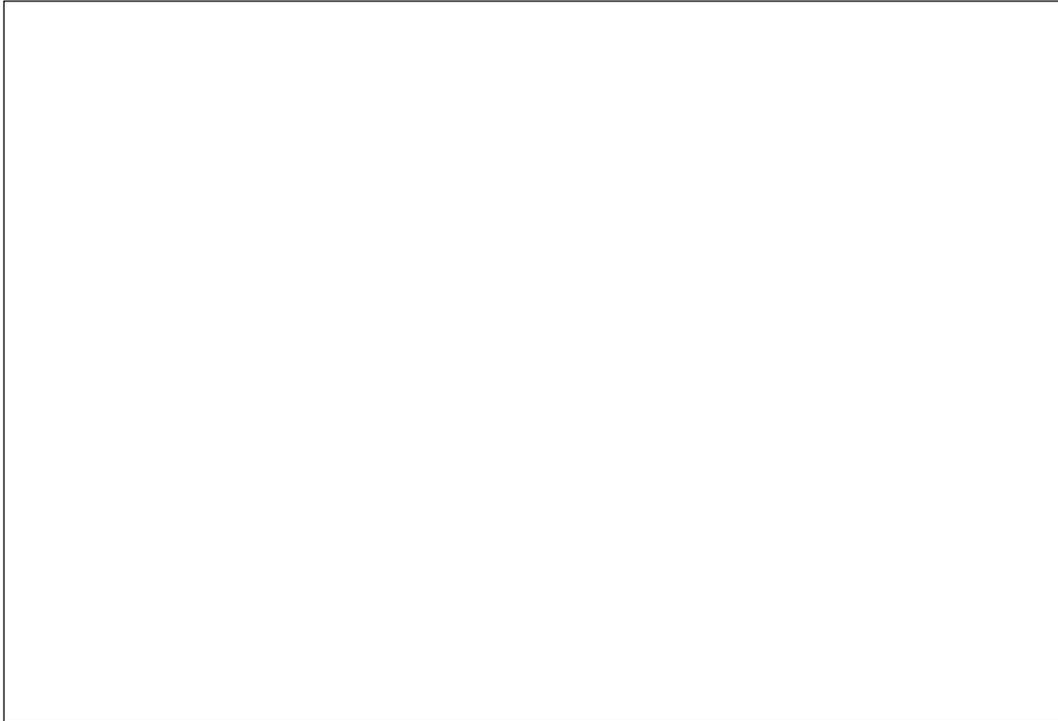
commerciale da 10w. Tale sorgente era in grado di garantire, tra tutte, il maggior illuminamento, circa

2500 lx, confermato successivamente da alcune prove comparative i n presenza di fumo. Pertanto tutta la

sperimentazione è stata effettuata, in diverse condizioni di alimentazione e distanza, con la 3° e la 5°

sorgente che nel prosieguo saranno chiamate convenzionalmente:

- **PRG** = Proiettore rettangolare giallo-alogeno
- **PP** = Proiettore Portatile



2- MISURE DI VISUS ED ILLUMINAMENTO A 6 m E 3 m

- Campagna di misure a distanza 6 m

Durante tutto il corso delle prove la lampada portatile **PP** è stata alimentata con un alimentatore in c.c., nelle stesse modalità di alimentazione (tensione e corrente) che si sarebbero ottenute con l'uso della batteria di dotazione.

Invece il proiettore rettangolare giallo di seguito denominato **PRG_16** è stato alimentato a 16Volts.

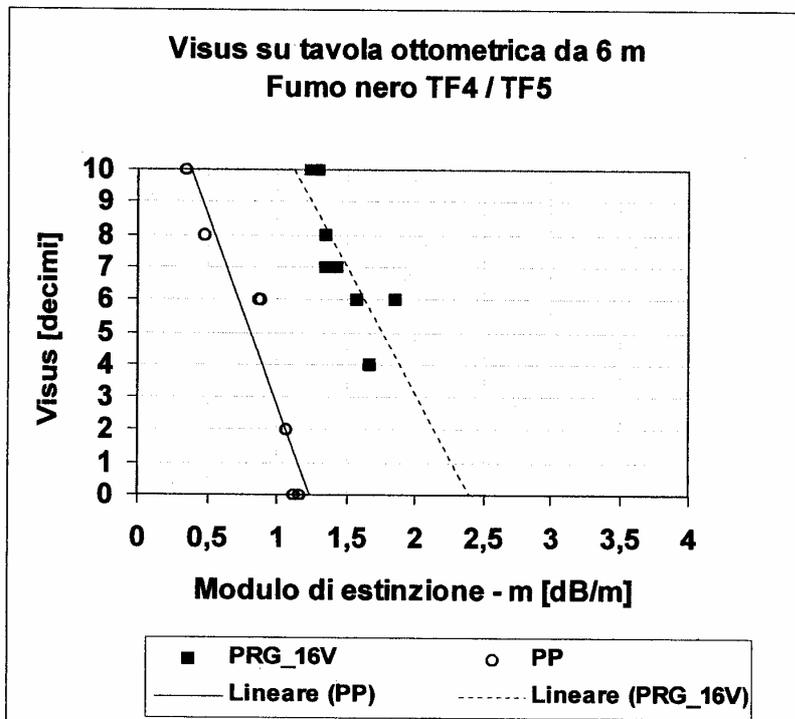
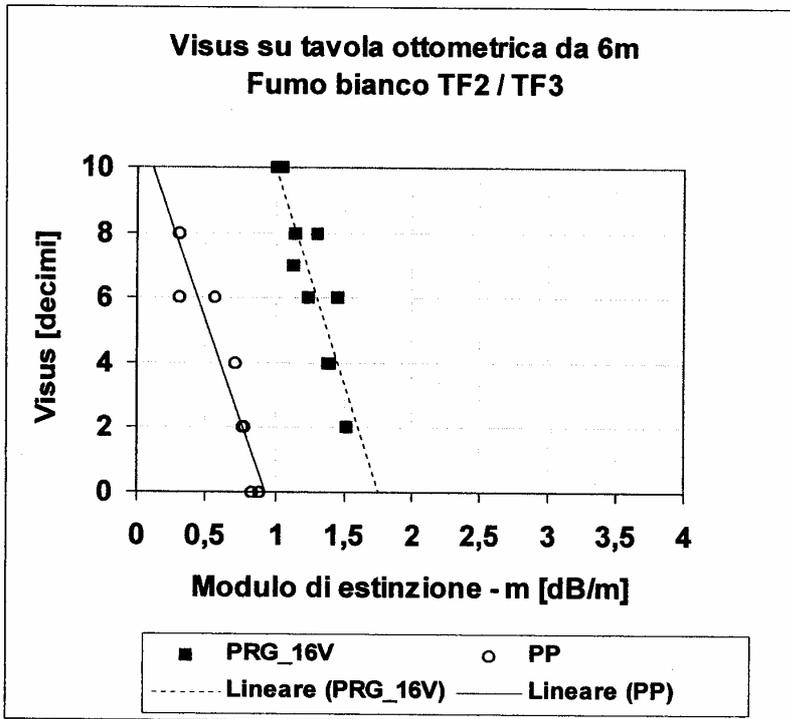
Le letture su tavola optometrica e le misure di illuminamento sono state prese sia in fase di produzione crescente del fumo, sia in fase decrescente del fumo, sia in fase decrescente per ognuno dei Test

Fire prescelti: TF2,TF3,TF4 e TF5.

