



Ricerca di Sistema elettrico

Progettazione e sperimentazione con sistemi a LED innovativi

L.Blaso, S.Fumagalli, O.Li Rosi, P.Pistochini, M.G. Villani,
A.Antonelli, G.Leonardi, A.Pasqua



PROGETTAZIONE E SPERIMENTAZIONE CON SISTEMI A LED INNOVATIVI

L.Blaso, S.Fumagalli, O.Li Rosi, P.Pistochini, M.G. Villani, A.Antonelli, G.Leonardi (ENEA)

A.Pasqua (Università Insubria)

Settembre 2015

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

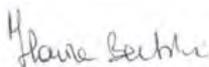
Piano Annuale di Realizzazione 2014

Area: Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica

Progetto: Risparmio di energia elettrica nei settori: civile, industria e servizi

Obiettivo: Sviluppo di prodotti efficienti per l'illuminazione del settore civile

Responsabile del Progetto: Ilaria Bertini, ENEA



Indice

SOMMARIO.....	6
SEZIONE A: SPERIMENTAZIONE LEGATA ALLA TECNOLOGIA.....	8
A1. HUMBLEBEE.....	8
1 INTRODUZIONE.....	8
2 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE E RISULTATI.....	8
2.1 APPLICAZIONE.....	8
2.2 ARCHITETTURA.....	9
2.3 SPECIFICHE PROGETTO.....	11
2.3.1 <i>Gli apparecchi di illuminazione con tecnologia a fosfori remoti</i>	11
2.3.2 <i>Sistema di controllo</i>	12
2.4 TEST E MISURE EFFETTUATE SUI PROTOTIPI DI APPARECCHI.....	13
2.4.1 <i>Caratterizzazione termica</i>	14
2.4.2 <i>Caratterizzazione elettrica</i>	16
2.4.3 <i>Caratterizzazione fotometrica</i>	17
2.4.3.1 Test con sfera di Ulbricht.....	17
2.4.3.2 Misure con goniometro.....	18
2.4.3.3 Misure in cella di prova.....	21
2.4.3.4 Confronto apparecchi con caratteristiche costruttive diverse.....	22
2.5 TEST SU SISTEMA DI CONTROLLO.....	23
2.5.1 <i>Commissioning del sistema di controllo</i>	26
3 CONCLUSIONI.....	27
4 BIBLIOGRAFIA.....	27
A2. L@W.....	27
1 INTRODUZIONE.....	27
2 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE E RISULTATI.....	28
3 CONCLUSIONI.....	29
4 BIBLIOGRAFIA.....	29
A3. L'ILLUMINAZIONE DEI LUOGHI DI LAVORO – UFFICI. COELO – ASTERISM.....	29
A4. ILLUMINAZIONE DOMESTICA PER ANZIANI.....	30
SEZIONE B: ATTIVITÀ NORMATIVA.....	31
B1. UNI - SOFTWARE PER IL CALCOLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO SECONDO LA PROCEDURA DELLA PREN 15193-1:2015.....	31
1 INTRODUZIONE.....	31
2 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE.....	31
2.1 INQUADRAMENTO.....	31
2.2 DESCRIZIONE DEL PRIMO STEP DI REALIZZAZIONE DEL SOFTWARE.....	34
3 RISULTATI E CONCLUSIONI.....	37
B2. DIRETTIVE ECODSIGN ED ETICHETTA ENERGETICA.....	37

1	INTRODUZIONE	37
2	ATTIVITÀ SVOLTE E RISULTATI	38
3	CONCLUSIONI.....	39
	SEZIONE C: SPERIMENTAZIONE LEGATA AGLI ASPETTI UMANI.....	40
	C1. MESSA A PUNTO DELLA PROCEDURA DI TEST DI PERCEZIONE VISIVA CON OGGETTI TRIDIMENSIONALI	40
1	INTRODUZIONE	40
2	DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE E RISULTATI.....	40
2.1	DEFINIZIONE DELLA PROCEDURA DELL’ATTIVITÀ SPERIMENTALE.....	40
2.2	SET UP DEL TEST	42
2.3	MESSA A PUNTO DELLA PROCEDURA DEFINITA.....	43
3	RISULTATI E CONCLUSIONI.....	43
4	BIBLIOGRAFIA.....	44
	C2: CARATTERIZZAZIONE DELL’ILLUMINAZIONE NATURALE NEGLI AMBIENTI DI LAVORO.....	44
1	INTRODUZIONE	44
2	DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE E RISULTATI.....	46
2.1	METODOLOGIA.....	46
2.1.1	<i>Grandezze fotometriche e radiometriche misurate e strumentazione utilizzata.....</i>	47
2.1.2	<i>Sistema di acquisizione dati.....</i>	51
2.1.3	<i>Modello di fototrasduzione circadiana (da Rapporto PAR2014 dell’Università Federico II di Napoli).....</i>	51
3	RISULTATI	53
4	CONCLUSIONI.....	60
5	BIBLIOGRAFIA.....	61
	C3. TEST PER ANTARTIDE	62
1	INTRODUZIONE	62
2	DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE.....	62
3	RISULTATI	63
4	CONCLUSIONI.....	64
5	BIBLIOGRAFIA.....	64
	C4. STUDIO SUGLI INDICI DI RESA DEI COLORI	64
	C5. STUDIO SU EFFETTI NON VISIVI DELLA LUCE	65
	SEZIONE D: DIFFUSIONE E FORMAZIONE, GIS	66
	D1. LA DIFFUSIONE DELLA CULTURA ENERGETICA PRESSO L’ENEA DI ISPRA.....	66
1	INTRODUZIONE	66
2	DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE E RISULTATI.....	66
2.1	LA GIORNATA FORMATIVA DELL’ISTITUTO D’ISTRUZIONE SUPERIORE C.A. DALLA CHIESA DI SESTO CALENDE (VA).....	67
2.2	LA GIORNATA FORMATIVA DEL LICEO SCIENTIFICO DI BISUSCHIO (VA)	69
2.3	“ILLUMINAZIONE INTELLIGENTE”: UNA VISITA VIRTUALE AI LABORATORI ENEA A ISPRA PER “A SCUOLA DI EFFICIENZA”	72
2.4	LA GIORNATA FORMATIVA DELL’ISTITUTO TECNICO STATALE GEOMETRI “A. BERNINI DI ROVIGO”	73
2.5	PRESENTAZIONE DELL’OFFERTA FORMATIVA ALLE GREEN SCHOOLS DI AGENDA 21LAGHI.....	76
2.6	LA GIORNATA FORMATIVA AL COMUNE DI MAGENTA (MI)	78

2.7	LA GIORNATA FORMATIVA DELL'AGENZIA FORMATIVA DELLA PROVINCIA DI VARESE, SEDE DI LUINO (VA)	79
2.8	ENERGIA A KM0 – BESOZZO	81
2.9	RELAZIONI CON L'ESTERNO	83
3	RISULTATI E CONCLUSIONI.....	83
	D.2 GIS E COMUNI LUMIÈRE	83
	CONCLUSIONI GENERALI	83

Sommario

La ricerca si è articolata sulla progettazione e sperimentazione di sistemi innovativi a LED in diversi ambiti applicativi.

- Ambienti di lavoro/tipo industriale: sono stati installati e testati i nuovi dispositivi ottici / di controllo per il sistema HumbleBee nel locale-laboratorio dell'ENEA di Ispra. Inoltre, è stato testato sul campo in parallelo presso l'ENEA di Ispra il dispositivo di illuminazione localizzata prototipale L@W. La sperimentazione ha riguardato le caratteristiche illuminotecniche, prestazionali ed energetiche e gli aspetti legati alla fruizione dell'illuminazione artificiale da parte degli utenti.
- Ambiente domestico: è stato svolto uno studio preliminare di un sistema di illuminazione per l'ambito domestico per la popolazione anziana, con particolare attenzione ai problemi di efficienza energetica, comfort, resa cromatica, economicità del prodotto, integrazione nell'ambito domestico; sono stati quindi proposti concept utili per una successiva realizzazione.
- Ambienti di lavoro/tipo uffici: è stato rivisto e aggiornato il progetto dell'apparecchio COELO per renderlo in linea con i componenti più avanzati disponibili oggi sul mercato e ne è stato realizzato un prototipo.

E' proseguita l'attività normativa a livello nazionale (UNI, CEI, CIE-Italia): in particolare è stato progettato un software relativo alla procedura di calcolo del LENI (Lighting Energy Numeric Indicator) secondo la norma EN 15193:2015: in doppia lingua (inglese/italiano) è un applicativo gratuito (ENEA + UNI) e se ne è realizzato un primo step sperimentale in lingua inglese.

E' proseguita l'attività a livello europeo per la Delegazione Italiana per implementazione Direttive Etichettatura ed Ecodesign su prodotti di illuminazione. Il principale risultato è uno spostamento al 2018 della "fase 6" del Regolamento EU 244/2009, legato all'uscita dal mercato delle lampade meno efficienti.

In occasione dell'anno internazionale della luce (il 2015), sono state svolte attività di diffusione della ricerca e della cultura della luce, in generale, tramite diverse iniziative, in particolare con le scuole.

In parallelo sono proseguite le attività di ricerca legate al lato "umano" in rapporto con la luce:

- definizione e caratterizzazione della resa dei colori
- effetti non visivi della luce
- caratterizzazione dell'illuminazione naturale negli ambienti di lavoro
- identificazione di test legati alla percezione / colore da svolgere in Antartide

Infine, la rappresentazione GIS dei Comuni di Lumière è proseguita con l'aggiunta di nuovi Comuni al modello esistente.

Per favorire la comprensione delle attività svolte, dato che si tratta di argomenti in parallelo, il presente report è diviso in sezioni:

A) sperimentazione legata alla tecnologia

- 1) HumbleBee
- 2) L@W
- 3) COELO – ASTERISM
- 4) Illuminazione domestica per anziani

B) attività normativa

- 1) UNI – software calcolo LENI

- 2) Direttive Ecodesign ed etichetta energetica
- C) sperimentazione legata agli aspetti umani
 - 1) Percezione legata ad oggetti tridimensionali
 - 2) Luce naturale negli ambienti di lavoro
 - 3) Test per Antartide
- D) Diffusione e formazione, GIS-Lumière

Viene presentata per completezza tutta l'attività, inclusi brevi riassunti di quella svolta dai cobeneficiari.

SEZIONE A: Sperimentazione legata alla tecnologia

A1. HumbleBee

1 Introduzione

Dopo la progettazione e la realizzazione di un sistema di illuminazione innovativo per ambienti industriali ad alta efficienza e a basso consumo energetico, si è passati alla fase di test in campo del sistema installato e anche a modifiche e migliorie sulle base delle prime valutazioni.

2 Descrizione delle attività svolte e risultati

2.1 Applicazione

Come descritto nei report delle annualità precedenti [1], [2], sistema di illuminazione HUMBLEBEE è stato progettato¹ per essere installato ed utilizzato nella Hall tecnologica ICELAB (Figura 1), un laboratorio di 18,00 x 9,40 metri, alto 7 metri, assimilabile ad un ambiente industriale. L'area di lavoro dei tecnici e dei ricercatori, che svolgono attività sperimentale, è focalizzata all'interno delle 3 camere climatiche e nelle due aree di lavoro (banchi da lavoro) utilizzate per la preparazione del materiale da testare (Figura 2).

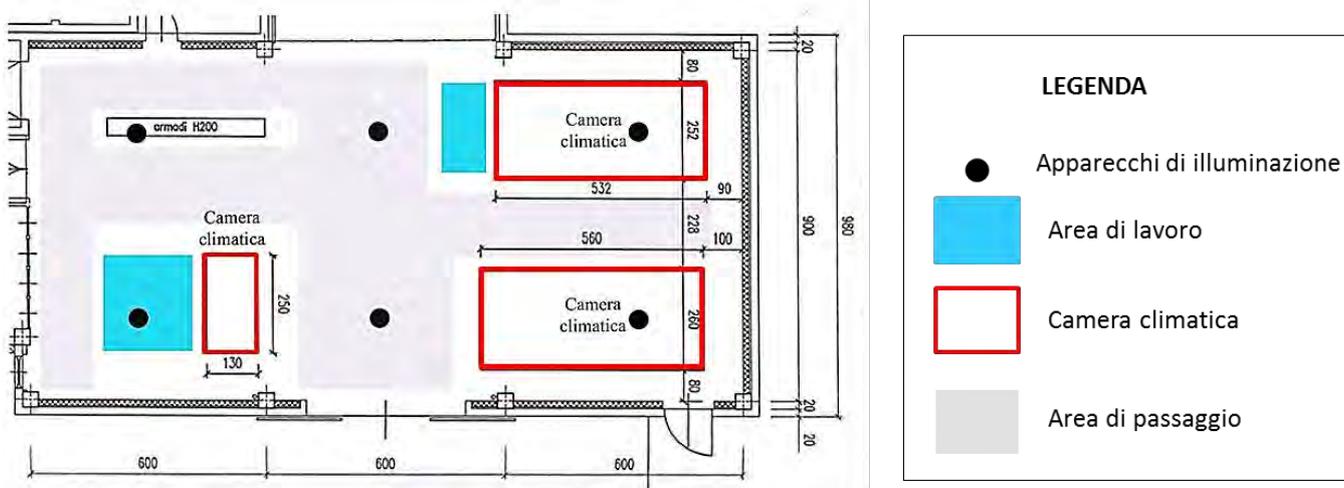


Figura 1: Planimetria della Hall tecnologica

¹ Nelle annualità precedenti

Nelle figure si vede la Hall tecnologica nella situazione pre-intervento, quindi con impianto tradizionale costituito da 6 apparecchi a vapori di mercurio ad alta pressione), collocati a plafone all'altezza di circa 7 metri.



Figura 2: Viste interne della Hall tecnologica

2.2 Architettura

Il sistema di illuminazione HUMBLEBEE è così caratterizzato²:

- n° 6 apparecchi di illuminazione con tecnologia a fosfori remoti con installazione a sospensione (all'altezza di circa 5 o 6 metri dal pavimento). Gli apparecchi sono prototipi progettati e realizzati ad hoc, con sensori di sensori presenza, dispositivi elettronici per la comunicazione wireless e l'antenna. L'impianto è progettato per garantire un livello di illuminamento medio mantenuto sul piano di lavoro (altezza di 1 metro) di 300 lx (Figura 1 – area di lavoro). Dei 6 prototipi realizzati, 5 sono stati installati nella Hall tecnologica ed il sesto è collocato in laboratorio come campione per le varie modifiche hardware e software necessarie
- un sistema di controllo Smart dedicato per la gestione e la regolazione manualmente ed automatica degli apparecchi di illuminazione. Il sistema utilizza il protocollo di comunicazione wireless ZigBee e comunica via radio con tutti i dispositivi presenti nella sua rete, quali i sensori di presenza, i fotosensori, gli attuatori ed i dispositivi che consentono la regolazione manuale e l'interazione con il sistema (tablet, smart phone, touch screen)³. La centralina di controllo di ogni singolo apparecchio utilizza il protocollo DALI per la gestione degli apparecchi di illuminazione. Il sistema di controllo EyeNut Harvard utilizzato consente la verifica dei consumi energetici per mezzo di appositi contatori di grandezze elettriche incorporati nei dispositivo EyeNut adapter installati in ciascun apparecchio. Inoltre, il sistema è predisposto anche per la memorizzazione dei consumi di energia elettrica di ciascun

² già descritto nel report della precedente annualità. Si riporta qui per completezza

³ Non è previsto un interruttore tradizionale a parete.

apparecchio Le logiche di controllo impostate per il sistema HUMBLEBEE, nella versione oggetto di valutazione in questa annualità, con il sistema di controllo EyeNut Harvard sono:

- **logica di controllo manuale:**

- accensione/spegnimento degli apparecchi di illuminazione;
- dimmerazione del flusso luminoso emesso dalle sorgenti luminose;

La logica di controllo manuale prevede che gli utenti possano interagire sul sistema regolando contemporaneamente o singolarmente gli apparecchi di illuminazione (accensione / spegnimento / dimmerazione) con l'utilizzo della matrice di 4000 K

- **logica di controllo automatica:**

- accensione/spegnimento degli apparecchi di illuminazione per mezzo di sensori di presenza;
- dimmerazione del flusso luminoso emesso dalle sorgenti luminose per mezzo di fotosensori.

