Safety UV 360°

Estratto delle misurazioni e risultati, prove di efficenza dispositivo SafetyUV effettuate il 21.06.2022, presso S.T.I.E. Milano servizio di trasporto pubblico.

Eseguite dai Professori del Politecnico di Milano e Universita' dell Insubria.

Prodotto da Safety 360 Srl, via San Giovanni Bosco 12, 20900 Monza MB - PI 11813730964
T 039.24.60.552 - info@safety-360.it - www.http://safety-360.it

SAFETY360 SRL
Sede Legale: via S Giovanni Bosco 12, 20900 Monza MB
Sede Operativa: via A. Casati 211, 20862 Arcore MB
T 039.24.60.552
PI 11813730964
info.safety360@gmail.com

Monza li , 18/7/2022

Oggetto: *Estratto della relazione sulle misure effettuate il 21giugno 2022, presso la* ***S.T.I.E. spa*** *Milano* ***servizio di trasporto Pubblico****, nella sede operativa di San Vittore Olona, via Roma 75, su di un autobus della stessa, eseguite dai* ***Professor Giuseppe Storti del Politecnico di Milano****, dal* ***Professor Cattaneo Andrea dell'Universita' dell'Insubria****, dal* ***Dottor Davide Campagnolo dell'universita' dell'Insubria,*** *alla presenza dei tecnici, della* ***Safety360 srl.***

Da: **Giuseppe Storti** · @polimi.it>
Data: ven 15 lug 2022 alle 21:23
Oggetto: relazione
A: (STIE S.p.A.) · @stie.it>, Andrea Usuelli <andrea.usuelli@gmail.com>
CC: Cattaneo Andrea · @uninsubria.it>, CAMPAGNOLO DAVIDE < @uninsubria.it>

Cara Ing , caro Dr. Usuelli,

In allegato la relazione sulle misure fatte a giugno nel vostro deposito.

E' il risultato del lavoro a tre del Prof. Cattaneo, del Dr. Campagnolo e del sottoscritto.

Restiamo a disposizione per qualsiasi commento/critica e, se serve, per una chiamata di approfondimento.

Cordiali saluti,

GStorti

Relazione sulle misure effettuate il 21 giugno 2022

Sono state installate tre lampade UV dotate di tecnologia "Safety UV" sul soffitto di un bus fermo in deposito. L'obiettivo dell'indagine era quello di misurare il flusso radiante o irradianza ($\mu W/dm^2$) mediante radiometro in diversi punti del bus. Il radiometro utilizzato (Modello HD2402 DeltaOhm, Padova, Italy), in grado di misurare l'irradianza spettrale entro un ampio range di lunghezze d'onda (da 180 a 3000 nm), registra l'irradianza totale (ovvero l'integrale della grandezza spettrale rispetto alla lunghezza d'onda) per intervalli diversi di lunghezze d'onda. In particolare, si sono considerati i valori di irradianza totale registrati tra 180 e 400 nm, ovvero corrispondenti all'UV (UVA + UVB + UVC). Con una sola eccezione, le misure sono state effettuate con la sonda orientata verso la lampada, ovvero con angolo nullo tra la radiazione incidente e la perpendicolare alla superficie della sonda.

Un esempio di valori di irradianza totale acquisiti nel tempo durante una misura in una specifica posizione sono mostrati in Figura 1. Il valor medio temporale considerato rappresentativo della misura è stato valutato mediando i valori nella zona in cui il segnale registrato è stabile, nel caso specifico tra i campioni 15 e 55.

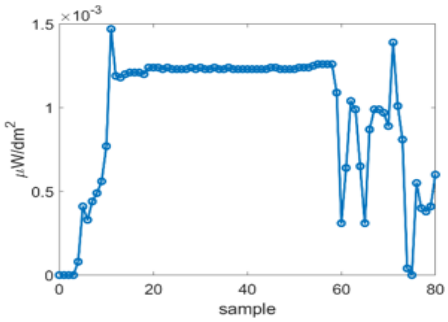


Figura 1 – Esempio di valori di irradianza totale acquisiti durante una misura

Lo schema del bus con misure indicative in cm e posizionamenti delle lampade è riportato in Figura 2. Le tre lampade sono state posizionate come indicato dai rettangoli viola mentre i punti di misura sono indicati con i numeri. In Figura 3, gli stessi punti di misura sono rappresentati con diverse forme geometriche che specificano verso quale lampada era orientato il radiometro durante la misura. In particolare:

- Triangoli – radiometro orientato verso la sorgente (lampada) anteriore;
- Stelline – radiometro orientato verso la sorgente centrale;
- Esagoni – radiometro orientato verso la sorgente posteriore.