La sostanziale uniformità di risposta in termini di visus tra alcuni fumi ha suggerito di accorpare i risultati per colore di fumo riferendo i rilevamenti alle due categorie denominate fumi bianchi e fumi neri.

Le figure mostrano come con la sorgente **PRG_16** si può ottenere lo stesso livello di visibilità (stesso visus) con circa il doppio del fumo rispetto alla sorgente **PP**.

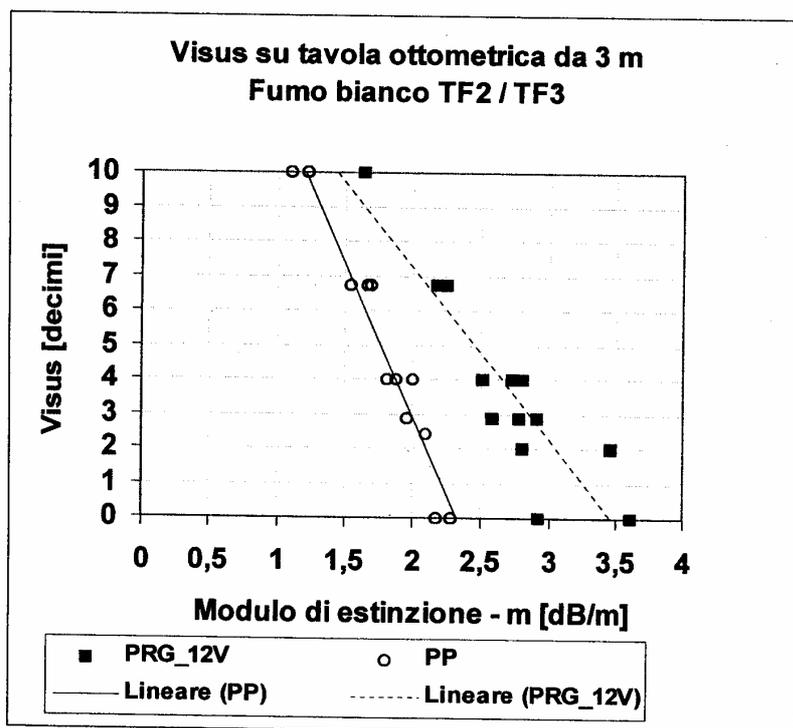
Inoltre si riscontra, in generale, una maggiore difficoltà di visione con i fumi bianchi rispetto a quelli neri.



- Campagna di misure a distanza 3 m

Nel corso di queste prove si è ridotta la tensione di alimentazione del PRG a 12 Volts in quanto considerati più che sufficienti per garantire una buona visibilità a distanza di 3 m ed inoltre facilmente ottenibili da batterie di costruzione standard. Si è anche reputato opportuno effettuare le prove solo con fumi di colore bianco in quanto di maggiore criticità come emerso dalla campagna di misure a 6 m.

La sorgente PRG_12 mostra anche in questo caso una più ampia autonomia di visibilità. Inoltre, poiché le misure di visus venivano fatte in alternanza (spegnendo una sorgente ed attivando l'altra), la sensazione psicologica dell'operatore preposto alla lettura della tavola ottometrica era di grande sollievo quando davanti ad un muro di fumo bianco, potremmo dire opalescente, si ripristinava la perfetta visibilità grazie all'attivazione della sorgente PRG_12.



3 – DETERMINAZIONE DEI COEFFICIENTI DI ATTENUAZIONE

Da una serie di prove di attenuazione effettuate con una sorgente ad incandescenza a fascio parallelo, posta a fianco del densitometro ottico e dalle prove descritte al punto precedente è stato possibile determinare i coefficienti di attenuazione α , mediante la legge di Lambert-Beer, noti:

- l'illuminamento in aria pulita E_x
- l'illuminamento in presenza di fumo E_0
- lo spessore di fumo attraversato x .

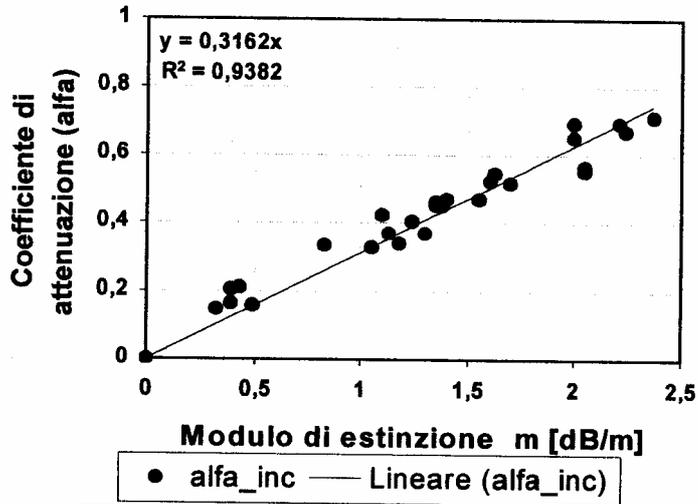
Le misure sono state effettuate per tutti e quattro i tipi di fumo contraddistinti dalle sigle TF1,TF2,TF3 e TF4 e i valori di α così ottenuti sono stati posti in relazione al modulo estinzione m misurato dal fotodensitometro (vedi appendice).

Si precisa che i coefficienti di attenuazione così determinati riguardano sorgenti ad incandescenza con un loro tipico spettro di emissione, con potenze variabili da 4 a 90 Watt, su spessori di fumo da 0,80 a 6 m di profondità.

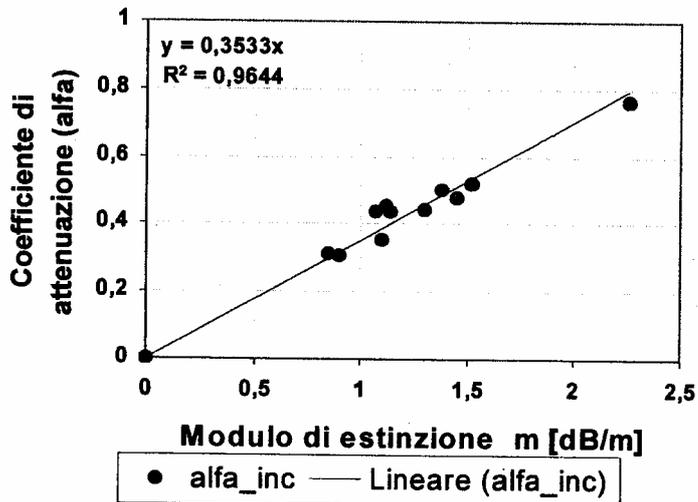
Si vuole anche precisare che per quanto riguarda i fumi neri è stato tenuto conto della contaminazione delle ottiche dovuta alla deposizione del particolato sulle medesime, tramite una misura in aria tersa, alla fine del test e apportando una correzione alle misure effettuate .