L'accensione e lo spegnimento dell'impianto di illuminazione avvengono in relazione alla presenza/assenza degli utenti nel laboratorio. La logica di controllo prevede che all'accesso di un utente in ambiente i sensori di presenza, rilevando la nuova condizione, inviino l'input al sistema determinando l'accensione degli apparecchi di illuminazione (è sufficiente che un solo sensore percepisca la presenza degli utenti per determinare l'accensione degli apparecchi). In assenza di interazioni manuali e/o di altre variabili (contributo di luce naturale) l'impianto garantisce le condizioni luminose di 300 lx per tutto il tempo in cui gli utenti sono nel laboratorio. Quando i sensori di presenza non rilevano più utenti in ambiente, trascorso un tempo di delay time impostato⁴ (10 minuti di attesa), il sistema spegne completamente l'impianto di illuminazione artificiale.

La logica di controllo automatica consente sempre l'interazione manuale da parte degli utenti. Tale interazione può riguardare uno o più apparecchi di illuminazione (on/off/dimm). La modifica dallo stato di controllo da automatico a manuale fa sì che l'impianto riprenda a funzionare in automatico trascorso il delay time di 10 minuti (in assenza di utenti).

Nel caso in cui gli utenti entrino nel laboratorio e le condizioni luminose (componente di luce naturale) fossero tali da soddisfare e/o superare i 300 lx di illuminamento di progetto (luminosità letta dai fotosensori installati) il sistema di controllo non accende gli apparecchi di illuminazione artificiale fino al perdurare di tali condizioni. Al ridursi del contributo di luce naturale, il sistema comincia ad incrementare il flusso luminoso per garantire il livello di illuminamento previsto da progetto.

I fotosensori presenti in ambiente regolano la luce artificiale in funzione di quella naturale, in relazione alle variazioni dinamiche delle condizioni luminose esterne, utilizzando un controllo "a loop chiuso" che incrementa/decrementa il flusso luminoso delle lampade per mantenere costante il flusso luminoso che garantisce, sul piano di lavoro, il livello di illuminamento medio di progetto misurato dai fotosensori in modalità automatica.

La programmazione prevista per il sistema di controllo Smart prevede la programmazione comprende le seguenti scene luminose, quali:

- **scena giornaliera:** valida dalle 8.00 alle 20.00 con regolazione manuale ed automatica come prima descritto nelle logiche di controllo
- **scena notturna:** valida dalle ore 20.00 fino alle ore 8.00, prevista per l'accesso della vigilanza e del personale delle pulizie. In questa scena l'impianto di illuminazione si accende automaticamente, garantisce 100 lx (a prescindere dal sensore di luminosità) e si spegne trascorso il delay time di 10 minuti.

⁴ Dalla letteratura internazionale è noto che il delay time possa essere impostato in una range compreso tra 5 e 30 minuti. Generalmente per uffici, aule, etc. il delay time tipico è di 15 minuti (considerando il tempo previsto per gli intervalli), in un ambiente industriale, in cui la presenza degli utenti è costante, è sufficiente un delay time di 10 minuti per evitare che l'impianto rimanga acceso per troppo tempo in assenza degli utenti.

2.3 Specifiche progetto

2.3.1 Gli apparecchi di illuminazione con tecnologia a fosfori remoti

I prototipi degli apparecchi di illuminazione seguono il concetto di High Bay. Il prodotto, che risulta circolare e con emissione rotosimmetrica del fascio luminoso, è equipaggiato con LED e la sorgente luminosa è il vetro con fosfori depositati su un suo lato.

La tecnologia di fosfori remoti consiste nell'utilizzare sorgenti LED blu il cui fascio va ad eccitare il fosforo producendo luce bianca. A seconda del mix di fosfori presenti si genera la luce bianca delle caratteristiche volute. Per la Hall tecnologica si è scelto di utilizzare un vetro con fosfori per generare una luce con temperatura correlata di colore pari a 4000K.

Essendoci riflessioni interne da parte del vetro con fosfori, l'utilizzo di una camera di miscelazione è essenziale: materiale fortemente riflettente in maniera Lambertina permette il recupero del flusso di luce blu che in tal modo insisterà nuovamente sui fosfori aumentandone l'efficienza (vedi Figura 3).



Figura 3: Camera di miscelazione per 9 moduli e modulo con LED Luxeon K Royal Blue

Inoltre, essendo Lambertina anche l'emissione della sorgente (vetro) con apertura 115° del fascio luminoso, si è optato di non inserire un sistema ottico addizionale per direzionare la luce nell'ambiente.

Nella scorsa annualità è stato progettato dal politecnico di Milano Dip. Design un riflettore, da realizzarsi in alluminio con riflessione altamente speculare, con realizzazione prototipale. Nella presente annualità era prevista la realizzazione di 5 riflettori di quel tipo. Si è invece optato per la realizzazione di 5 prototipi con un nuovo tipo di alluminio (prodotto da Almecco, appartenente alla famiglia VEGA, tipo V98138), con caratteristiche ottiche ancora migliori (ad es. riflettanza totale $\geq 97\%$): questo sempre in linea con la sperimentazione rivolta agli elementi più innovativi del mercato. I prototipi di riflettore saranno consegnati a ENEA in ottobre 2015.

In Figura 4 la fotometria di progetto del proiettore e un rendering (da Almecco).

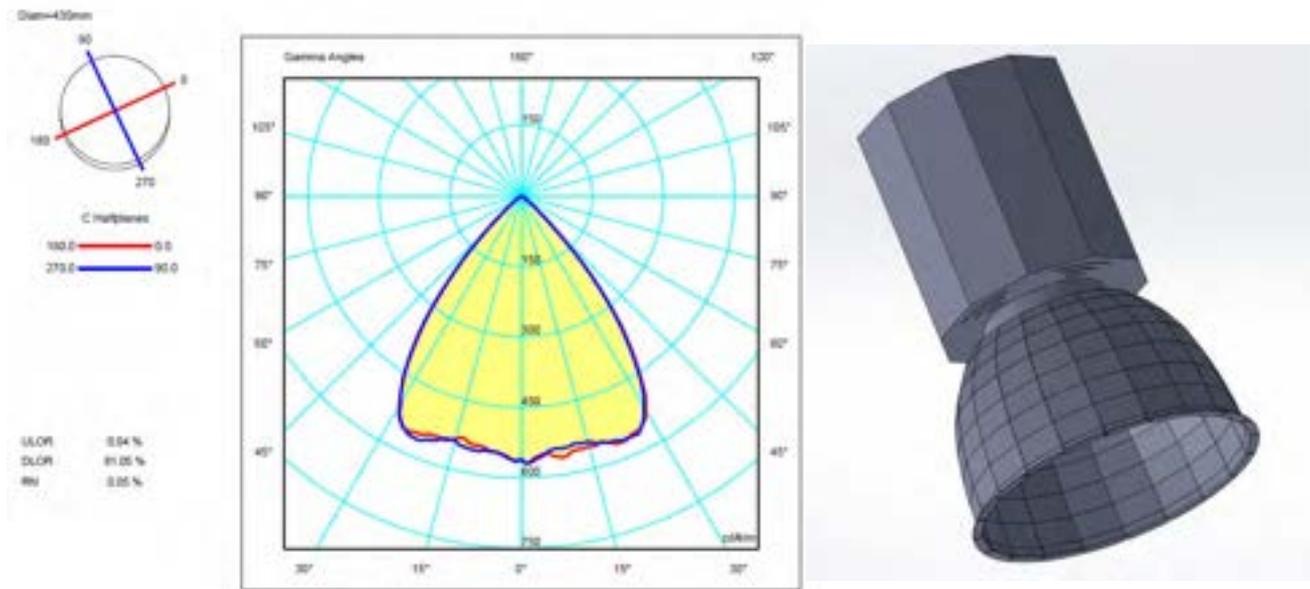


Figura 4: Rendering nuovo proiettore Almeco e fotometria di progetto

Nella scorsa annualità si erano verificate criticità sugli apparecchi, per quanto riguarda aspetti meccanici, infrastrutturali e ottici. Queste criticità sono state risolte (camera di miscelazione posizionata correttamente, saldature dei LED controllate e sistemate...) e le performance dell'apparecchio sono migliorate in maniera sensibile, riavvicinandosi a quanto proposto nel progetto.

2.3.2 Sistema di controllo

E' stato installato in nuovo sistema di controllo, EyeNut della Harvard Engineering.



Figura 5: Infrastrutture del sistema EyeNut (EyeNut manual)

2.4.1 Caratterizzazione termica

Per verificare il corretto funzionamento del dissipatore e quindi dei LED. Attraverso l'uso di termoresistenza sono state misurate le temperature dell'apparecchio HumbleBee nei punti critici identificati (5 punti, quali i fosfori remoti, l'esterno del motore, l'alimentatore Dali, la testa del dissipatore, e il cob centrale.) collocando l'apparecchio nella camera climatica dell'ICELAB dell'ENEA, impostando le condizioni di misura (da 20° C a 50° C con un incremento ogni 5° C). A titolo di esempio si riporta nella Figura 7 i dati misurati in una giornata di test, dalla quale si evince che, la temperatura dell'alimentatore Dali, la temperatura alla testa del dissipatore, la temperatura esterna del motore e la temperatura della cob centrale, seguono l'andamento della temperatura ambientale, mentre la temperatura dei fosfori è influenzata anch'essi dalla temperatura ambiente ma con un incremento di circa 100° C. La potenza assorbita invece non è influenzata dalla temperatura esterna.

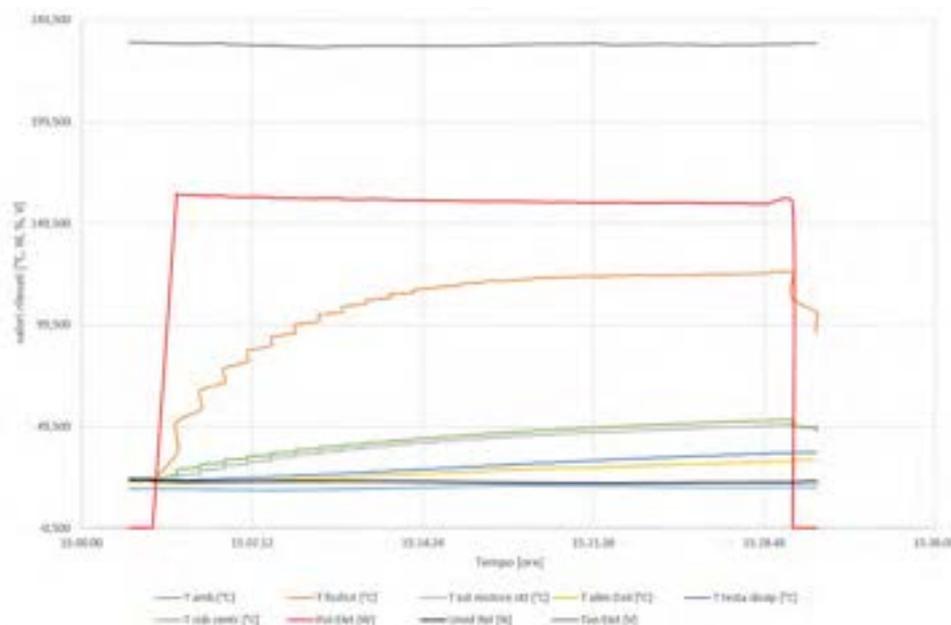


Figura 7: Test in una giornata di misura

Un'altra valutazione di caratterizzazione termica è stata eseguita con la termocamera per rilevare la temperatura sulla flangia e sul vetro temperato.



Figura 8: Prova con termocamera sulla flangia

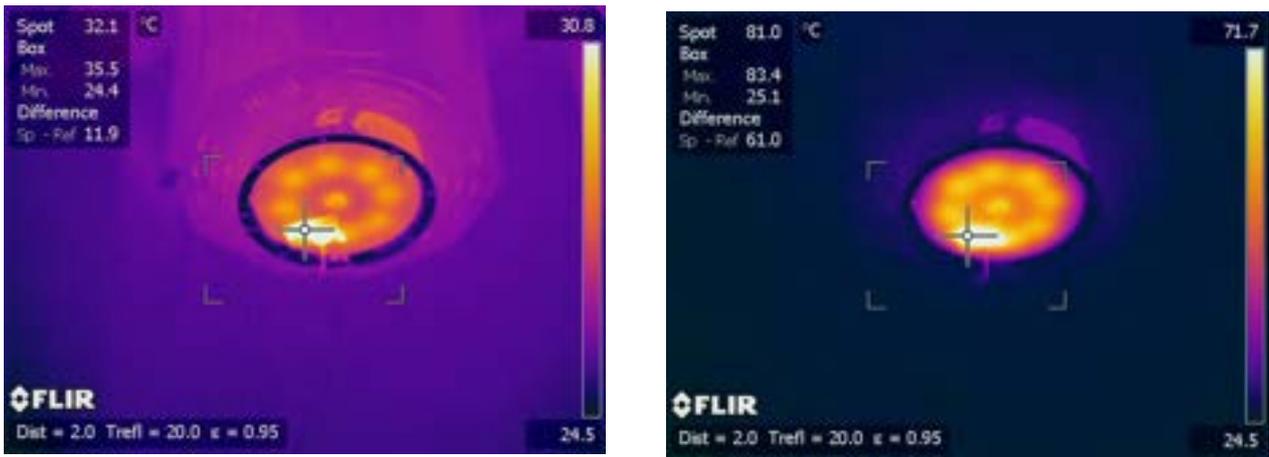


Figura 9: Inizio prova con termocamera su vetro temperato

Dalle immagini (Figura 8, Figura 9) è evidente che: 1) il vetro sia molto più sollecitato termicamente rispetto alla flangia, pertanto la zona più critica per la durata dell'apparecchio è il vetro; 2) il vetro e la flangia siano soggette a carico termico, mentre le altre parti del prototipo non siano influenzate in maniera altrettanto marcata.

I dati acquisiti con la termocamera sono stati confrontati con quelli acquisiti con le termoresistenze e la differenza ottenuta è al di sotto di 1°C. (Figura 10 e Figura 11), quindi accettabilissima.