Figura 2 – Schema del bus: posizione delle lampade e punti di misura

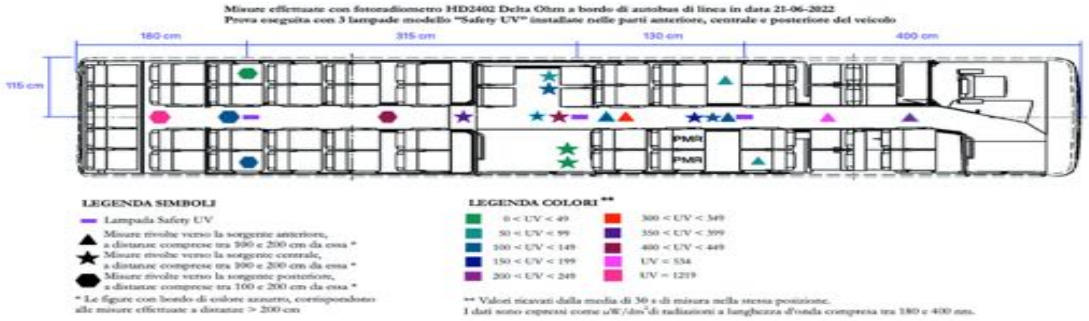


Figura 3 – Schema del bus: posizione delle lampade e rappresentazione grafica del range di irradianza misurato

I range di irradianza ottenuti nei singoli punti di misura sono rappresentati mediante una scala di colori per fornire un'immediata panoramica dei risultati. Per completezza, i dati di irradianza totale con tutte le specifiche della posizione di misura (verso quale lampada è stato orientato il sensore e la distanza del sensore dalla lampada) sono riassunti nella Tabella A-1 riportata in appendice.

Dallo schema riportato in Figura 3 è possibile desumere che i dati di irradianza totale più elevati (> 300 µW/dm^2) sono stati ottenuti nella zona del corridoio, eccezion fatta per alcune misure che sono state eseguite quasi esclusivamente a distanze maggiori di 200 cm dalle lampade. Al contrario, i dati più bassi (< 149 µW/dm^2) sono stati riscontrati nelle zone laterali e più periferiche, ad altezze corrispondenti a quelle dei sedili del bus.

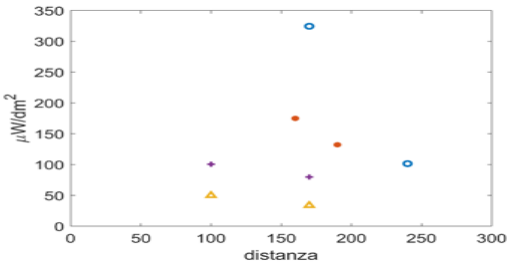


Figura 4 – Irradianze totali misurate nella stessa posizione ed orientazione, in funzione della distanza dalla lampada. Cerchi blu (Posizione 1): verso lampada anteriore; pallini rossi, triangoli e crocette (Posizioni 7, 8 e 9): verso lampada centrale

Riordinando i dati raccolti nella stessa posizione e con la stessa orientazione in funzione della distanza dalla lampada (Figura 4), si nota l'importanza del decadimento dell'irradianza al crescere della distanza dalla sorgente. Dato il basso numero di dati (solo due per ogni caso), non è possibile verificare la dipendenza del decadimento dalla distanza. In ogni caso, tale decadimento potrebbe non scalarsi con il quadrato della distanza anche a causa della presenza di più sorgenti in grado di generare una sovrapposizione della radiazione incidente, specie in alcune zone dell'autobus.