Nelle figure seguenti sono riportati i valori di α in funzione del modulo di estinzione per ognuno dei tipi di fumo prodotti.

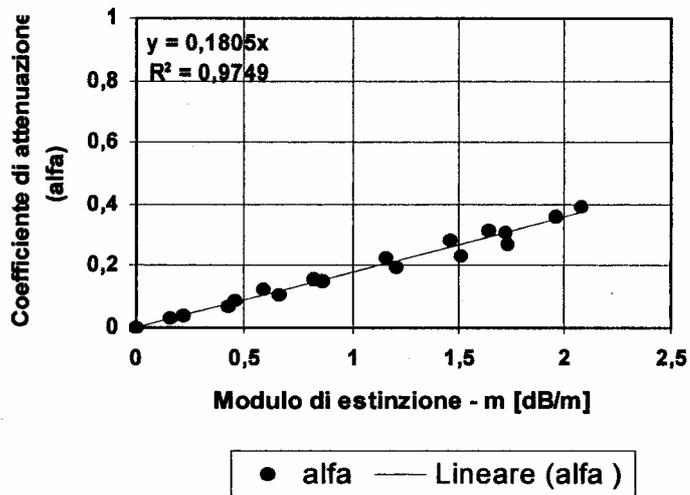
TF2 - Coefficiente di attenuazione - Sorgenti incand. fascio stretto



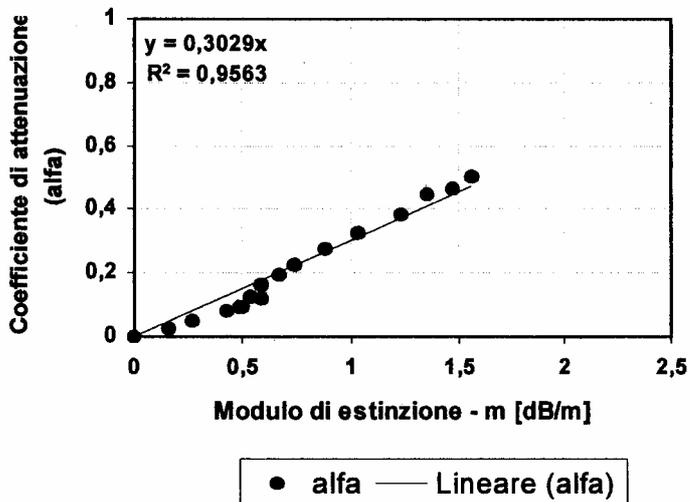
TF3 - Coefficiente di attenuazione - Sorgenti incand. fascio stretto



TF4 - Coefficiente di attenuazione - Sorgenti incand. fascio stretto



TF5 - Coefficiente di attenuazione - Sorgenti incand. fascio stretto



Le equazioni che forniscono il coefficiente di attenuazione in funzione della densità del fumo (m) per i quattro fuochi campione considerati sono:

TF2	$\alpha = 0.3162 * m$	TF3	$\alpha = 0.3533 * m$
TF4	$\alpha = 0.1805 * m$	TF5	$\alpha = 0.3029 * m$

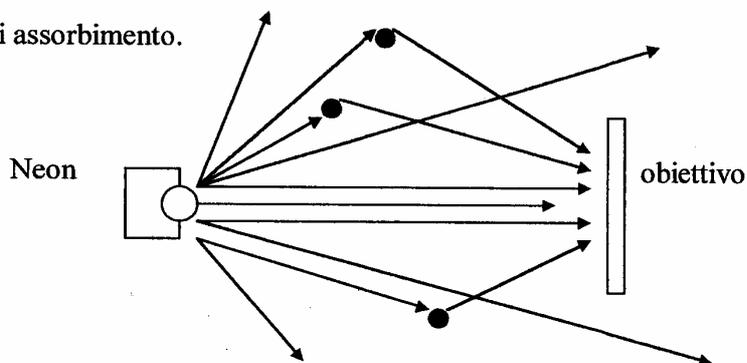
Infine per avere una comparazione con altre tipologie di sorgente diversa sia per estensione che per tipo di fascio e spettro di emissione, si sono effettuate anche delle prove con luce al neon da 8 W da cui sono risultati per il fumo tipo TF2 (bianco) e tipo TF4 (nero) i coefficienti di attenuazione nelle figure di seguito riportate.

Dal confronto di α per luci ad incandescenza e luci al neon si vede chiaramente che c'è una sostanziale uniformità di risultati nel caso di fumi neri (TF4;TF5) e una sostanziale differenza nel caso dei fumi bianchi (TF2;TF3); in particolare sembra che la luce di una sorgente neon sia attenuata pochissimo dai fumi bianchi.

La spiegazione di ciò risiede probabilmente nei meccanismi che presiedono al fenomeno di attenuazione.

Nel caso dei fumi neri l'attenuazione è fondamentalmente dovuta all'assorbimento della radiazione delle particelle di fumo, mentre nel caso dei fumi bianchi le componenti di attenuazione sono due e precisamente l'assorbimento e lo scattering, cioè la diffusione della radiazione.

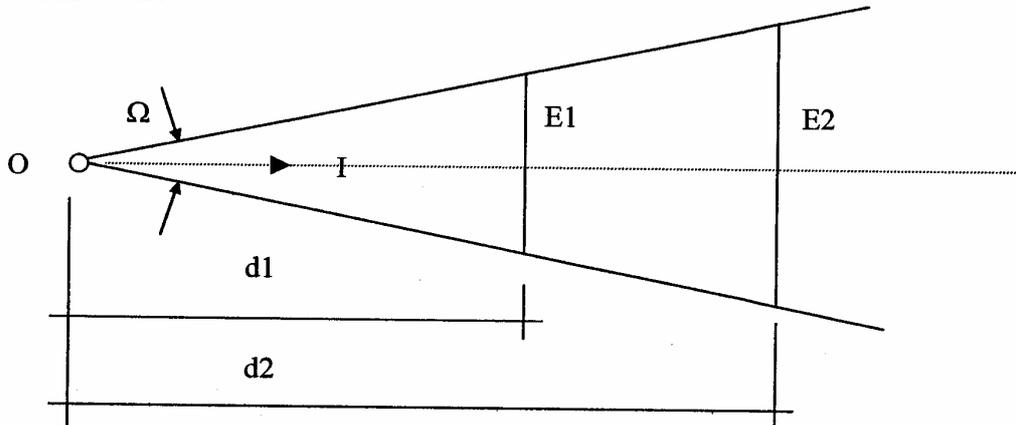
Dunque è possibile pensare che, nel caso di una sorgente estesa e omnidirezionale (almeno nel semispazio antistante) come il neon, una quota parte della radiazione emessa non in direzione della fotocellula, proprio per l'effetto di scattering, venga reindirizzata su di essa con l'effetto di ridurre il coefficiente di assorbimento.