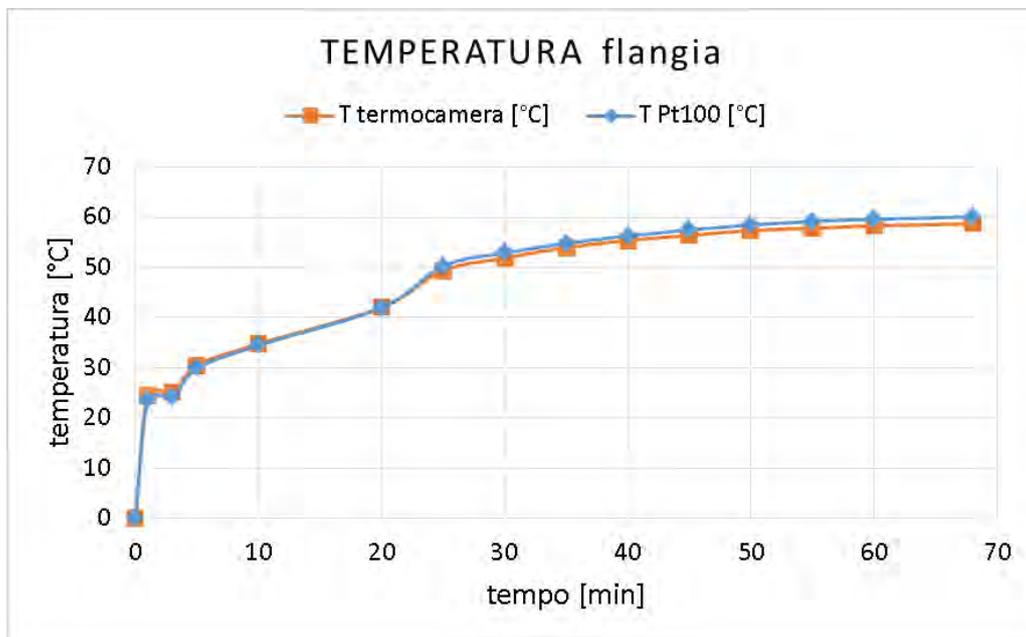


Figura 10: confronto dati acquisiti, sulla flangia, con la termocamera e la termoresistenza

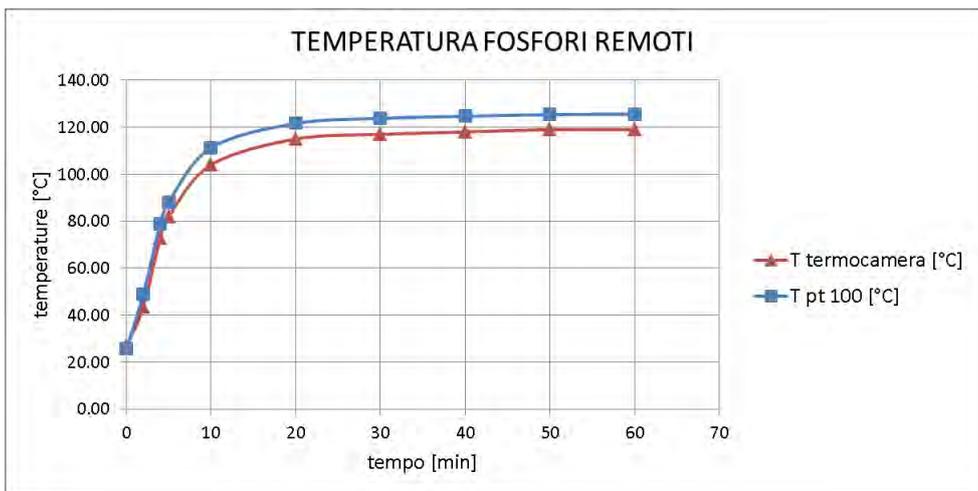


Figura 11: Confronto dati acquisiti, sul vetro, con la termocamera e la termoresistenza

2.4.2 Caratterizzazione elettrica

Per verificare come variano i parametri elettrici al variare della potenza elettrica (dimmerazione da 0% al 100% con un differenza del 5% tra le misure) si è proceduto ad una serie di misure utili per conoscere il comportamento dell'apparecchia durante il suo funzionamento. In Figura 12 è riportato l'andamento delle misure effettuate, le quali evidenziano che la tensione ai capi del LED abbia variazioni molto piccole (ai fini della dimmerazione possiamo considerarla costante), mentre l'andamento della corrente che transita nel circuito e la potenza assorbita hanno un andamento lineare.

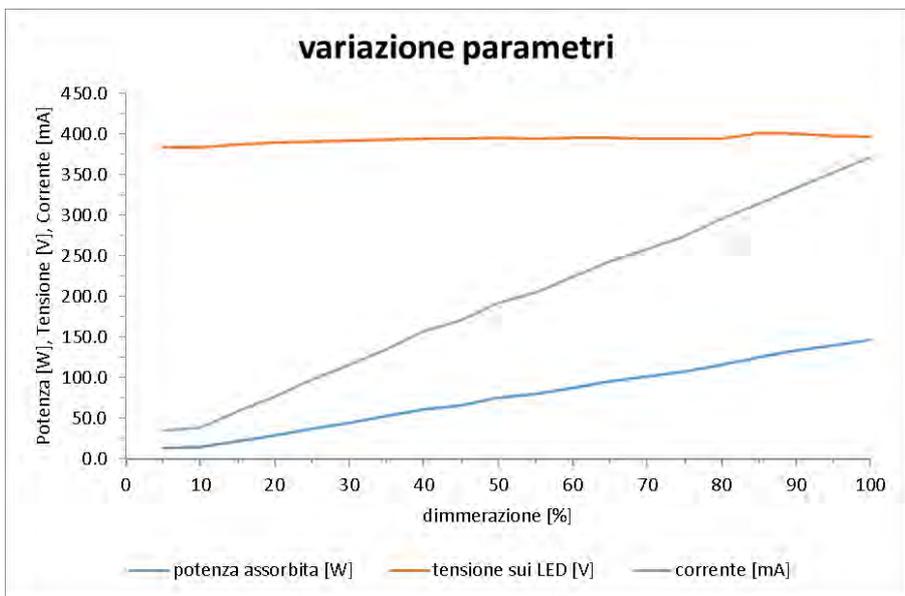


Figura 12: Variazione di potenza, tensione e corrente in funzione della dimmerazione

2.4.3 Caratterizzazione fotometrica

2.4.3.1 Test con sfera di Ulbricht

Per verificare l'emissione luminosa dell'apparecchio e le caratteristiche colorimetriche della luce emessa si è proceduti al test utilizzando la Sfera di Ulbricht (Figura 13) del laboratorio Luce dell'ENEA di Ispra.



Figura 13: Sfera fotometrica di Ulbricht

In Figura 14 è riportato l'andamento del flusso luminoso misurato al variare della dimmerazione (in corrente).

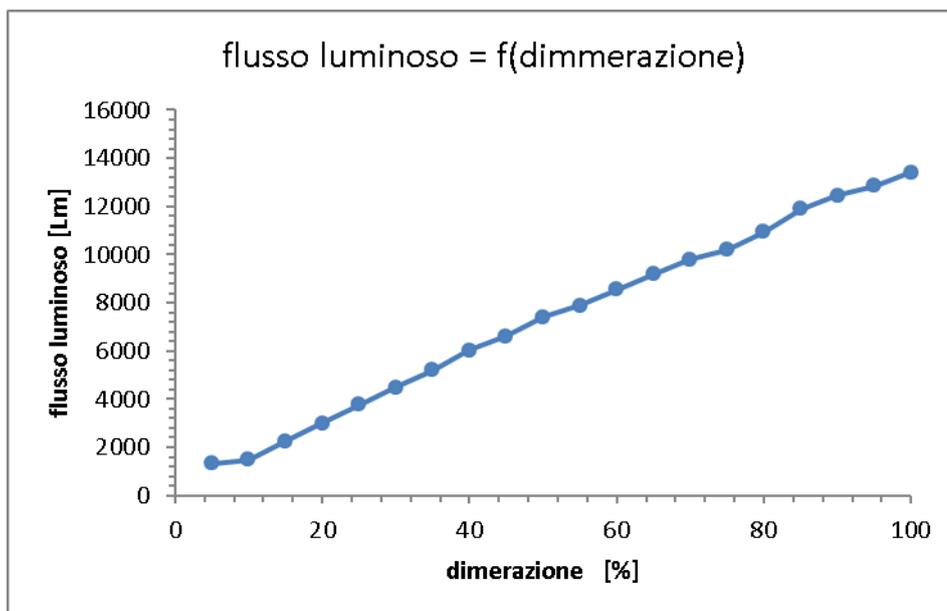


Figura 14: Andamento del flusso luminoso in funzione della dimmerazione

In Figura 15 è riportato l'andamento della temperatura correlata di colore al variare della dimmerazione: questo non presenta un andamento lineare bensì irregolare, compatibile con naturali fluttuazioni del fenomeno e dell'accuratezza delle misure. La differenza misurata tra il valore massimo (individuato al 5% di dimmerazione) ed il minimo (55% e 90%) è di 10K che costituisce una quantità trascurabile, pertanto si può considerare la temperatura correkata di colore costante (la media è 4385K) , con una differenza accettabile rispetto a quella di progetto (4300K).

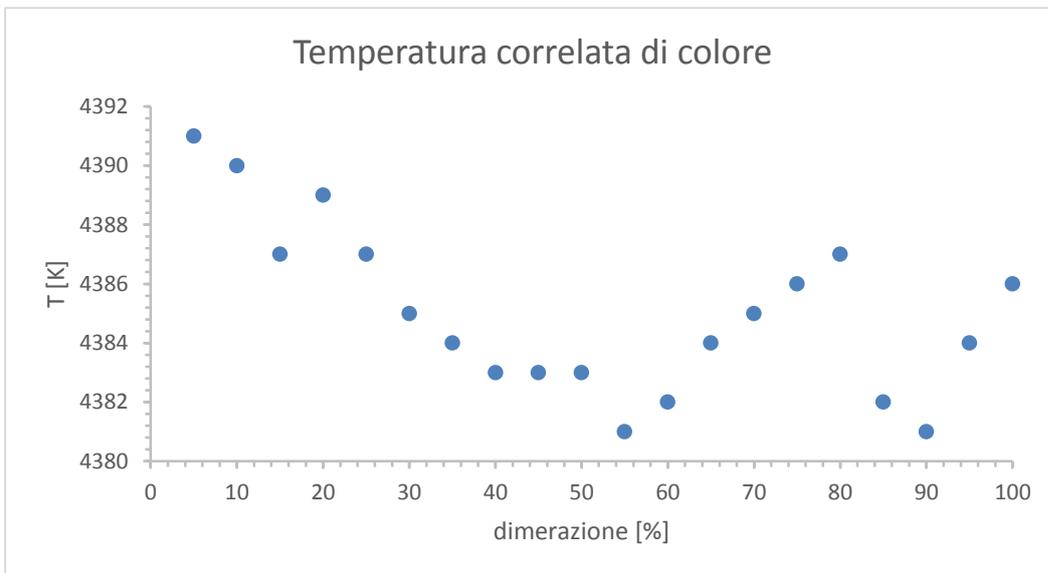


Figura 15: Andamento della temperatura di colore in funzione della dimmerazione

2.4.3.2 Misure con goniofotometro

In parallelo sono state fatte fare misure anche presso il laboratorio esterno della Oxytech al fine di valutare le differenze ottenute utilizzando due diversi strumenti di misura i quali presentano principio fisico di funzionamento differente e incertezze specifiche.

In Figura 16 è riportata la curva fotometrica del prototipo HumbleBee, a seguito della correzione di alcuni difetti di realizzazione, ottenuta dalla misurazione in goniofotometro eseguita presso il laboratorio esterno della Oxytech.

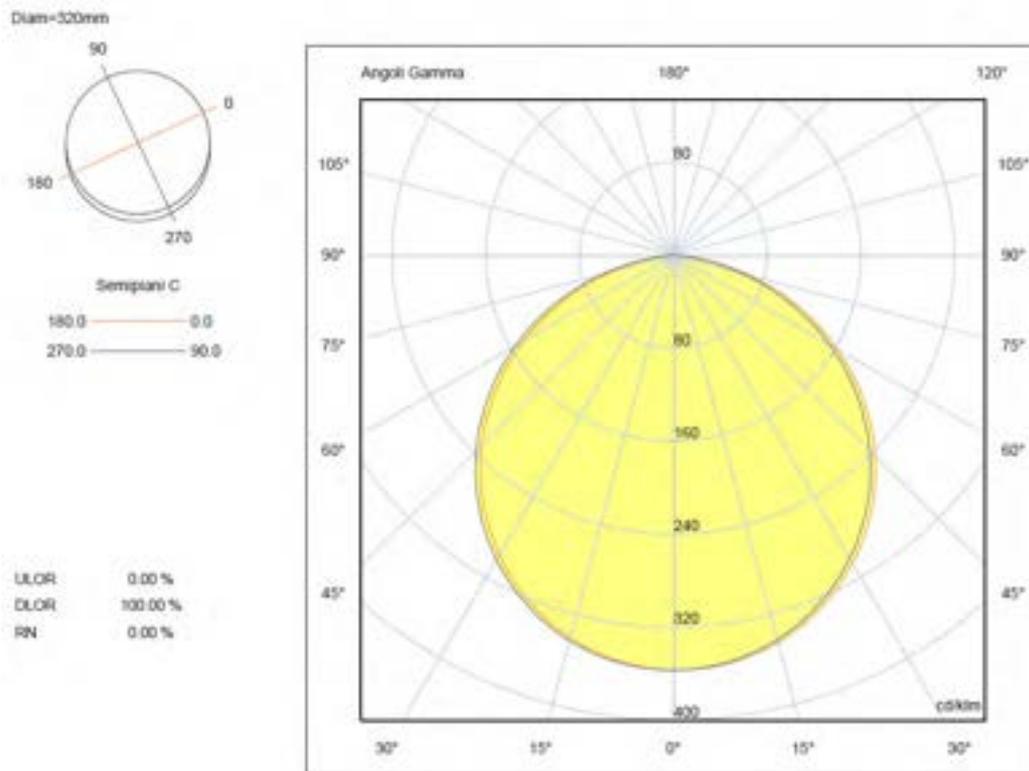


Figura 16: Fotometria dell'apparecchio HumbleBee (2015) dopo le modifiche

Le misure sono state effettuate nel laboratorio esterno (vedi Figura 17) imponendo le seguenti caratteristiche ambientali: temperatura ambientale $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, umidità relativa al 60% e velocità dell'aria $\leq 0,2\text{m/s}$. Notare l'installazione dell'apparecchio (asse di emissione orizzontale).

In Figura 18 e Figura 19 sono riportati alcuni output colorimetrici ottenuti dalle misure effettuate, relativamente al valore di Resa Cromatica della sorgente, pari a 80,49 Ra, ed al valore di CCT (temperatura di colore correlata) pari a 4109K.

I valori colorimetrici si riferiscono all'emissione a $C=0$ e $\text{Gamma}=0$ (cioè la direzione di massima intensità).