In sintesi, l'area è illuminata in modo eterogeneo a causa delle diverse distanze ed angolazioni delle superfici rispetto alle sorgenti. Le lampade esibiscono una capacità irradiante molto diversa a seconda dell'angolazione, maggiore lungo l'asse della lampada e decisamente minore nelle posizioni laterali. In ogni caso, le irradianze più basse misurate nelle varie posizioni di Figura 2 sono dell'ordine di 30-40 μW/dm^2; considerando che le misure sono state effettuate ad angolo di incidenza nullo, questi valori vanno ulteriormente ridotti per tener conto dell'angolazione delle superfici non raggiunte perpendicolarmente. Viste che le irradianze minime sono quelle laterali, si è ritenuto di aggiungere un ulteriore fattore di riduzione pari a 1/2, ovvero le irradianze minime scendono a 15-20 μW/dm^2. Infine, va ricordato che alcune superfici non sono proprio raggiunte dalla radiazione, ovvero restano in ombra a causa degli ostacoli che si frappongono (cappelliere, sedili). Per tener conto di queste zone d'ombra almeno qualitativamente, si stima che **circa 1/3 della superficie totale** (ove con superficie totale si intendono tutte le zone a stretto contatto con gli utenti del servizio di trasporto, tra cui pavimento, sedili, sostegni da utilizzare durante la marcia, pulsantiere per prenotazione delle fermate, finestrini) **possa restare in ombra** e quindi non subire alcun effetto. Tra esse è importante citare i finestrini del bus, la cui sanificazione potrebbe essere dirimente proprio per la loro vicinanza agli utenti.

Infine, si è tentata una stima della costante cinetica di sanificazione utilizzando il modello di Chick-Watson nella forma più semplice:

$$\frac{dN}{dt} = -kNE$$

con *N* numero di UFC, *E* irradianza, *t* tempo e k costante cinetica ($m^2/(W\ s)$). La soluzione del bilancio precedente fornisce la relazione tra l'efficacia di abbattimento ($ln\frac{N}{N_0}$), l'irradianza e il tempo, ovvero:

$$-ln\frac{N(t)}{N_0} = kE(t - t_0)$$

Utilizzando l'unico dato disponibile sul fascicolo del prodotto relativi all'abbattimento di *Escherichia coli* (riduzione di *N* dopo 30 s di irraggiamento da una distanza di 0.05 m con E = 41 $\mu W/dm^2$), si è stimata una costante cinetica $\boldsymbol{k = 20\ 10^{-4}\ dm^2/(\mu W\ s)}$. D'altro canto, considerando altre misure di abbattimento di *Stafilococco* effettuate dal produttore per distanze e tempi diversi, la stessa costante risulta più bassa di più di un ordine di grandezza, $\boldsymbol{k = 0.7\ 10^{-4}\ dm^2/(\mu W\ s)}$. Questo secondo set di misure è probabilmente influenzato negativamente dalla formazione di goccioline sul substrato. Quindi, i valori stimati rappresentano solo una prima, grossolana approssimazione e nei conti successivi si è arbitrariamente assunto un valor medio pari a $\boldsymbol{1\ 10^{-4}\ dm^2/(\mu W\ s)}$. La simulazione dei dati a tempi e distanze diverse utilizzando questo valore della costante è mostrato in Figura 5. Si vede come l'utilizzo di un singolo valore della costante non permette una riproduzione accurata del decadimento misurato.

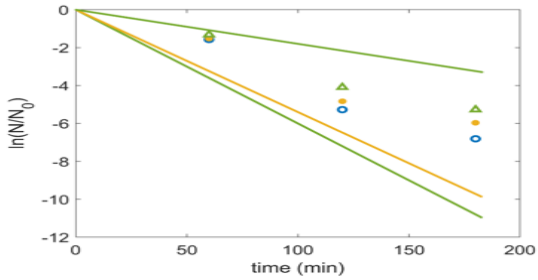


Figura 5 – Abbattimento di *stafilococco* in funzione del tempo e della distanza. Cerchi: 50 cm; pallini: 100 cm; triangoli: 200 cm