4 - DETERMINAZIONE DELLA SOGLIA DI VISIBILITA'

Mappatura dell'illuminamento

Se si considera una sorgente che fornisce una intensità luminosa $I = \text{cost.}$ all'interno di un certo angolo solido $\Omega = \text{cost}$



si può porre:

$$I = E_1 \cdot d_1^2 = E_2 \cdot d_2^2$$

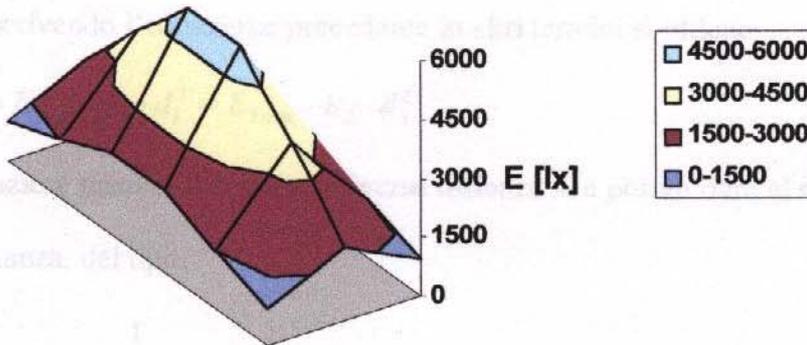
valida per una sorgente puntiforme con fascio parallelo e con una distribuzione di E_1 e di E_2 costante su tutta la superficie.

Se E non è costante sulla superficie illuminata, in via approssimata, si può utilizzare il valore medio di E come rapporto tra l'integrale dell'illuminamento sull'area e l'area stessa cosicché la precedente diviene:

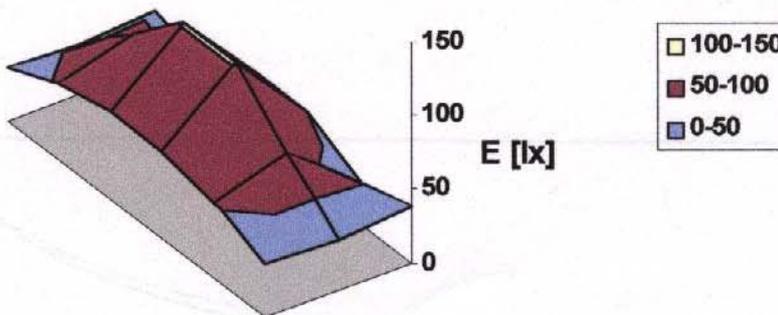
$$I = E_{1\text{medio}} \cdot d_1^2 = E_{2\text{medio}} \cdot d_2^2$$

Una mappatura dell'illuminamento delle sorgenti denominate PRG e PP a 6 metri di distanza su superficie di dimensioni $0.48 \times 0.30 \text{ m}^2$ è stata effettuata con il risultato riportato nelle figure.

PRG_16 Volts Illuminamento su area 0.48 x 0.30 a distanza 6 metri



PP - Illuminamento su area 0.48 x 0.30 a distanza 6 metri



Inoltre, dal momento che le misure di illuminamento venivano effettuate sempre nello stesso punto, corrispondente al massimo della distribuzione di E sulla superficie (E_{max}) si è voluto collegare il detto valore massimo della distribuzione superficiale a quello medio per entrambe le sorgenti con il risultato

$$R_{PRG} = E_{med} / E_{max} = 0,48215 \quad R_{PP} = E_{med} / E_{max} = 0,50661$$

Ove R sta ad indicare il rapporto tra il valor medio e quello massimo della distribuzione superficiale dell'illuminamento E, in questo caso valevole per una distanza di 6 m tra le sorgenti utilizzate e l'obiettivo.

Riscrivendo l'equazione precedente in altri termini si ottiene:

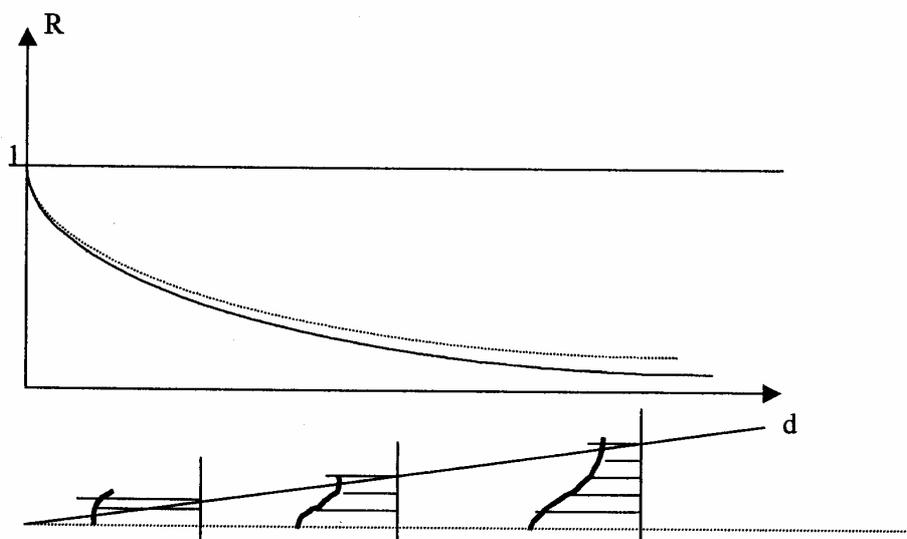
$$I = E_{1max} \cdot R_1 \cdot d_1^2 = E_{2max} \cdot R_2 \cdot d_2^2$$

Grazie a misure di E max a diverse distanze si è potuto dare al rapporto R una forma, in funzione della distanza, del tipo:

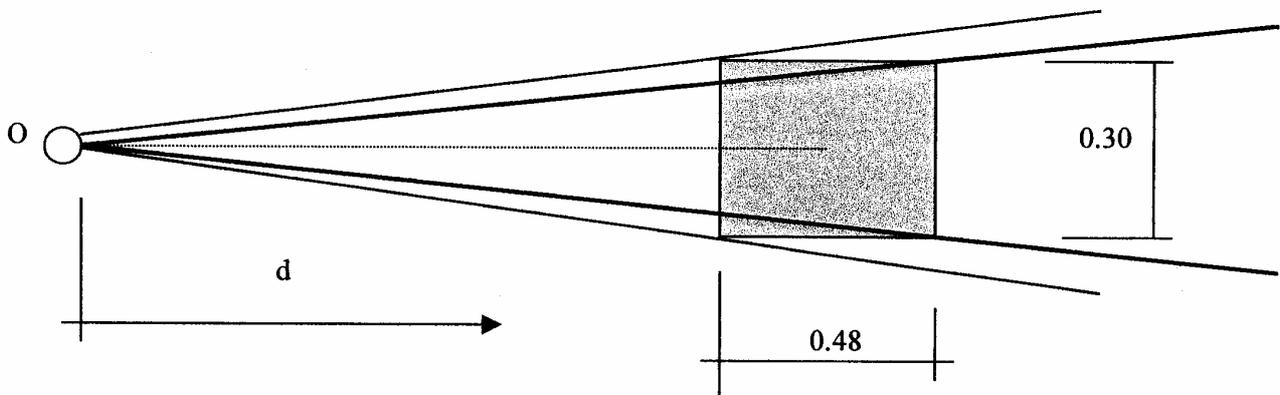
$$R_{PRG} = \frac{1}{\left[\frac{d}{5.79} \right]^2 + 1}$$

$$R_{PP} = \frac{1}{\left[\frac{d}{6.08} \right]^2 + 1}$$

Significando con ciò che la distribuzione di E al variare della distanza dalla sorgente ha un andamento del tipo illustrato.



Pertanto, con una certa sorgente e con la configurazione illustrata in figura,



grazie ad una misura di E_{max} ad una certa distanza dalla sorgente, è possibile conoscere, se pure approssimativamente, il valore dell'illuminamento medio sulla superficie compresa all'interno del fascio indicato in figura, a diverse distanze dalla sorgente.

Soglia di illuminamento

Con i dati raccolti si è costruito il diagramma della figura seguente, che mette in relazione "l'ostacolo" $m \times d$ (quantità di fumo per spessore di fumo) con l'illuminamento medio di soglia, potendo definire tale illuminamento di soglia come quel valore di E_{medio} in corrispondenza al quale il VISUS è nullo (si vede-non si vede). La soglia di visibilità è stata determinata solo per i fumi bianchi in quanto maggiormente critici, la sua espressione è:

$$\ln(E_{medio}) = 0.8369 \cdot m \cdot d - 0.5108$$

Un esempio è di chiarimento.

Se si ha un ostacolo $m \times d = 10$ dB dalla eq. precedente risulterà $E_{medio\ soglia} = 2586$ lx e se la distanza è di 5 m ($m = 2$ dB/m) assumendo

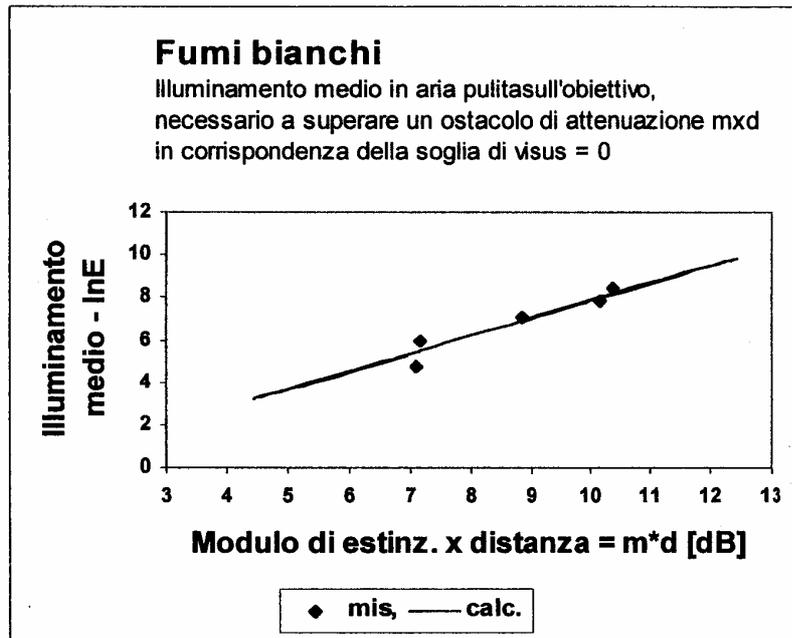
$R = 0.573$ si avrà:

$$E_{max} = E_{med} / 0.573 = 4515 \text{ lx}$$

con l'illuminamento medio di soglia riferito ad una superficie:

$$0.30 : 6.00 = L_{\text{vert}} : 5.00 \quad L_{\text{vert}} = 0.25$$

$$0.48 : 6.00 = L_{\text{orz}} : 5.00 \quad L_{\text{orz}} = 0.40$$

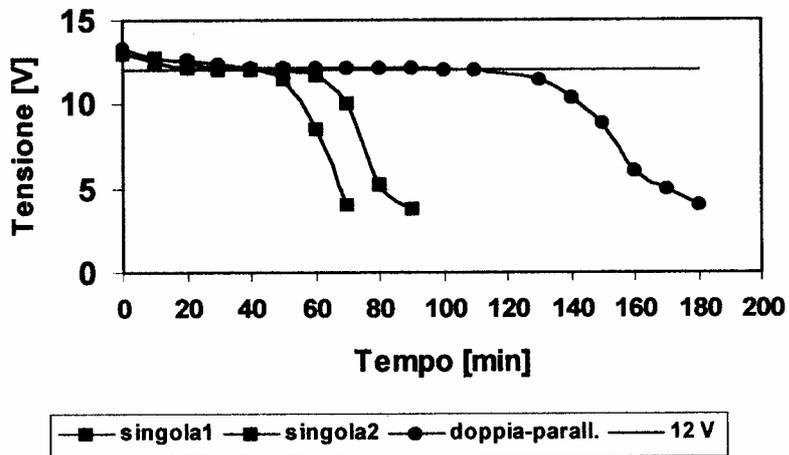


5 - MISURA DEI TEMPI DI SCARICA DI BATTERIE PER ALIMENTAZIONE DI SORGENTI DA 55W

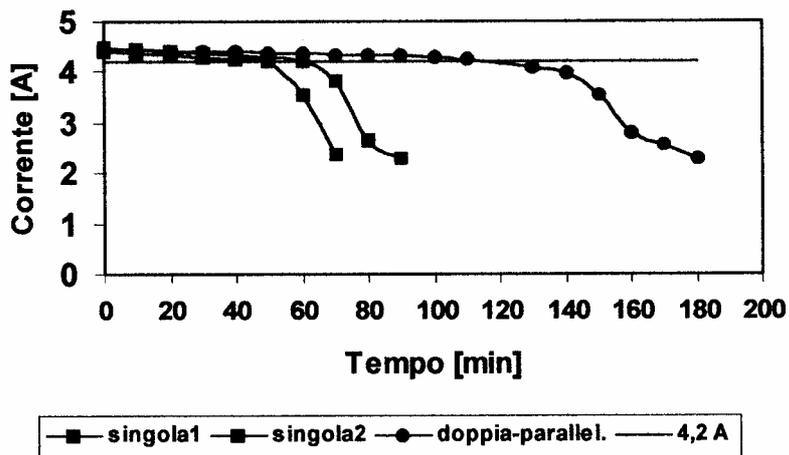
Nella ipotesi di dover rendere portatile una sorgente della potenza di 55W alimentata a 12V di tensione, si è pensato di verificare i tempi di scarica e quindi i tempi utili di alimentazione di alcuni pacchi commerciali di batterie da 12 V / 7.2 A nominali.