Figura 17: Misura nel goniometro della Oxytech

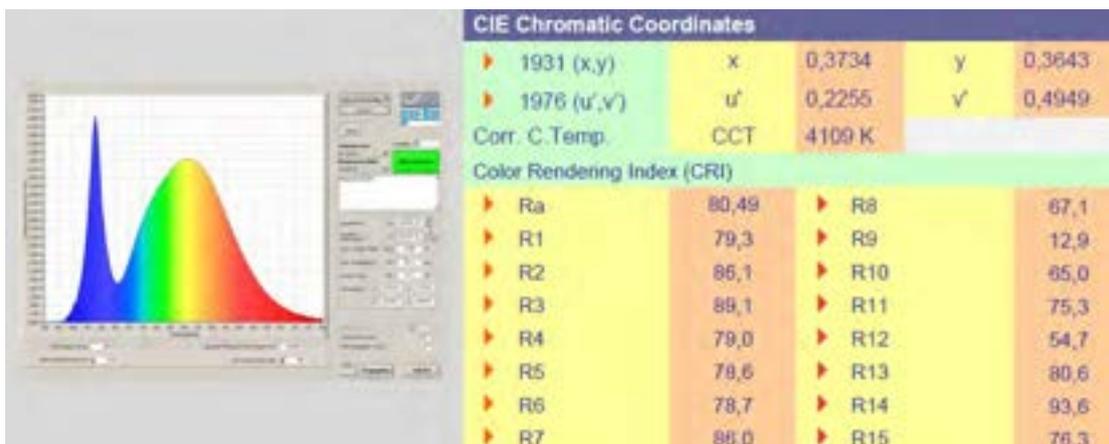


Figura 18: tabella e grafico a C-0° e Y=0°

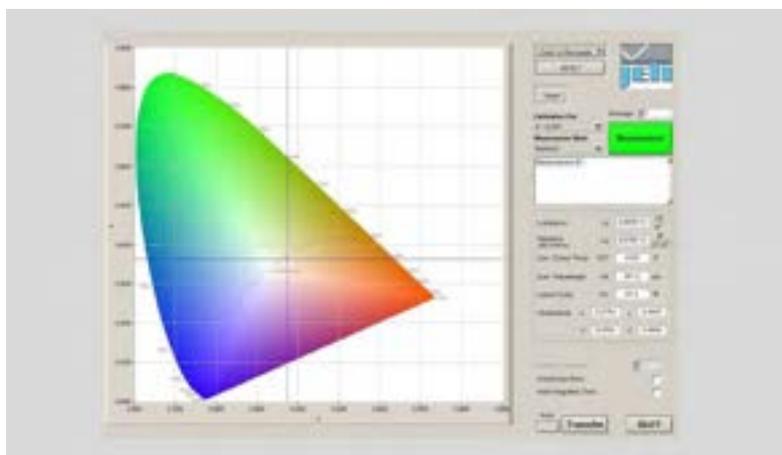


Figura 19: esito della prova a C-0° e Y=0° sul grafico CIE 1931

Il flusso luminoso misurato in goniofotometro è pari a 13.998 lm riferito ad una potenza elettrica di 159W.

In Tabella 1 sono riportati i dati misurati nei due laboratori: ENEA e Oxytech. Con il goniofotometro è stato misurato una flusso luminoso superiore del 4,3% rispetto alla sfera. Tale differenza si può considerare trascurabile, in quanto coerente con quanto scritto in letteratura a proposito del confronto tra sfera integratrice e goniofotometro, che considera accettabile una differenza del 5%. Per quanto riguarda la potenza assorbita, la differenza tra i due laboratori si spiega perché Oxytech ha effettuato la misura sull'“apparecchio” nel suo complesso, includendo quindi le perdite dell'alimentatore, mentre le misure presso ENEA si riferiscono solo alla matrice di LED. Possiamo quindi concludere che le potenze “parasitic” siano del 7,34%, valore molto buono in quanto apparecchi standard presentano valori anche del 15%.

Strumento	Flusso luminoso [lm]	Potenza assorbita [W]
Sfera fotometrica	13399	147
Goniofotometro	13997	159
Differenza percentuale	4,3%	7,34%

Tabella 1: Confronto tra dati ottenuti dalla sfera e dal goniofotometro

2.4.3.3 Misure in cella di prova

Un apparecchio nella configurazione originale (cioè ancora con le originali criticità sulla camera di miscelazione ecc. ecc.) è stato installato in un ambiente nero di 4 x 4 m (cella di prova del laboratorio CORVO).

E' stato mappato l'illuminamento su un piano orizzontale a 2,5 m di distanza dall'apparecchio, con diverse condizioni di dimmerazione, su una griglia quadrata di 25 cm di lato.

Lo strumento utilizzato è un luxmetro LMT B360.

La Tabella 2 riporta i valori medi di illuminamento e potenza (a livello di apparecchio) dalla griglia di misura.

dimmerazione	illuminamento medio [lx]	potenza apparecchio[W]
25%	97	44
50%	191	82
75%	270	117
100%	349	156

Tabella 2: misure in cella di prova – risultati medi

In Figura 20 è rappresentato l'andamento dell'illuminamento medio in funzione della potenza media, che presenta un andamento lineare (evidenziato dalla retta di regressione).

A sua volta la potenza è funzione lineare del livello di dimmerazione.

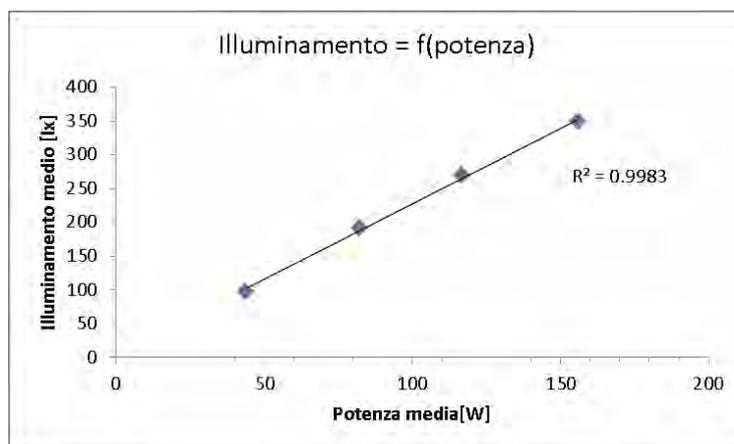


Figura 20: Illuminamento medio in funzione della potenza media

In Figura 21 sono presentati i valori di illuminamento misurati con la mappatura per quattro condizioni di dimmerazione: 100%, 75%, 50%, 25% (la scala degli illuminamenti è in centro alla figura).

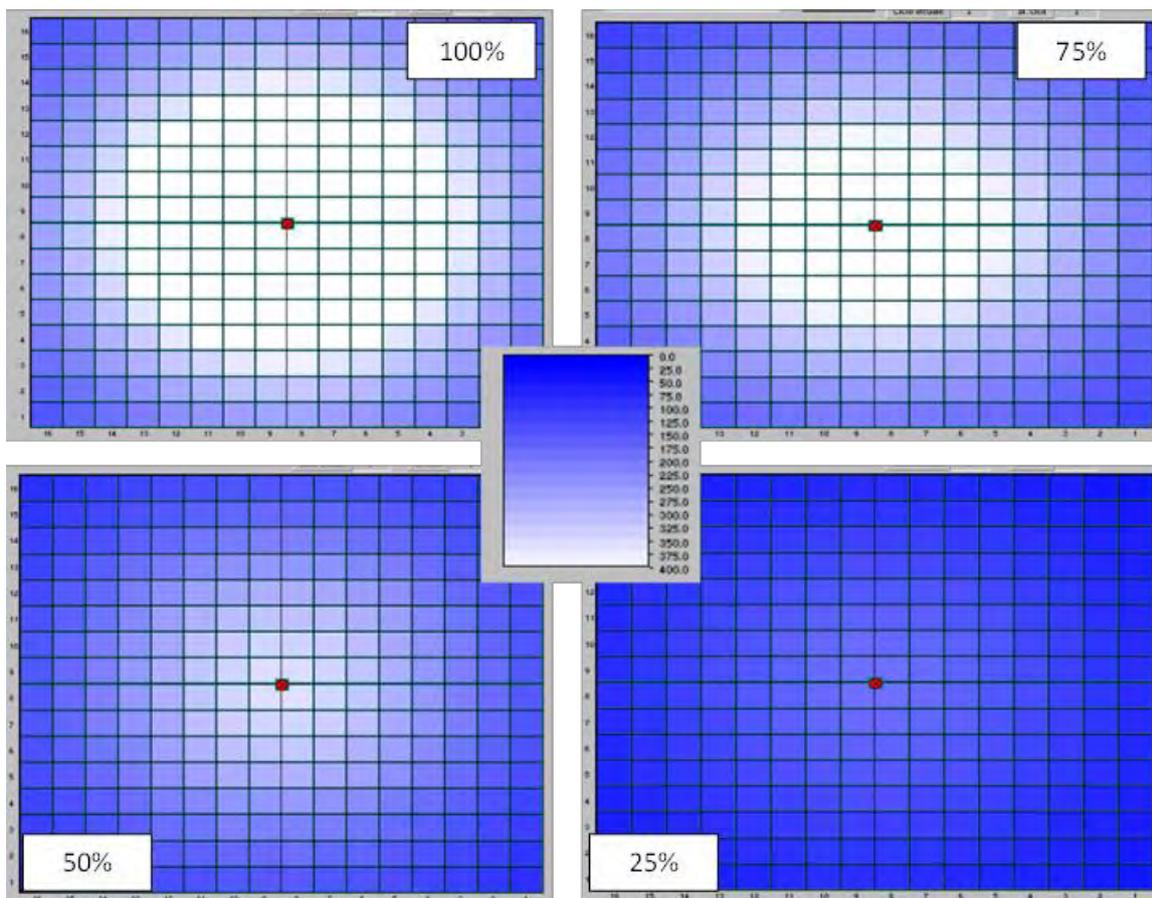


Figura 21: mappatura di illuminamento a diversi livelli di dimmerazione

Si nota che la distribuzione dell'illuminamento rimane costante a tutti i livelli di dimmerazione.

2.4.3.4 Confronto apparecchi con caratteristiche costruttive diverse

E' stato quindi confrontato l'apparecchio in prova nella cella di prova (esemplare 1) con quello caratterizzato con il goniometro (esemplare 2).

L'apparecchio utilizzato per le mappature, in cella di prova, è infatti diverso dall'altro perché su di esso non sono state fatte le modifiche alla camera di miscelazione e quindi i due esemplari presentano caratteristiche costruttive diverse.

I dati di riferimento sono per un livello di dimmerazione del 100%.

Si sono mediati i valori di illuminamento medio misurato sui 2 assi x e y (corrispondenti, in termini goniometrici, ai piani C=0, 90, 180 e 270) ed è stata ricavata la media su ogni posizione di mappatura (quindi a parità di angolo gamma, in termini goniometrici): l'apparecchio è quindi stato assimilato a un rotosimmetrico, assunzione accettabile dato l'evidente andamento degli illuminamenti in mappatura e anche sulla base del test in goniometro.

Sono quindi state ricavate le intensità corrispondenti alle posizioni di mappatura misurate e calcolata l'intensità con passo 1°: questo perché le misure in goniometro erano state effettuate con tale passo.

Data la geometria della cella di prova, l'angolo massimo su cui è stato possibile fare il confronto è di 37° circa, sufficiente comunque in quanto comprende gli angoli di massima emissione luminosa.

La Figura 22 presenta i risultati del confronto: si vede che, mentre l'andamento dei due esemplari è simile, il valore assoluto delle intensità dell'esemplare 1 è inferiore di circa il 25% rispetto a quello con caratteristiche costruttive migliorate. La potenza dei due esemplari è molto simile (156W esemplare 1, 159W esemplare 2), il che significa che la corretta posizione della camera di miscelazione incrementa in modo significativo la corretta emissione di luce da parte del fosforo remoto.

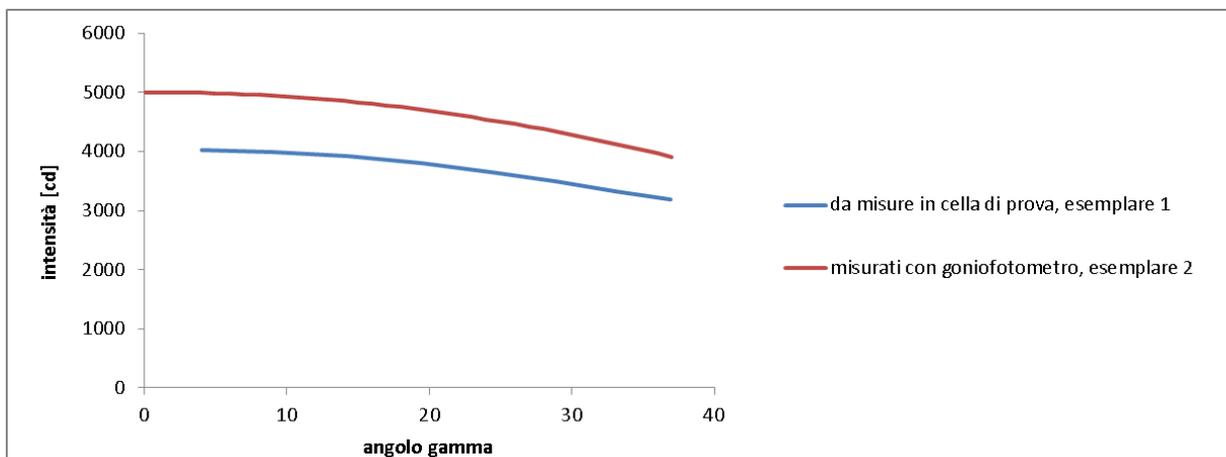


Figura 22: confronto tra due esemplari di apparecchi con diverse caratteristiche costruttive

2.5 Test su sistema di controllo

L'ambiente nel quale gli apparecchi HumbleBee sono installati è di tipo industriale, per cui l'altezza da cui i sensori devono percepire la presenza di eventuali occupanti, è stata ipotizzata a circa 6 m al pavimento.

Per meglio agevolare le attività di test, si è proceduto alla installazione di carrucole (Figura 23). Le carrucole sono movimentate a mano tramite apposite manovelle e permettono lo spostamento verticale degli apparecchi mantenendo i collegamenti elettrici (cioè non è necessario scollegare l'alimentazione durante le operazioni). Questi dispositivi di movimentazione si sono sin dall'inizio dimostrati molto utili, in quanto l'impianto è di tipo sperimentale e quindi frequentemente sono necessarie operazioni sugli apparecchi e sui dispositivi dei sistemi di controllo.



Figura 23: Installazione di carrucole per la movimentazione degli apparecchi

La configurazione del sistema utilizzato per il sistema HumbleBee è costituito da 5 sensori presenza/fotosensori collocati in prossimità di ciascun apparecchio per consentire la regolazione automatica dell'accensione e/o spegnimento dell'impianto e la regolazione in funzione alla luce naturale presente in ambiente (Figura 24).



Figura 24: Collocazione del sensore di presenza e fotosensore in prossimità del prototipo

Il sensore di presenza Harvard utilizza la tecnologia PIR, ovvero presence infrared. efficace per individuare persone in movimento.



Figura 25: Sensore di presenza e fotosensore

Se il sensore è impostato può essere impostato in presenza oppure in assenza:

- in presenza, la logica di funzionamento prevede che individuata un'occupazione, la lampada si accende in automatico, questa dopo il tempo prestabilito (tramite la piattaforma web) e dimmererà il flusso luminoso del punto luce. Se non viene individuato movimento per un certo arco di tempo, il sensore spegnerà l'apparecchio di illuminazione artificiale.
- in assenza, è necessari l'accensione manuale dell'apparecchio per illuminazione, e trascorso il tempo impostato, tramite l'interfaccia web, il sistema dimmererà automaticamente il flusso, interrompendo il funzionamento della lampada se il sensore di presenza non sarà in grado di evidenziare presenza di persone all'interno dell'area monitorata.