Con questo valore, è possibile stimare il tempo necessario ad un abbattimento rispettivamente del 90% e del 99% in funzione del valore di irradianza utilizzato. In particolare:

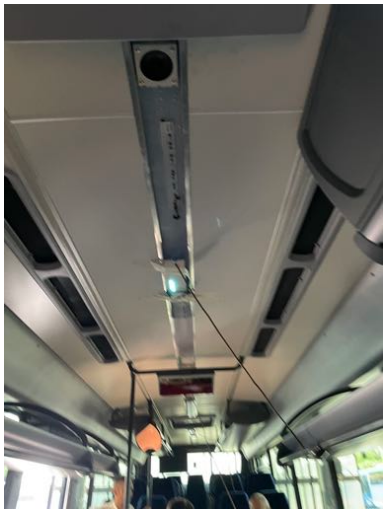
$\boldsymbol{E}$ **= 20 µW/dm²** → $\boldsymbol{t_{90} = 19}$ **min;** $\boldsymbol{t_{99} = 38}$ **min**

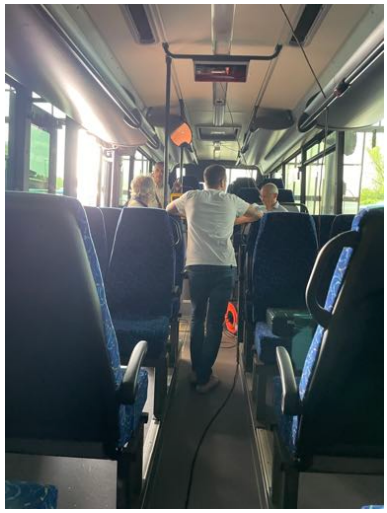
I tempi così stimati sono rappresentativi di quello che succede alle distanze più elevate e nelle posizioni laterali; ovviamente, se la costante cinetica fosse più simile a quella stimata dal dato del fascicolo del prodotto, questi tempi si riducono di circa 10 volte, diventando di pochi minuti e, quindi, decisamente più interessanti (tra 2 e 8 minuti).

APPENDICE

Posizione	Irradianza totale ($\mu W/dm^2$)	Orientazione sensore	Distanza dalla lampada	Note
1	101.51	Verso sorgente anteriore	240 cm da lampada anteriore	
1	324.55	Verso sorgente anteriore	170 cm da lampada anteriore	*Altezza uomo*
2	75.00	Verso sorgente anteriore	160 cm da lampada anteriore	
4	80.20	Verso sorgente anteriore	160 cm da lampada anteriore	*Altezza viso*
5	532.37	Verso sorgente anteriore	180 cm da lampada anteriore	
6	229.69	Verso sorgente anteriore	290 cm da lampada anteriore	
7	145.87	Verso sorgente anteriore	170 cm da lampada anteriore	
1	*N.D.*	Ortogonale sorgente centrale	200 cm da lampada centrale	
1	439.79	Ortogonale sorgente centrale	100 cm da lampada centrale	
7	175	Verso sorgente centrale	160 cm da lampada centrale	
7	132.31	Verso sorgente centrale	190 cm da lampada centrale	
8	49.75	Verso sorgente centrale	100 cm da lampada centrale	
8	33.61	Verso sorgente centrale	170 cm da lampada centrale	
9	100.51	Verso sorgente centrale	100 cm da lampada centrale	
9	79.74	Verso sorgente centrale	170 cm da lampada centrale	
10	380	Verso sorgente centrale	170 cm da lampada centrale	
11	417.80	Verso sorgente posteriore	150 cm da lampada posteriore	
12	*1226.04*	Verso sorgente posteriore	155 cm da lampada posteriore	
13	145.90	Verso sorgente posteriore	140 cm da lampada posteriore	
14	39.50	Verso sorgente posteriore	110 cm da lampada posteriore	
15	109.02	Verso sorgente posteriore	105 cm da lampada posteriore	
11	117.32	Verso il soffitto dell'autobus	120 cm dal soffitto dell'autobus	*Perpendicolare al soffitto, non alle lampade!*

Tabella A-1 Dati di irradianza totale e specifiche relative alle misure





Safety360 srl.