Le verifiche sono state fatte sia con alimentazione costituita da singola batteria, sia da due batterie in parallelo ed evidenziano una capacità di alimentazione, in condizioni giudicate sufficienti (tensione non inferiore a 12 V e corrente non inferiore a 4.2 A), rispettivamente di 1h e 2h di piena operatività.

Andamento della scarica di batterie da 12V - 7.2 Ah su carico da 55W



Andamento della scarica di batterie da 12V - 7.2 Ah su carico da 55W



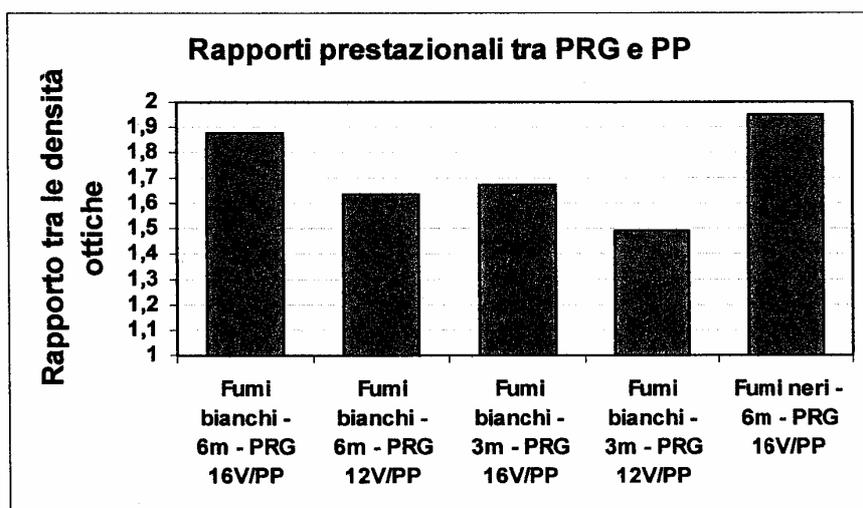
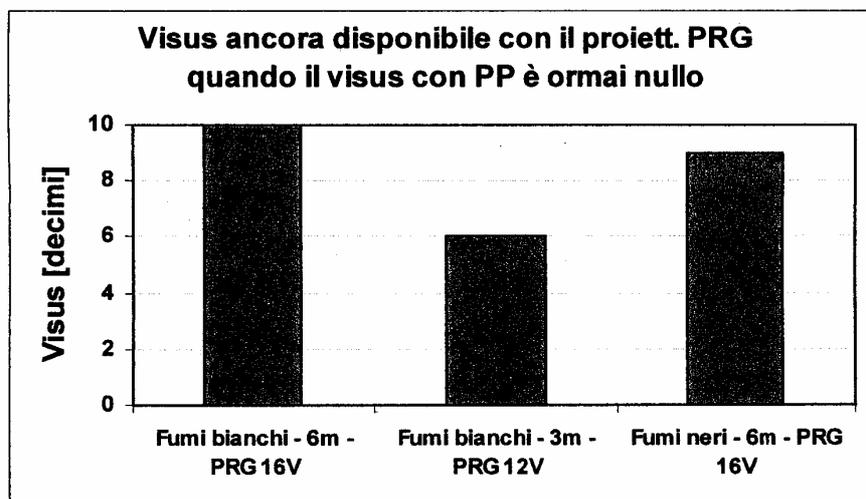
CONCLUSIONI

I grafici che seguono mostrano un confronto di tipo prestazionale tra le sorgenti PRG e PP.

Dalla prima figura si evince che quando l'operatore non ha più visibilità (visus=0) con la sorgente PP, si hanno le seguenti condizioni di visibilità con la sorgente PRG:

- Fumi bianchi /distanza 6m alimentazione 16V - visus 10/10
- Fumi bianchi /distanza 3m alimentazione 12V - visus 6/10
- Fumi neri / distanza 6m alimentazione 16V - visus 9/10

Dalla seconda figura si ricava che in tutte le condizioni di prova indicate e a parità di visibilità, l'ostacolo superato con la sorgente PRG va da 1 e ½ a 2 volte quello superato con la sorgente PP.



Si ritiene che sia tecnicamente possibile, senza riferimento ai costi, realizzare un dispositivo portatile di illuminamento, di prestazioni superiori a quelle dei proiettori portatili commerciali da 10 w, a prezzo di un parziale aumento di peso dovuto alla maggior capacità del pacco batterie e ad una probabile riduzione dell'autonomia operativa che in ogni caso non scenderebbe al di sotto delle 2h continue di utilizzo.

APPENDICE 1

RICHIAMI DI FISICA TECNICA

Flusso luminoso Φ

Unità di misura: lumen [lm]

Una sorgente di luce monocromatica di lunghezza d'onda λ che emette una potenza luminosa P_λ Watt con un fattore di visibilità V è caratterizzata dalla grandezza flusso luminoso:

$$\Phi = 683 \cdot P_\lambda \cdot V \quad [lm]$$

che altro non è che la potenza, in lumen, emessa dalla sorgente sulla lunghezza d'onda λ e percepita "dall'occhio umano medio".

Il fattore 683 è un fattore di conversione da Watt (unità di misura della potenza elettrica) a lumen (unità di misura della potenza luminosa).

Se la sorgente non è monocromatica ma caratterizzata da una distribuzione spettrale di lunghezze d'onda, il flusso è espresso da:

$$\Phi = 683 \cdot \int_{380\text{nm}}^{780\text{nm}} P_\lambda \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda$$

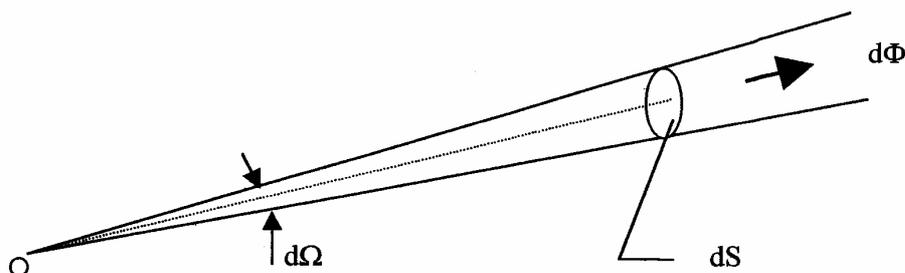
in cui la funzione $V(\lambda)$, detta fattore di visibilità, esprime la stimolazione nervosa dell'occhio medio alle varie lunghezze d'onda.