Il sensore di presenza Harvard incorpora al suo interno un fotosensore, che accenderà, dimmererà e spegnerà la lampada in base al livello di illuminamento presente sul lavoro (dovrà essere impostato il livello di illuminamento da garantire, che in questo caso applicativo è pari a 300 lx).

Su un altro esemplare di apparecchio è invece utilizzato un sensore di presenza di caratteristiche analoghe (cioè utilizzabile nelle stesse condizioni di lavoro) ma con tecnologia a microonde, della CP Electronics: questo per capire le differenze di comportamento del sistema di controllo con due “segnali” diversi e anche testare la effettiva compatibilità e capacità di “dialogo” tra prodotti di diverse marche: questo elemento è importante in una logica di sistema ottimizzato, non monomarca, in cui si possono installare i prodotti più adatti all’applicazione.

Le tecnologie PIR e microonde sono visualizzate in Figura 26⁵.

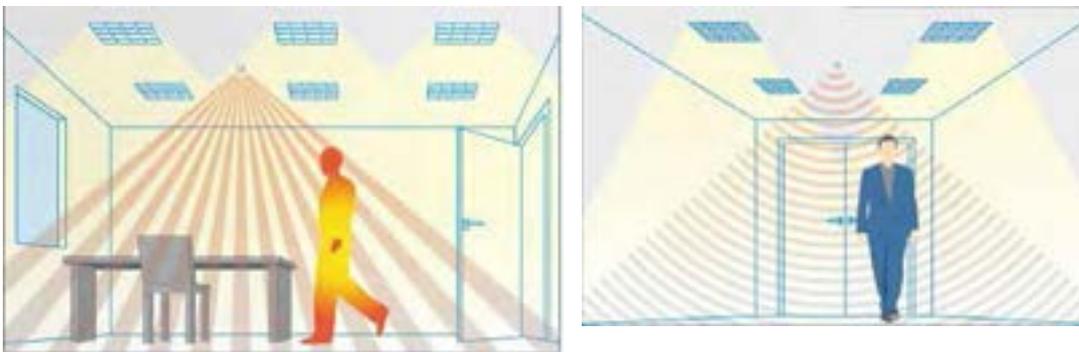


Figura 26: tecnologie PIR e microonde per la rilevazione presenza

La tecnologia PIR è una tecnologia passiva di rilevazione del calore: cambiamenti nella radiazione termica vengono associati alla presenza di persone. Questa tecnologia è molto adatta al movimento delle persone, mentre uno svantaggio può essere la vicinanza di oggetti come ventilconvettori.

La tecnologia HF a microonde è una tecnologia attiva, che invia segnali e interpreta le variazioni di riflessione come indicatori di movimento, quindi presenza. Questo tipo di sensore è più sensibile al movimento e il segnale può passare attraverso ostacoli (anche pareti).

In entrambi i casi è necessario analizzare attentamente l’ambiente per la scelta del tipo di sensore e per il suo corretto posizionamento.

Sulla base dei test effettuati con il sistema HumbleBee, una prima considerazione è che il dialogo tra sistemi diversi (Harvard e Aura Light - CP Electronics) avviene: questo è già un fatto molto positivo e per niente scontato. Tuttavia il sistema Harvard vede il sensore di presenza CP Electronics come uno “switch”. E’ stato quindi necessario interpretare correttamente questo elemento: in effetti un sensore di presenza si comporta come un switch, in quanto accende o spegne i dispositivi di illuminazione ad esso logicamente associati in base a un trigger che è il segnale della presenza di persone (e quindi spegne i dispositivi dopo che la presenza non c’è più). Vengono quindi programmate in modo diverso le logiche di controllo dei sensori di presenza diversi, ognuno secondo le indicazioni della sua ditta produttrice. I dispositivi vengono quindi utilizzati in modo efficace dal sistema Eynut. Ad esempio, entrambi i dispositivi possono essere programmati per la attivazione base legata alla dimmerazione in funzione della luce naturale.

⁵ dal catalogo 2015 CP Aura Light – CP Electronics

2.5.1 Commissioning del sistema di controllo

Per procedere alla fase di commissioning del sistema Harvard installato, si è reso necessario effettuare alcuni test iniziali per comprendere meglio come programmare i parametri di regolazione.

E' stata effettuata una verifica sulla capacità di lettura, del sensore di presenza, al variare dell'altezza di installazione. In Tabella 3 sono riportate le altezze di sospensione del sensore ed il relativo raggio visivo di lettura.

Altezza dal piano del pavimento [m]	Raggio [m]
2,50	1,00
3,00	2,00
3,50	2,00
4,00	2,75
4,50	3,00
5,00	3,75
5,50	4,00
6,00	4,25

Tabella 3: Relazione tra altezza dello strumento e raggio di copertura



Figura 27: Relazione tra altezza dello strumento e raggio visivo di lettura

Nella Figura 27 è possibile individuare il raggio di copertura che il sensore è in grado di coprire al variare dell'altezza di sospensione.

Il decremento di percettibilità del sensore di presenza può essere imputato alla disposizione delle lenti del sensore stesso, le quali potrebbero percepire un segnale disturbato in tali condizioni e pertanto l'insieme del sistema risulta essere compromesso.

3 Conclusioni

Tutta la attività di misura / commissioning è stata svolta con l'Università dell'Insubria attraverso l'attivazione di una tesi di laurea in Ingegneria per la Sicurezza del Lavoro e dell'Ambiente.

Il sistema, dopo un anno circa di test e valutazioni in campo, ha risolto alcune criticità legate alla prototipizzazione, tuttavia è necessario ancora una fase di commissioning più esteso soprattutto legate all'affidabilità nel tempo dell'intero sistema.

Inoltre il sistema stesso è in evoluzione e sarà oggetto di ulteriori attività di ricerca e implementazione in relazione all'evolversi della tecnologia.

4 Bibliografia

[1] A.Antonelli, L.Blaso, S.Fumagalli, G.Leonardi, O.Li Rosi, P.Pistochini, E.Rusconi, M.G.Villani, P.Zangheri, ATTIVITÀ SPERIMENTALE PER SVILUPPO DEI SISTEMI DI ILLUMINAZIONE EFFICIENTI E STUDI RELATIVI ALLA RESA CROMATICA DELLE SORGENTI LUMINOSE, EVENTI FORMATIVI, GIS PER ILLUMINAZIONE PUBBLICA, Report RdS/PAR2013/071, Settembre 2014

[2] L. Blaso, O. Li Rosi, S. Fumagalli, G. Leonardi, V. Tarantini, R. Pollidori, E. Rusconi, A. Frascione, A. Antonelli (ENEA), METODI SPERIMENTALI PER LA VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLA LUCE, SVILUPPO DI SISTEMI A LED, Report RdS/2013/114, Settembre 2013

A2. L@W

1 Introduzione

Nel 2014 è stato progettato da Politecnico di Milano Dipartimento Design un sistema di illuminazione localizzata per applicazioni industriali, chiamato L@W (Light at Work), pensato per svolgere le seguenti funzioni:

- Performance di illuminazione: quantità e qualità: Garantire livelli di illuminazione variabili superiori e/o uguali ai 500 – 1000 Lux; Ridurre al massimo e/o eliminare completamente le ombre multiple; Avere una resa cromatica compresa tra 80 e 85 CRI; Permettere la regolazione dei livelli di illuminazione per aumentare e ridurre il flusso luminoso in relazione ai diversi soggetti e diversi compiti visivi: on/off, dim-on, dim-off; Variare la distribuzione luminosa aumentando o diminuendo l'angolo del fascio di illuminazione per focalizzare l'attenzione o illuminare una task più ampia: da un angolo narrow (20°) ad un angolo wide (60°) circa.
- Performance di illuminazione: controllo automatico e controllo manuale
 - per il controllo automatico, integrazione di una serie di sensori tra cui Sensore di luminosità, Sensore di presenza e movimento, Sensore di tilting, Sensore actigrafo
 - per il controllo manuale: Interfaccia tattile capacitiva TUI, Interfaccia tattile SUI
- Performance di illuminazione: motore luminoso e sistema pensato come insieme di layer funzionali, che tengono conto anche della usability.

Tutti i dettagli sono contenuti in [1].

Ne sono stati realizzati 2 prototipi, funzionali dal punto di vista ottico-fotometrico ed elettrico, che ENEA ha testato in questa annualità.

In Figura 28 è fotografato l'esemplare 1: si notano la posizione fascio largo e fascio stretto.



Figura 28: Prototipo (esemplare 1) assemblato e in funzione

2 Descrizione delle attività svolte e risultati

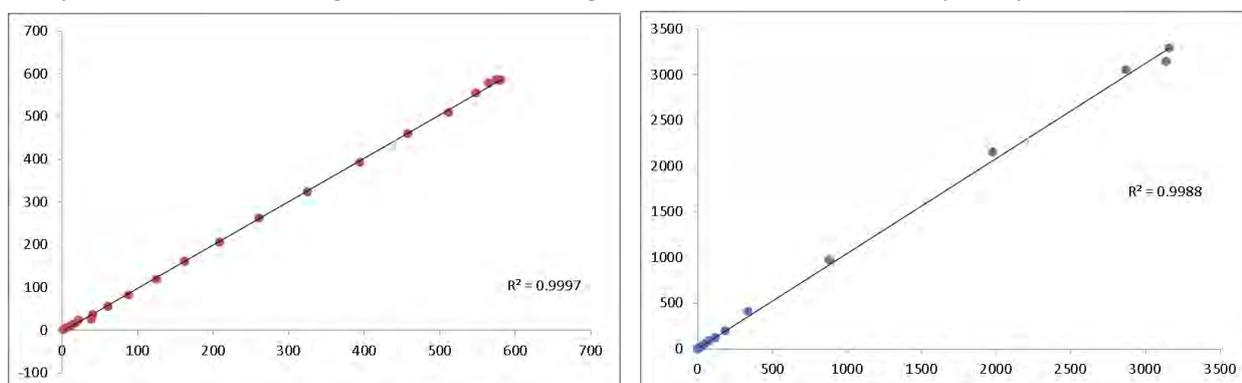
I prototipi sono stati posizionati sopra tavoli di lavoro presso ENEA di Ispra, quindi con utilizzo continuo da parte del personale tecnico, per diversi mesi.

Non è stata fatta una indagine statistica sull'utilizzo, dato che il numero di partecipanti sarebbe stato troppo basso per avere un risultato valido. Tuttavia le persone che hanno utilizzato gli apparecchi si sono dette soddisfatte delle possibilità offerte: poter aprire e chiudere il fascio luminoso senza dover spostare l'apparecchio e cambiare l'intensità.

E' stata quindi fatta una mappatura di illuminamento su un piano orizzontale, a 1 m di distanza dall'apparecchio, con passo 5 cm. Le prove sono state effettuate in un locale nero (nella cella di prova del laboratorio ENEA) per minimizzare le riflessioni delle pareti.

La mappatura è stata fatta con apertura massima e minima del fascio e a livello minimo e massimo di dimmerazione (per le misure a fascio stretto, la mappatura ha coperto un ipotetico cerchio di 1 m di diametro, e a fascio largo un cerchio di 1,5 m di diametro). Strumentazione utilizzata: luxmetro Czibula & Grundmann MobilUX.

Dalle misure di illuminamento sono state ottenute le intensità luminose e da queste si è ricavato il solido fotometrico. Per semplicità il solido fotometrico è stato assimilato a rotosimmetrico, mediando i dati lungo gli assi di mappatura principali. Questa ipotesi è considerata valida, perché gli illuminamenti in posizioni simili lungo assi diversi sono molto simili. In Figura 29 si vede la relazione tra gli illuminamenti su 2 piani complementari, nella configurazione a fascio largo e stretto e in condizioni di piena potenza (dimmerazione



max).

Figura 29: illuminamenti lungo 2 assi complementari: fascio largo a sinistra, fascio stretto a destra

I risultati sono in Tabella 4:

	Misure Politecnico		Misure ENEA			
	fascio largo	fascio stretto	fascio largo		fascio stretto	
	potenza max	potenza max	potenza max	potenza min	potenza max	potenza min
flusso luminoso [lm]	452,12	409,64	456,18	8,89	411,99	8,64

Tabella 4: flusso luminoso da misure ENEA in cella di prova

In Figura 30 è rappresentato il diagramma polare delle intensità luminose nelle configurazioni fascio largo e fascio stretto a potenza massima: sono rappresentati i piani C0-C180 (ricordiamo che l'emissione è rotosimmetrica).

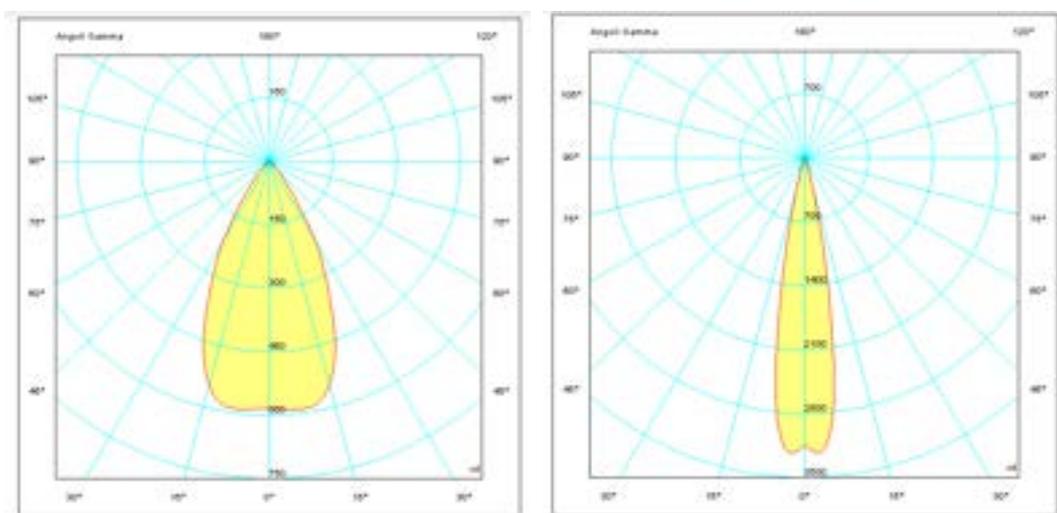


Figura 30: Fotometria potenza massima in configurazione a fascio largo (sinistra) e stretto (destra)

3 Conclusioni

L@W è risultato un prodotto di illuminazione valido per le caratteristiche elettriche, fotometriche e di usabilità.

4 Bibliografia

[1] M. Rossi, F. Musante, D. Casciani (Politecnico di Milano, Dipartimento di Design, Laboratorio Luce), LIGHTING DESIGN NELL'INDUSTRIA, Report RdS/PAR2013/065

A3. L'illuminazione dei luoghi di lavoro – uffici. COELO – ASTERISM

E' stata svolta dal Politecnico di Milano Dip. Design uno studio sul tema dell'illuminazione di ufficio in relazione agli aspetti fisiologici e psicologici che la luce artificiale induce sugli esseri umani tenendo in considerazione i nuovi strumenti di lavoro e le nuove necessità sociali in contesti di lavoro moderni.

Il lavoro è descritto nel report "Lighting design for wellbeing", M.Rossi, D.Casciani, F.Musante (Politecnico di Milano Dipartimento Design) RdS/PAR2014/030.

L'obiettivo principale dello studio è quello di identificare e definire una serie di scenari e atmosfere di luce volte al benessere e al comfort nell'ambito lavorativo con lo scopo di sviluppare dei prototipi di studio che siano poi utilizzabili per test sperimentali effettuati sul campo. Lo studio presenta una serie di scenari applicativi futuribili mediante schizzi, proposte e prove realizzate in laboratorio (soprattutto per quanto concerne la parte che riguarda la sensoristica).

Oltre a ciò sono stati sviluppati due sistemi di illuminazione (COELO e Asterism) con prestazioni e caratteristiche molto diverse tra di loro in forma di prototipi fisici il cui scopo è quello di giungere alla definizione di un sistema di illuminazione per applicazioni di ufficio che non risponda solo a criteri di risparmio energetico, ridotta manutenzione e miglioramento del comfort visivo per i lavoratori, ma cerchi anche di indagare aspetti riguardanti il benessere psico - percettivo dell'individuo mediante una luce dinamica, personalizzabile e bio - ispirata. I prototipi sono stati studiati e realizzati mediante tecniche di prototipazione rapida e sono dotati di un sistema di controllo integrato per poter essere installati in un ambiente di lavoro sperimentale e quindi poter essere utilizzati per ulteriori test di ricerca.

A4. Illuminazione domestica per anziani

E' stata svolta una attività di ricerca da parte del Politecnico di Milano Dip. Design, riguardante il tema dell'illuminazione domestica relativa al target della popolazione anziana considerando i problemi relativi alla vista e alla mobilità, le patologie relative al sistema cognitivo e le esigenze di illuminazione, sia naturale che artificiale. L'obiettivo principale dello studio è quello di identificare le implicazioni dell'illuminazione al fine di garantire sicurezza, benessere e in generale cercare di migliorare la qualità della vita degli anziani nel proprio ambito familiare e domestico (considerando il fenomeni dell' "aging in place" e dell' "active aging") e individuare potenziali temi di ricerca e di sviluppo.

Il tema è molto importante. La popolazione dell'Unione europea sta cambiando e diventando progressivamente più anziana. Nel 2010 si contavano poco più di 87 milioni di persone di 65 anni e oltre (EU-27), circa il 17,4 % della popolazione totale. Inoltre secondo l'Eurostat, l'Italia, insieme alla Germania, conta la popolazione più vecchia d'Europa (nel 2014 le persone con oltre 64 anni hanno raggiunto il 21,4%). La Comunità Europea promuove il fenomeno dell'"Invecchiamento attivo" (active aging) definito dalla OMS come "il processo di ottimizzazione delle opportunità di salute, della partecipazione e sicurezza, al fine di migliorare la qualità della vita nel momento in cui si invecchia" .

Lo studio ("Lighting design for wellbeing", M.Rossi, D.Casciani, F.Musante (Politecnico di Milano Dipartimento Design), RdS/PAR2014/030) arriva alla proposta di linee guida e di una serie di concept per l'illuminazione domestica degli anziani del futuro, mirati a:

- La Casa circadiana – luce per una buona salute
- La Casa sicura – luce guida
- La Casa che cresce con te – luce adattiva e durevole
- La Casa Su Misura – un servizio di customizzazione dell'illuminazione domestica

Oltre a ciò si presentano i risultati di monitoraggio qualitativo su un gruppo di controllo di soggetti volto a mettere in luce i bisogni, le motivazioni e le barriere in materia di illuminazione domestica per una corretta transizione verso la terza età. I valori e i disvalori percepiti dagli utenti, coinvolti nelle fasi preliminari di sviluppo della ricerca e della progettazione, diventano essenziali sia per poter sviluppare una prima discussione sul tema sia per poter avere dei feedback interessanti per eventuali fasi successive di sviluppo.

La ricerca ha evidenziato come nella letteratura scientifica analizzata siano pochi i casi di studio trattati in dettaglio e che abbiano come luogo di svolgimento la casa. Quindi anche le linee guida e i concept proposti

potrebbero essere molto migliorati attraverso una dettagliata e ampia fase di testing sperimentale coinvolgendo associazioni ed enti capaci di condurre un'ampia e adeguata attività di interviste sul campo. Dai dati raccolti appare chiaro che i vantaggi e benefici di una buona illuminazione, sono oggi ancora ignoti alla maggior parte del pubblico dei non addetti ai lavori: l'unico concetto che sembra aver avuto ampia diffusione è quello del risparmio energetico e del riciclo dei prodotti al termine della loro vita utile.

SEZIONE B: attività normativa

B1. UNI - Software per il calcolo del fabbisogno energetico secondo la procedura della prEN 15193-1:2015

1 Introduzione

L'obiettivo di questa attività è la realizzazione di un software per il calcolo dell'indicatore LENI (Lighting Energy Numeric Indicator) che consente di determinare il fabbisogno di energia elettrica per gli impianti di illuminazione artificiale presenti in un edificio residenziale e non residenziale, in presenza di sistemi di gestione e controllo dell'impianto stesso. L'originalità di questa attività risiede nel fatto che questo è il primo software realizzato per calcolare il LENI secondo la nuova normativa 15193:2015 in fase di stesura e la cui pubblicazione è prevista per metà del 2016. Questa attività, effettuata in accordo con l'UNI, vede la collaborazione con il gruppo di lavoro dell'UNI (GL10) del quale anche l'ENEA è membro. Il software una volta completato sarà distribuito gratuitamente dall'ENEA (che è l'unico proprietario del software) e sarà segnalato dall'UNI a tutti coloro che acquisteranno la norma stessa. Il software si rivolge ai professionisti del settore della certificazione energetica ed ai progettisti illuminotecnici e/o impiantisti che devono effettuare valutazioni di tipo energetico su impianti nuovi, esistenti ed oggetto di riqualificazione.

La motivazione che ha portato alla necessità di progettare il software è la necessità di poter effettuare il calcolo del LENI, secondo la procedura indicata dalla norma 15193 (metodo 1), in maniera corretta e senza semplificazioni dovute alla poca conoscenza della norma e dei calcoli da effettuare. La valutazione del fabbisogno di energia elettrica di impianti di illuminazione artificiale è molto complessa e la procedura proposta dalla norma 15193 può risultare di difficile applicazione per utenti poco esperti nel settore o che non conoscano bene la norma stessa. Il software così progettato, consentirà di guidare correttamente al calcolo di ogni singolo parametro necessario al calcolo del LENI dell'edificio.

2 Descrizione delle attività svolte

2.1 Inquadramento

In Europa, nell'ambito della certificazione energetica, il 18 giugno del 2010 è stata pubblicata la nuova Direttiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia (Energy Performance of Buildings Directive - EPBD) per promuovere il miglioramento delle prestazioni energetiche degli edifici di nuova costruzione e per quelli esistenti all'interno dell'Unione, stabilendo i requisiti minimi di efficienza energetica da rispettare, la redazione di idonea certificazione del rendimento energetico nell'edilizia e l'imposizione di controlli periodici delle caldaie e degli impianti di condizionamento.

In questo panorama, la valutazione delle prestazioni energetiche per l'illuminazione artificiale di edifici residenziali e non residenziali, è demandata allo standard prEN 15193-1:2015 "Energy performance of buildings – Module M9 – Energy requirements for lighting – Part 1: Specifications" (comitato tecnico CEN

TC169) attualmente in fase di revisione, per la stima dei consumi di energia elettrica imputabili all'illuminazione artificiale anche la presenza dei sistemi di controllo.

Lo standard specifica tre metodi di calcolo per la valutazione del fabbisogno di energia elettrica e/o la misura del consumo di energia elettrica per l'illuminazione artificiale di edifici residenziali e non, proponendo un indicatore numerico di consumo chiamato LENI (Lighting Energy Numeric Indicator).

In particolare, i tre differenti metodi di calcolo indicati dalla normativa sono:

Metodo 1: che consente di effettuare la valutazione per edifici esistenti (nel caso di audit dei sistemi di illuminazione) o nuovi o in fase di ristrutturazione (nel caso di progettazione dei sistemi di illuminazione), e pervenire ad una raccolta di informazioni dettagliata ed accurata per il calcolo del fabbisogno energetico per gli impianti di illuminazione, consentendo di calcolare il LENI. Questo metodo permette di valutare in maniera più dettagliata i consumi annuali, mensili ed orari derivanti dall'uso dell'impianto di illuminazione artificiale considerando le caratteristiche architettoniche e impiantistiche specifiche di ciascuna zona dell'edificio. In questo approccio la potenza assorbita dall'impianto è opportunamente pesata in funzione di alcuni fattori: la disponibilità di luce naturale in ambiente; i criteri di controllo della luce (manuale, automatico, automatico con dimmeraggio); le ore di utilizzo della zona, la presenza di dispositivo esterni di schermatura attivi e non. In questo metodo, pur essendo previsto un maggior livello di dettaglio nell'analisi delle caratteristiche dell'edificio e del sistema di controllo progettato, l'influenza dei fattori citati viene considerata nel calcolo attraverso l'introduzione di valori ricavati da tabelle e riferiti a certe tipologie edilizie, ad alcune località ed a determinati criteri di controllo. Questo metodo consente altresì di effettuare una valutazione rapida del fattore di spesa per mettere a confronto differenti sistemi di illuminazione.

Metodo 2: che consente di effettuare la valutazione per edifici nuovi o in fase di ristrutturazione, effettuando un calcolo rapido (quick method) attraverso l'utilizzo di dati di default per il calcolo del fabbisogno energetico per gli impianti di illuminazione, consentendo di calcolare un "preliminary LENI" utile ad una valutazione orientativa.

Questo metodo permette di pervenire ad stima approssimata dei consumi annuali derivanti dall'uso dell'impianto di illuminazione artificiale. La potenza assorbita per l'illuminazione artificiale viene pesata in funzione del potenziale contributo della luce naturale e dell'incidenza dell'occupazione mediante valori tabellari definiti in funzione delle tipologie di edificio e dei criteri di controllo (manuale, automatico, automatico con dimmeraggio, etc.), a questo vengono aggiunti i consumi parassiti imputabili ai componenti del sistema di controllo e agli apparecchi di illuminazione di emergenza.

Metodo 3: che attraverso l'utilizzo di contatori per l'energia elettrica consente di effettuare la misura reale del consumo di energia elettrica di sistemi di illuminazione per edifici residenziali e consentendo quindi di calcolare il LENI.

La formula generale per il calcolo del LENI è la seguente

$$\text{LENI} = W / A \quad (1)$$

dove:

W[kWh/anno]: energia complessiva consumata su base annua per l'illuminazione;

A[m²]: superficie totale di pavimento dell'edificio analizzato.

L'energia totale consumata su base annua per l'illuminazione artificiale W può essere calcolata attraverso la seguente formula:

$$W_t = W_{L,t} + W_{P,t} \quad (2)$$

dove:

$W_{L,t}$ [kWh/anno] è l'energia complessiva consumata nel periodo t per il funzionamento dell'impianto di illuminazione artificiale;

$W_{P,t}$ [kWh/anno] è l'energia parassita consumata nel periodo t per ricaricare le batterie dell'illuminazione di emergenza e per far funzionare i dispositivi dei sistemi di controllo in modalità standby.

La stima dell'energia $W_{L,t}$ e $W_{P,t}$ si effettua utilizzando le due formule di seguito indicate, riferita al tempo "t" di valutazione su base oraria, giornaliera, mensile oppure annuale:

$$W_{L,t} = \frac{\sum \{ (P_n \cdot F_C) \cdot F_O [(t_D \cdot F_D) + t_N] \}}{1000} \quad (3)$$

dove:

$W_{L,t}$ [kWh] è l'energia elettrica consumata in un dato periodo t per garantire l'illuminazione artificiale richiesta nell'edificio;

P_n [W] è la potenza elettrica installata per l'illuminazione artificiale in un ambiente o zona dell'edificio;

F_C [-] è il fattore di illuminamento costante;

t_D [h] è il numero di ore di utilizzo dell'ambiente in presenza di luce naturale;

F_O [-] è il fattore che tiene conto dell'occupazione degli utenti in ambiente;

F_D [-] è il fattore che tiene conto della disponibilità di luce naturale in ambiente;

t_N [h] è il numero di ore di utilizzo dell'ambiente in assenza di luce naturale;

$$W_{P,t} = \frac{\sum \{ \{ P_{pc} \cdot [t_y - (t_D + t_N)] \} + (P_{em} \cdot t_{em}) \}}{1000} \quad (4)$$

dove:

$W_{P,t}$ [kWh] è l'energia parassita annuale consumata nel periodo t di riferimento;

P_{pc} [W] è la potenza parassita totale assorbita dal sistema di controllo dei singoli ambienti o parti dell'edificio;

t_y [h] è il numero totale di ore di utilizzo di un ambiente (valore standard: 8760 ore);

t_D [h] è il numero di ore di utilizzo dell'ambiente in presenza di luce naturale;

t_N [h] è il numero di ore di utilizzo dell'ambiente in assenza di luce naturale.

P_{em} [W] è la potenza elettrica installata per garantire la ricarica delle batterie dell'illuminazione artificiale di emergenza;

t_{em} [W] è il tempo di ricarica delle batterie dell'illuminazione di emergenza.

L'influenza sui consumi dovuta alla presenza di sistemi di controllo viene valutata attraverso alcuni fattori:

F_D (Daylight dependency factor): che dipende dalla disponibilità di luce naturale entrante in ambiente e dal tipo di sistema di controllo dell'illuminazione naturale installato (manuale o automatico).

F_O (Occupancy dependency factor): che dipende dalla tipologia di sistema di controllo utilizzata (FOC), dalla proporzione di tempo durante la quale l'ambiente risulterà non occupato, che a sua volta dipenderà dalla destinazione d'uso dell'edificio e dalla tipologia dell'ambiente oltre che dal numero complessivo di utenti che occupano l'ambiente (fattore di assenza FA).

F_C (Constant illuminance factor): che tiene conto, in presenza di un sistema di controllo automatico con fotosensore closed loop, della possibile riduzione di potenza ottenibile mantenendo costante

l'illuminamento medio sul piano di lavoro (l'impianto viene infatti normalmente sovradimensionato per garantire nel tempo, in relazione al decadimento delle prestazioni dei componenti, l'illuminamento richiesto).

Pur nella semplicità del calcolo del LENI (formula 1), da una attenta lettura della norma (esempio formula 3 e 4) si evidenzia la complessità della procedura proposta dalla norma 15193-1 per la determinazione di molti indici parziali per pervenire al calcolo dei Dependency Factor sopra citati (F_D , F_O , F_C).

Per questo motivo, al fine di consentire una corretta valutazione del LENI, questo software permetterà di effettuare il calcolo dell'indicatore aiutando il professionista a seguire l'intera procedura nei vari steps di calcolo per determinare il valore finale del fabbisogno di energia degli impianti di illuminazione.

2.2 Descrizione del primo step di realizzazione del software

In questo anno di attività è stata progettata l'intera architettura del software ed è stato realizzato un primo step sperimentale del tool al fine di testare il suo corretto funzionamento. Questa primo step consente il calcolo del LENI (solo per il metodo 1) per un ambiente singolo, caratterizzato da una singola superficie finestrata di tipo verticale, in assenza di sporgenze esterne (verticali o orizzontali). In questo primo step il software è in lingua inglese ma nella sua versione definitiva (4 steps) sarà in lingua italiana ed inglese. Il software in questa prima versione è pensato per il sistema operativo Windows ma è già stata valutata, per il futuro, l'opportunità di estenderlo al sistema Operativo MAC.