Intensità luminosa I

Unità di misura: candela [cd]

Per una sorgente puntiforme, è il rapporto tra il flusso presente all'interno di un angolo solido infinitesimo e l'ampiezza dell'angolo stesso

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega}$$



Illuminamento E

Unità di misura: lux [lx]

È il rapporto tra il flusso luminoso e l'area della superficie su cui tale flusso è proiettato

$$E = \frac{d\Phi}{dS}$$

inoltre $E = \frac{d\Phi}{dS} = I \cdot \frac{d\Omega}{dS}$ e poiché $dS = d\Omega \cdot d^2$

Si ottiene $E = \frac{I}{d^2}$

secondo cui l'illuminamento E su una superficie è inversamente proporzionale al quadrato della distanza di detta superficie dalla sorgente.

Legge di Lambert – Beer

Un flusso luminoso parallelo e monocromatico di intensità I che attraversa uno strato di flusso di spessore x subisce una riduzione di intensità, detta attenuazione, proporzionale a :

$$dI = -\alpha \cdot I \cdot dx \quad \text{da cui integrando:}$$

$$I = I_0 \cdot e^{-\alpha x}$$

dove I_0 è l'intensità emessa e I è quella emergente dallo strato di spessore x e α è il coefficiente di attenuazione dipendente dal tipo e dalla concentrazione del fumo.

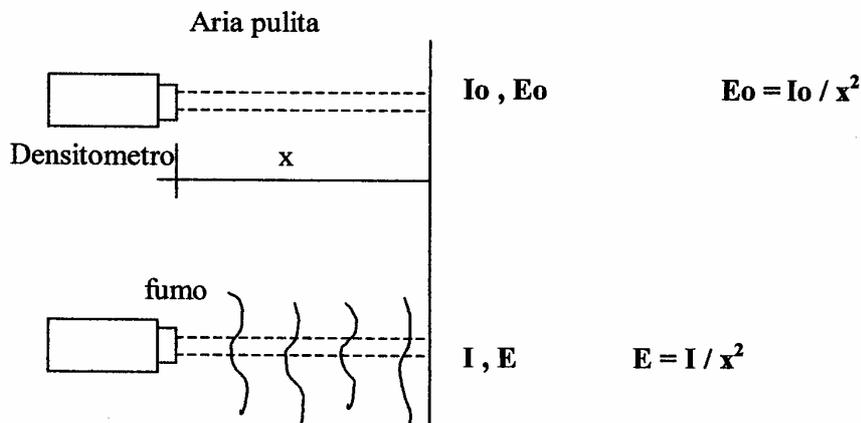
Detta legge è meglio nota come legge di Lambert – Beer ed è strettamente valida per un fascio di luce monocromatica.

In questa sede verrà applicata ai fasci luminosi delle sorgenti in prova che non sono monocromatici né paralleli.

In ogni caso dato il piccolo angolo solido di apertura dei fasci utilizzati, questi ultimi si possono ritenere approssimativamente paralleli.

Inoltre il coefficiente di attenuazione α sarà un coefficiente medio riferito a tutta la distribuzione spettrale della sorgente utilizzata.

Infine si vuole ricordare che grazie al legame tra luminosità I e l'illuminamento E si ha:



e pertanto:

$$E = E_0 \cdot e^{-\alpha x}$$

Quest'ultima proprio sarà utilizzata per la determinazione del coefficiente di attenuazione mediante misure di illuminamento E.

Densitometro ottico – Modulo di estinzione – OPTICAL DENSITY

Lo strumento utilizzato come base di riferimento per le misurazioni è il fotodensitometro SICK RM 41 dotato di spettro luminoso visibile con il massimo dell'intensità a 860 nm (infrarosso).

L'uso di questo strumento è previsto dalle norme europee EN 54 per la misura dell'attenuazione ottica nelle prove di certificazione dei rivelatori di fumo.

L'uscita del densitometro è il modulo di estinzione così definito :

$$m = \frac{10}{L} \cdot \log_{10} \left(\frac{I_0}{I} \right) \quad [dB / m]$$

pertanto tutte le misure di attenuazione in presenza di fumi, sulle sorgenti impiegate nella presente ricerca, sono state messe in relazione ad un parametro di riferimento che è il modulo di estinzione m, correntemente utilizzato nelle attività di prova sui rivelatori a livello europei.

Si ricorda che la grandezza “densità ottica” (Optical Density) che spesso si incontra nella letteratura tecnica americana è definita come:

$$OD = \log_{10} \left(\frac{I_0}{I} \right) \quad [dB]$$

e la grandezza “densità ottica specifica” (attenuazione per metro di spessore dell’ostacolo) è invece:

$$SOD = \frac{1}{L} \cdot \log_{10} \left(\frac{I_0}{I} \right) \quad [dB / m]$$

Ne consegue che il modulo di estinzione m , di più comune utilizzo nella letteratura tecnica europea, e la densità ottica specifica sono collegati dalla relazione:

$$m = 10 \cdot SOD$$

BIBLIOGRAFIA

Bordoni U.

Fondamenti di Fisica Tecnica – Ed. ZANICHELLI – 1980 Bologna

De Bonis F. – La Malfa A.

La problematica dell'illuminazione di sicurezza in presenza di fumo

Antincendio – dic. 1995

OVA – Energia e luce di emergenza

Manuale per progettisti e tecnici – 1995

Voigt H. – Avlund M.

Standardized Smoke

Danish Research Centre for Applied Electronics – ECR 94 – June 1980

Butcher E. G. – Parnell A. C.

Smoke control in fire safety design – E.&F.N. Spon – 1979 London

Drysdale D.