Nelle immagini che seguono sono riportate alcune videate del software per mostrare alcuni passaggi del calcolo:

Figura 31: Nel menù principale del software sono stati inseriti i comandi principali del tool che consentono:

- di creare un nuovo progetto, aprirne uno esistente e salvarlo in qualunque momento della compilazione senza perdere le informazioni immesse.
- di caratterizzare l'ambiente e/o l'edificio aggiungendo "n" files nel formato DXF che consentano di costruire geometricamente (in 2D) l'edificio.

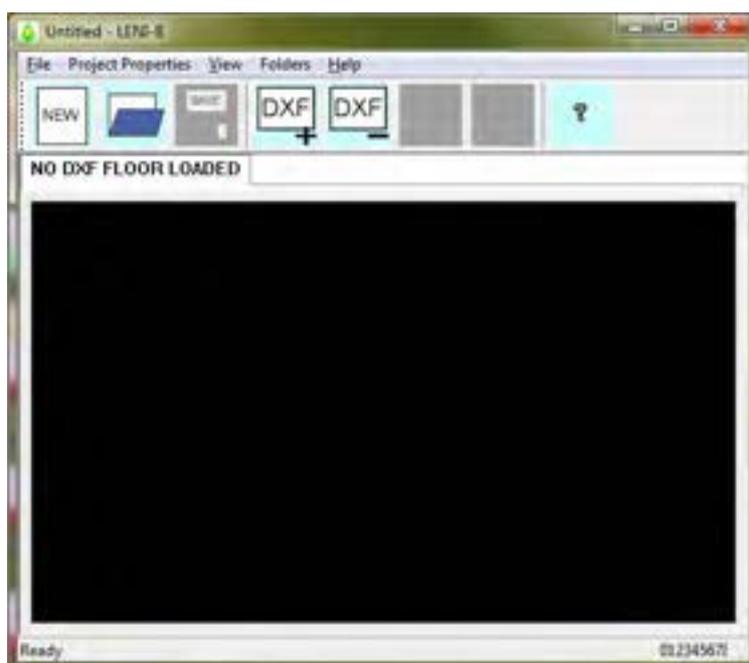


Figura 31: videata principale del software – primo step di realizzazione

Figura 32: Esempio di immissione di un piano di un edificio (file DXF) con la caratterizzazione ed identificazione delle singole stanze che saranno oggetto del calcolo.

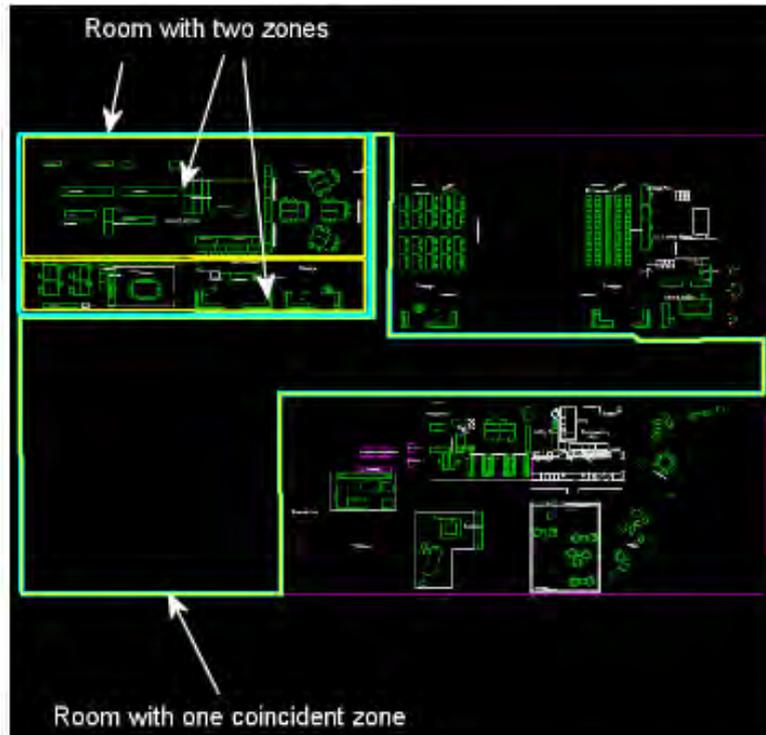


Figura 32: Esempio di realizzazione di un piano dell'edificio oggetto di valutazione

Figura 33: Videata della sezione dedicata alla caratterizzazione degli apparecchi di illuminazione da utilizzare nel progetto.

Reference Id	Max Pow	Stdy Pow	Chg Pow
QWERZ	100.00	1.00	0.50

Figura 33: Videata del catalogo degli apparecchi di illuminazione utilizzati per il calcolo

Figura 34: videata di caratterizzazione delle proprietà delle zone/delle stanze che caratterizzano il piano/ l'edificio. In questa sezione viene caratterizzata la dimensione geometrica dell'ambiente, le caratteristiche illuminotecniche da garantire (quantità di luce necessaria nell'ambiente secondo la normativa UNI EN 12464:1:2011) e la modalità di regolazione dell'emissione luminosa degli apparecchi.

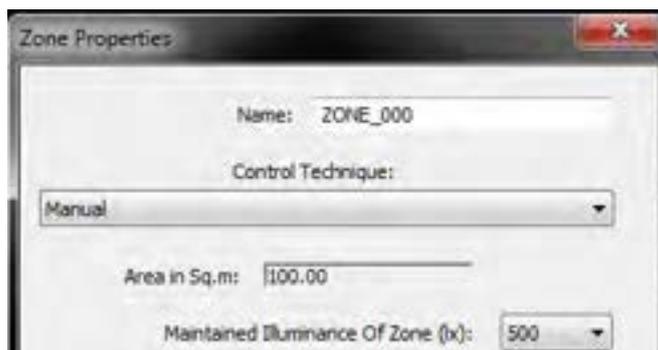


Figura 34: Videata relativa alla caratterizzazione delle zone/stanze

Figura 35: videata relativa ad alcuni output parziali relativi al calcolo, che consentono di verificare il valore dei fattori di dipendenza (F_D , F_O , F_C), il numero complessivo di ore utilizzato per il calcolo durante il quale l'impianto è considerato acceso o dimmerato (a seconda della tecnologia di controllo scelta), il calcolo finale dell'Energia $W_{L,t}$ e $W_{P,t}$ e del LENI o Sub- LENI del singolo ambiente.

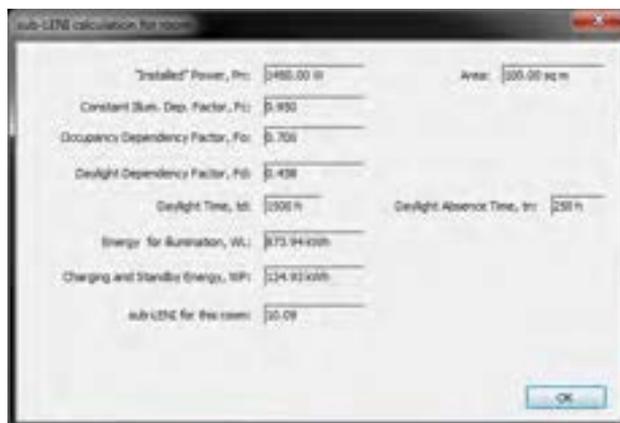


Figura 35: Videata relativa agli output parziali del calcolo

Figura 36: videata relativa alla sezione Help del tool necessaria per facilitare la comprensione delle varie parti del software e degli indicatori come riportato nella normativa 15193:2015. La sezione Help, in fase di costruzione, è pensata come strumento di aiuto per consentire al professionista di comprendere meglio le fasi del calcolo e rimandare alla sezione della norma corrispondente per verificare la procedura, le definizioni e qualsiasi altro informazioni utile.

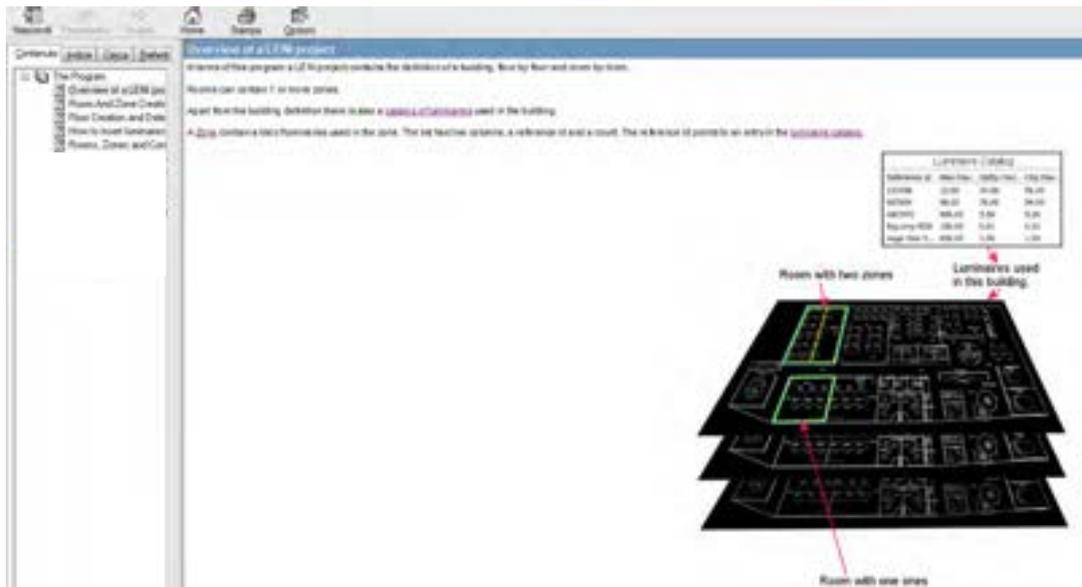


Figura 36: Videata relativa alla sezione help del tool

3 Risultati e Conclusioni

Al termine di questo anno di attività sono stati raggiunti gli obiettivi prefissi quali la progettazione dell'intera architettura del software (definizione dell'interfaccia, dei menù a tendina, dei contenuti, prima predisposizione della sezione Help) e la realizzazione di una prima versione del software (step 1) per il calcolo del LENI secondo il metodo 1 della norma 15193:1 – 2015. Il software realizzato fino a qui, rispecchia le caratteristiche principali e generali della versione finale nella sua completezza, quali: la facilità installazione ed utilizzo, la semplicità nella compilazione (step-by-step), una interfaccia e la rapidità del calcolo finale.

Il software nella sezione Help rimanda sempre alla norma 15193:1-2015 in quanto la sua finalità è quello di essere di supporto alla norma ed al Technical Report 15193:2-2015 della norma stessa e non sostituirsi ad essa.

B2. Direttive Ecodesign ed etichetta energetica

1 Introduzione

Le Direttive europee Etichettatura Energetica ed Ecodesign sono due importanti direttive che tendono a spostare il mercato verso l'etichetta energetica, in due modi:

- 1) Ecodesign trascina il mercato perché pone requisiti minimi, legati al ciclo di vita del prodotto, che devono essere superati perché un prodotto possa essere messo sul mercato europeo
- 2) Etichettatura energetica spinge il mercato, perché informa i consumatori sulle caratteristiche legate a parametri energetici dei prodotti. I consumatori possono quindi effettuare scelte consapevoli al momento dei loro acquisti.

Le Direttive vengono implementate attraverso legislazioni specifiche, dette Regolamenti.

Per i prodotti di illuminazione, i parametri del ciclo di vita considerati più importanti sono quelli legati alla vita utile del prodotto, quindi ad esempio il consumo energetico.

ENEA partecipa alle attività a livello europeo in fase di preparazione dei Regolamenti (oltre che delle Direttive stesse), come parte / supporto tecnico della Delegazione Italiana.

2 Attività svolte e risultati

I primi Regolamenti di Ecodesign sui prodotti di illuminazione risalgono al 2009.

L'etichetta Energetica per le lampade è nata anch'essa anni fa, e riguardava solo un sottoinsieme delle lampade. Nel 2012 è stata pubblicata la nuova Etichetta Energetica, che si applica a tutti i tipi di lampade e agli apparecchi di illuminazione destinati a essere venduti per l'utilizzatore finale.

I lavori per Ecodesign ed Etichetta Energetica sono in continua evoluzione.

Le principali attività durante questa annualità sono state in relazione a:

- nuovi studi preparatori per Ecodesign / Etichettatura
- data di uscita dal mercato delle lampade non direzionali per uso domestico meno efficienti ("fase 6" del Regolamento 244/2009)
- lavori normativi per le procedure di prova per la sorveglianza di mercato

Nuovi studi preparatori

Sono in corso studi:

- 1) sui "sistemi di illuminazione", quindi andando "oltre" i prodotti
- 2) sulle "smart appliances", che comprendono anche i prodotti di illuminazione in quanto "smart"
- 3) sui prodotti di illuminazione, per tener conto della grande evoluzione di mercato e tecnologica che c'è stata dal 2009 a oggi
- 4) su altri prodotti, ad esempio le finestre, che hanno indiretti legami con i sistemi di illuminazione

Alla fine di questi studi preparatori ci si aspetta l'emissione di nuovi Regolamenti.

Fase 6 Ecodesign

Un'altra importante attività ha riguardato la cosiddetta "fase 6" del regolamento 244/2009, che si è conclusa con il voto degli Stati Membri il 17 aprile 2015 e la pubblicazione in Gazzetta Europea del Regolamento 2015/1428 del 25 agosto 2015.

Il 17 aprile gli Stati Membri dell'Europa hanno approvato la proposta della Commissione Europea di spostare in avanti di 2 anni l'uscita dal mercato delle lampade alogene meno efficienti: quindi al settembre 2018, invece del settembre 2016 originariamente previsto (dalla "fase 6" originale). Analizzando infatti il mercato e gli sviluppi tecnologici nel campo dell'illuminazione, la Commissione è giunta alla conclusione che il 1 settembre 2016 fosse una data troppo vicina perché la tecnologia a LED potesse completamente rimpiazzare i modelli di lampade alogene in uscita dal mercato.

Il processo di analisi che ha preceduto il voto è stato aperto al pubblico. Molti portatori di interessi hanno contribuito in modo attivo a questa valutazione: autorità di Stati Membri, membri del Parlamento Europeo, industria, organizzazioni di consumatori, NGOs ecc.

L'approvazione è stata ottenuta con una larga maggioranza, sia come numero di Stati Membri, sia come percentuale della popolazione europea rappresentata.

Le lampade alogene sono inefficienti (tipica classe di efficienza energetica “D”). Le nuove tecnologie, come i LED, offrono un elevato potenziale di risparmio: il consumo di una lampada alogena è spesso più di cinque volte superiore a quella di un LED ad alta efficienza energetica. Di conseguenza, gli Stati membri avevano convenuto nel 2009 l’uscita dal mercato delle lampade inefficienti (circa di classe “D”) dal 1° settembre 2016.