An introduction to fire dynamics – J.Wiley & Sons Ltd. - 1987

N X V

M C T H

A F D Z E

B G L Y C K I

H D F Z V X T

K H O R

20/100

O Z N H V C

20/70

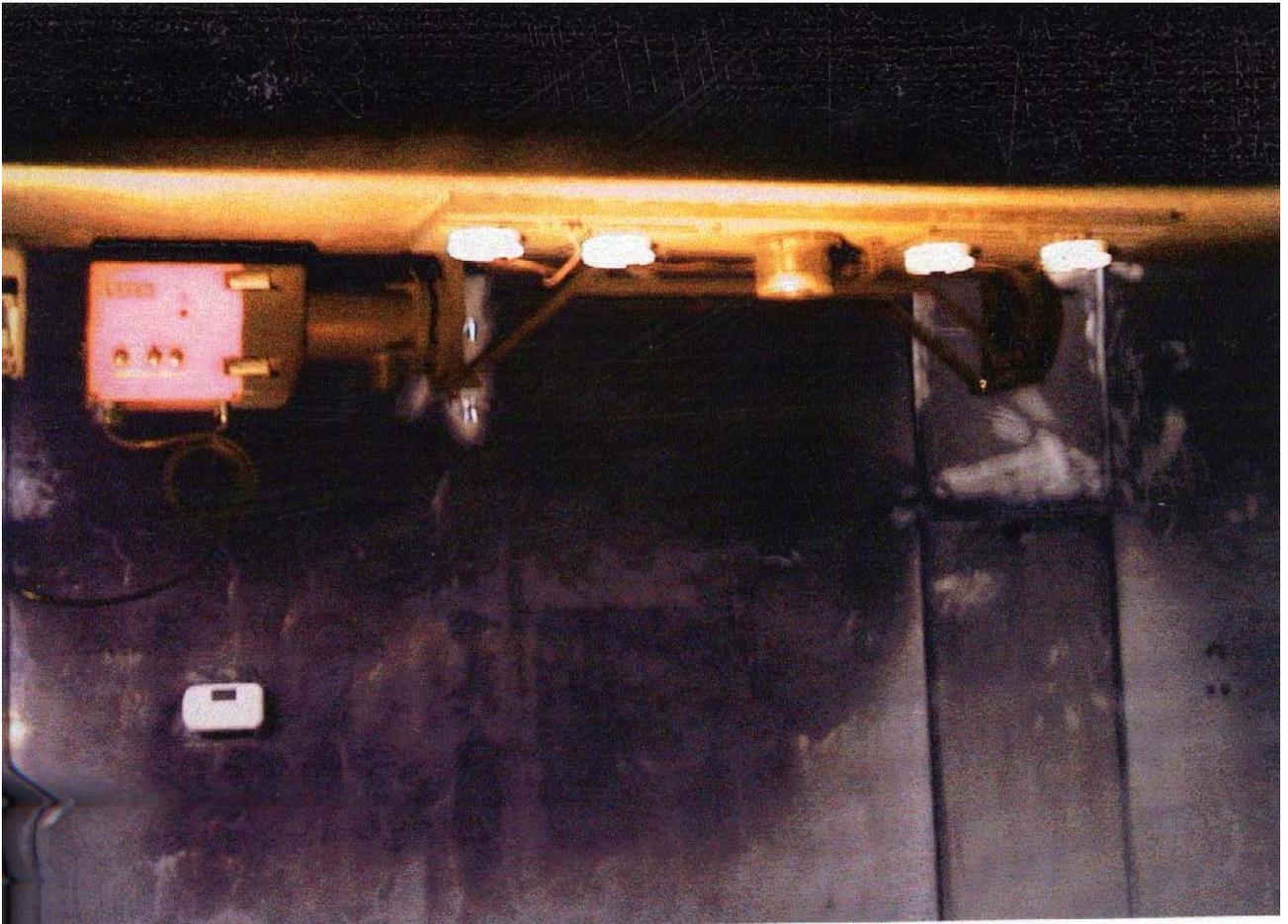
R K S C Z H V D

20/50

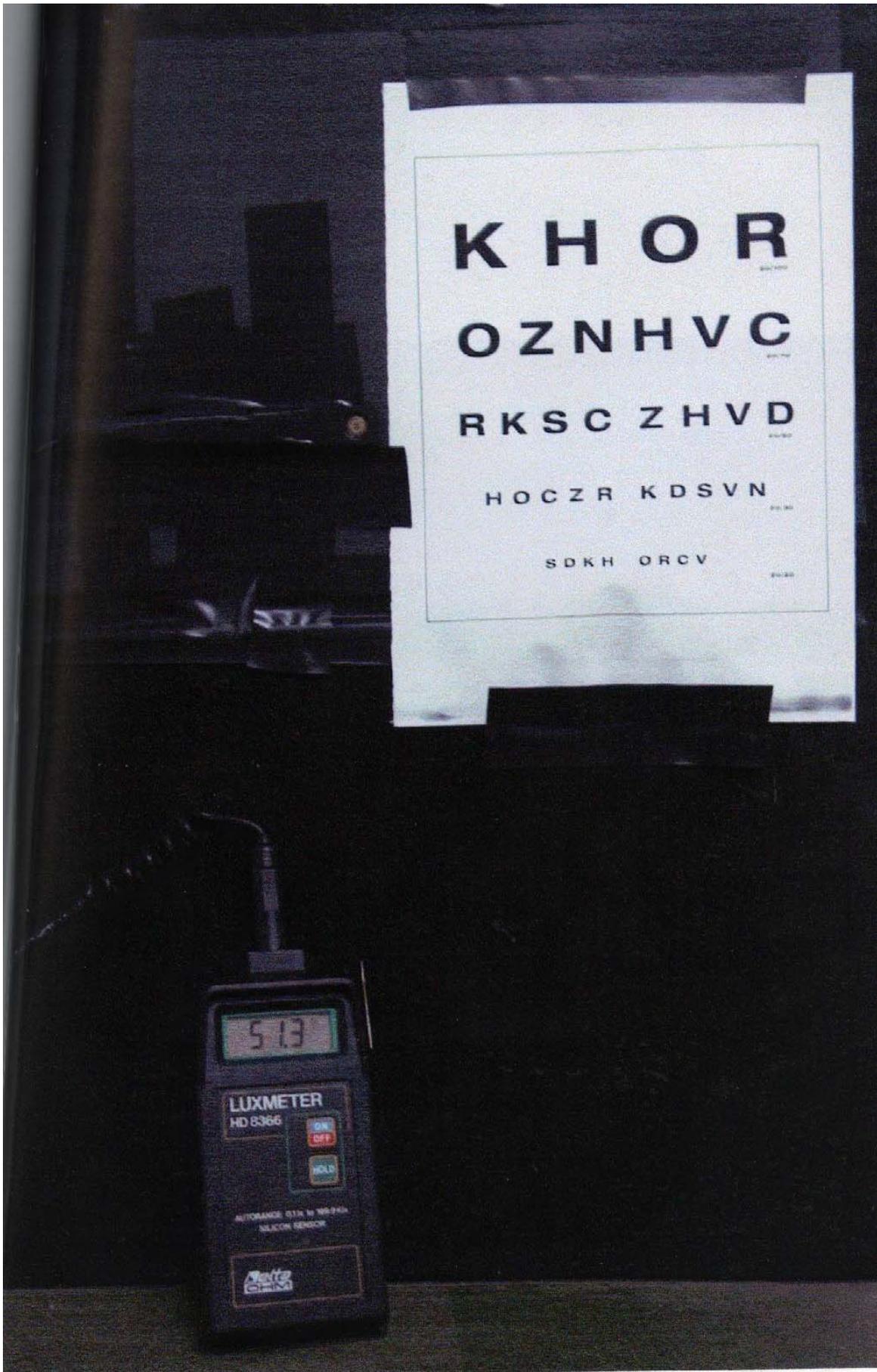
H O C Z R K D S V N

20/30

S D K H O R C V



FOTODENSITOMETRO SICK RM41



MISURA ILLUMINAMENTO - LUXMETRO