Analizzando il mercato dell’illuminazione e gli sviluppi tecnologici la Commissione, però, è giunta alla conclusione che il 1° Settembre 2016 sarebbe stato troppo ravvicinato come periodo per la sostituzione completa delle lampade alogene con la tecnologia LED. Quindi gli Stati membri hanno approvato due anni di proroga, cioè il 1° settembre 2018. Questa fase di transizione verso la tecnologia LED consentirà un migliore sviluppo della tecnologia stessa, in linea con la priorità dell’Unione Europea di migliorare l’efficienza energetica, con l’obiettivo finale di garantire un’energia sicura, sostenibile, competitiva e conveniente.

Sono escluse da questa operazione:

- le lampade alogene direzionali (i “faretti”)
- le lampade alogene con attacco G9 e R7S (spesso utilizzate per le lampade da tavolo e i proiettori)

Vantaggi per l’ambiente e la sicurezza energetica: il passaggio a lampadine a basso consumo energetico dal 2018 porterà un risparmio energetico annuale pari al consumo annuo di elettricità del Portogallo (48 TWh di energia elettrica) e consentirà di risparmiare circa 15,2 milioni di tonnellate di emissioni di CO₂ entro il 2025, pari alle emissioni generate da circa due milioni di persone all’anno.

Vantaggi per l’industria: questa proroga potrà aiutare le imprese innovative a creare nuovi posti di lavoro nell’UE e nel contempo proteggerà l’industria europea dalla concorrenza di bassa qualità e dall’importazione di prodotti inefficienti.

Normazione per sorveglianza di mercato

La sorveglianza di mercato deve essere fatta dagli Stati Membri utilizzando procedure di misura affidabili, accurate e riproducibili che tengano conto delle metodologie più avanzate e generalmente riconosciute, compresi i metodi definiti nei documenti i cui numeri di riferimento sono stati pubblicati a tal fine nella Gazzetta ufficiale dell’Unione europea.

Tuttavia non c’erano “norme armonizzate” per i prodotti di illuminazione. Nel gennaio 2014 la Commissione ha pubblicato una Comunicazione contenente metodi transitori di misura ed ha dato mandato a CEN / CENELEC di elaborare norme da armonizzare.

Si è quindi formato, a inizio 2015, un gruppo di lavoro misto UNI-CEI per contribuire all’elaborazione di queste norme tecniche e a questa attività ENEA partecipa.

3 Conclusioni

Le attività di supporto alla legislazione europea e alla normazione sono essenziali perché vengano emesse leggi davvero applicabili e quindi il mercato si muova verso la compatibilità ambientale e l’efficienza energetica, rispettando i requisiti delle persone, in modo organico.

Il lavoro continua, perché l’evoluzione tecnologica, la conoscenza dei fabbisogni delle persone e l’approfondimento sugli impatti ambientali continuano nel tempo.

SEZIONE C: sperimentazione legata agli aspetti umani

C1. Messa a punto della procedura di test di percezione visiva con oggetti tridimensionali

1 Introduzione

L'attività si inserisce nel filone di studi per valutare la percezione visiva, argomento importante per la progettazione dei sistemi di illuminazione.

2 Descrizione delle attività svolte e risultati

Partendo dall'esperienza maturata negli anni nell'ambito dei test di percezione visiva (vedi [1], [2]), si è deciso di riprendere ed estendere ad un maggiore numero di campioni di sorgenti luminose, il test di valutazione del Color Rendering Index (CRI) mediante l'osservazione di un compito visivo tridimensionale (LEGO colorati).

Per poter avviare questa nuova serie di test, è stata messa a punto la procedura dell'attività sperimentale, è stato allestito l'ambiente sperimentale (disponendo idoneamente i 4 box già utilizzati per il test di percezione visiva – Paradosso di Albers) ed è stata testata la procedura con 8 volontari (studenti di un istituto tecnico professionale) che hanno valutato l'oggetto tridimensionale illuminato da 6 differenti sorgenti luminose da testare.

In questo test il compito visivo tridimensionale è costituito da quattro Transformer identici realizzati con LEGO colorati (Figura 37), illuminati dalla sorgente-test e dalla sorgente luminosa di riferimento, che devono essere osservati dall'utente e messi a confronto.

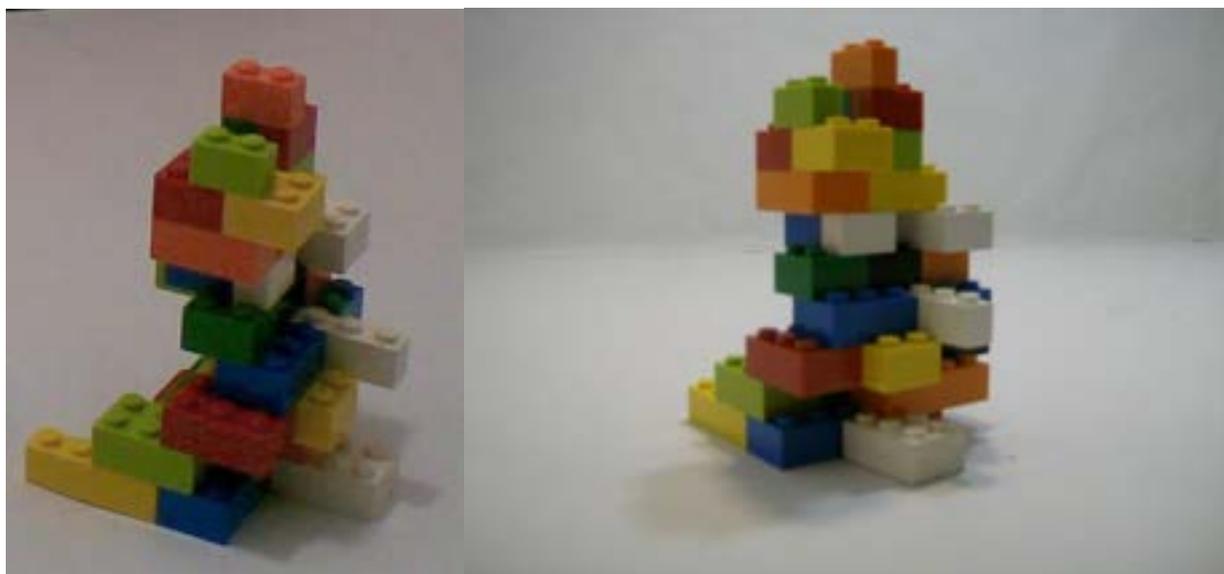


Figura 37: Transformer di LEGO

2.1 Definizione della procedura dell'attività sperimentale

L'obiettivo di questa nuova serie di test è verificare come la percezione apparente dei colori di un oggetto tridimensionale, collocato in un ambiente neutro, vari a seconda del tipo di sorgente luminosa sotto la quale è osservato se messo a confronto con una sorgente di riferimento (sorgente alogena).

Per poter procedere con l'esperimento, è fondamentale informare gli utenti con le opportune istruzioni relative:

alla compilazione del questionario con i propri dati personali (iniziali di nome e cognome, sesso, età, colore degli occhi, nazionalità, eventuali disturbi di vista ed uso di lenti a contatto o occhiali durante l'esperimento e lavoro svolto) (Figura 38)

Codice		Data		Operatore	
Iniziali					
Sesso					
Età					
Colore degli occhi					
Nazionalità					
Lenti					
Disturbi visivi					
Durante l'esperimento, porti occhiali o lenti a contatto e se sì, quali?					

Figura 38: Questionario relativo ai dati personali dell'utente

al compito visivo che dovrà essere svolto durante l'esperimento, che sarà suddiviso in due steps per valutare 6 differenti sorgenti luminose. In particolare il compito visivo consisterà nell'osservazione dei **Transformer realizzati con i LEGO colorati**, posti al centro dei box ed orientati a 45°. L'utente osserverà per primo l'oggetto collocato nel box illuminato dalla sorgente luminosa di riferimento (montata nel Box 1), e lo confronterà con quelli posti sotto ciascuna delle 6 sorgenti test (montate nei Box 2, 3 e 4). Ad ogni osservazione l'utente dovrà valutare le eventuali differenze riscontrate per i colori dei pezzi LEGO indicati nel questionario, e compilare quest'ultimo con la valutazione qualitativa come indicata nella Tabella 5 (Figura 39).

<i>i colori (sotto sorgente-test e sorgente-riferimento):</i>	<i>punteggio</i>
sono identici	100
hanno una differenza appena percettibile	80-99
sono differenti	50-79
sono molto differenti	1-49
sono completamente diversi	0

Tabella 5: Scala di valutazione

Durante la fase di istruzione al test sarà richiesto agli utenti di valutare solo le differenze di colore, e di non considerare l'eventuale differenza di illuminamento che potrebbe sussistere tra un box e l'altro, a causa delle intrinseche differenze di flusso luminoso che si verificano tra le varie lampade sotto test. In ogni caso, per garantire una uniformità di illuminamento sul compito visivo, in fase di allestimento le sorgenti luminose sono state installate centralmente nei box.

Inoltre, sul questionario sarà riportata l'indicazione di come non esista una risposta corretta ed univoca, e di come non ci si debba preoccupare del valore in sé della valutazione, ma piuttosto di essere consistenti nel giudicare.



Figura 39: Questionario relativo alla valutazione del compito visivo per ciascuna sorgente luminosa

2.2 Set up del test

Per questo test percettivo saranno utilizzati gli stessi 4 box dell'attività sperimentale descritta nel Report [3] relativamente al paradosso di Albers e saranno valutate 6 differenti sorgenti luminose raggruppate in 2 set (Figura 40).

Il primo set sarà costituito da lampade CFL-I che necessitano una accensione anticipata di 20 minuti prima del test, mentre le lampade della seconda serie, essendo LED, non richiedono alcuna accensione anticipata, permettendo così una ottimizzazione dei tempi di attesa tra una accensione e l'altra dei due diversi steps.



Figura 40: Immagine dei quattro box predisposti per il test con all'interno inseriti i Transformer

In Tabella 6 sono riassunte le caratteristiche principali delle sorgenti luminose oggetto di test. La sorgente di riferimento è la lampada alogena collocata nel box 1 (B1S1), mentre negli altri 3 box saranno collocate le restanti 6 lampade.

Etichetta	Set	Box	Tipo di sorgente	CCT (K)	Power (W)	Attacco
B1S1	I	1	Alogena	2981	42	E 14 – E 27
B2S1	I	3	CFL-I	7559	11	E 27
B3S1	I	4	CFL-I	4391	11	E 27
B4S1	III	2	CFL-I	2700	20	E 27
B2S2	II	2	LED rem. ph.	2947	12	E 27
B3S2	II	3	LED	3441	8	E 27
B4S2	III	3	LED	2700	3	E 27

Tabella 6: Tipo di lampada usata per ogni box e caratteristiche tecniche

2.3 Messa a punto della procedura definita

Definita la procedura ed allestito l'ambiente sperimentale si è proceduto ad un primo test preliminare al quale hanno partecipato 8 studenti di un istituto tecnico professionale. Obiettivo di questo test è stato validare la procedura ed individuare eventuali criticità prima di avviare una campagna sperimentale vera e propria.

In particolare, dal test preliminare sono emerse informazioni utili che hanno permesso di ottimizzare la procedura e la gestione degli spazi, fornendo utili indicazioni sul numero massimo ottimale di utenti che possano affrontare il test contemporaneamente (3/4 persone alla volta), in modo da garantire la possibilità di spostarsi tra i box con una certa libertà.

Si è inoltre evidenziata l'importanza di delimitare la distanza dei volontari dai box, e quindi dai campioni sotto osservazione, indicando sul pavimento un limite da non valicare per garantire una distanza di 1 metro, in modo da poter calcolare l'angolo visivo in funzione dell'altezza dei partecipanti.

Queste semplici informazioni sono state molto utili per validare la procedura che potrà essere utilizzata per i test di percezione visiva su oggetti tridimensionali.

3 Risultati e Conclusioni

La procedura è stata validata e sarà usata in test futuri.

4 Bibliografia

- [1] S.Fumagalli, C.Bonanomi & A.Rizzi, Experimental assessment of color-rendering indices and color appearance under varying setups, *Journal of Modern Optics*, Published online: 11 Sep 2014.
- [2] A.Rizzi, C.Bonanomi, S.Fumagalli, G.Leonardi, VERSO UN INDICE DI RESA CROMATICA BASATO SU UN MODELLI PIU' EFFICACE DEL SISTEMA VISIVO, Report RdS/2012/272, Settembre 2012
- [3] A. Rizzi, C. Bonanomi, Dipartimento di Informatica, Università degli Studi di Milano "INDAGINE SULLE VARIAZIONI LOCALI DELL'INDICE DI RESA CROMATICA E APPROCCI PER SUE POSSIBILI MODELLIZZAZIONI, RdS/PAR2014/032, Settembre 2015

C2: caratterizzazione dell'illuminazione naturale negli ambienti di lavoro

1 Introduzione

L'attività di caratterizzazione dell'illuminazione naturale negli ambienti di lavoro si inserisce nell'ambito della ricerca internazionale sugli effetti visivi e non visivi della luce sugli esseri umani.

Da diversi anni infatti il mondo scientifico si interessa al ruolo che la luce svolge sull'essere umano a livello fisiologico e psicologico, riscontrando come la luce non sia soltanto responsabile della visione ma sia anche in grado di produrre nel nostro organismo effetti sull'umore, sulle performance e sul sistema circadiano.

Il sistema circadiano è una complessa rete di organi interconnessi e presieduti dal Nucleo Soprachiasmatico (NSC) presente nell'ipotalamo, che controlla numerosi e importanti processi biologici all'interno del nostro organismo [1]. Nel 2002 è stato scoperto nella retina umana un terzo fotorecettore chiamato melanopsina responsabile della sincronizzazione dell'orologio biologico. Grazie alla presenza della luce solare il corpo umano viene regolato da cicli della durata di circa 24 ore; oltre al sonno e alla veglia, presentano un ritmo circadiano funzioni fisiologiche come la temperatura corporea, il battito cardiaco, la trasduzione genetica, la secrezione ormonale, l'allerta, le performance e la memoria [2, 3, 4].

La risposta del sistema circadiano non è istantanea e dipende dall'ora del giorno, dalla durata e dall'intensità dello stimolo e dalla luce ricevuta durante le ore precedenti [5]; la composizione spettrale della luce è cruciale per la sua stimolazione, perché da un lato la melanopsina ha il suo picco di sensibilità nella regione del blu e dall'altro la reazione circadiana alla luce non è semplicemente la somma dei contributi di tutte le lunghezze d'onda, ma segue una legge di opposizione spettrale (giallo/blu e rosso/verde). Inoltre, la metà inferiore della retina è più sensibile alla luce rispetto a quella superiore.

Una corretta sincronizzazione del sistema circadiano sincronizzato è estremamente importante per la nostra salute ed il benessere [6,7], e studi di fotobiologia evidenziano come la luce influisca sullo stato di salute sia come fattore coinvolto nell'insorgenza di patologie varie, che come elemento terapeutico di diverse malattie quali la SAD, meglio nota come depressione invernale, l'Alzheimer, la demenza, i disturbi del sonno.

A tale riguardo, particolarmente importante per il sistema circadiano è la melatonina. Tale ormone, detto "ormone dell'oscurità biologica", viene sintetizzato dalla ghiandola pineale, e segue un andamento che oscilla nell'arco delle 24 ore, con una concentrazione nel sangue massima durante la notte e minima di giorno, perché la sua secrezione viene inibita dal NSC dall'esposizione alla luce dopo soli pochi minuti [8,9]. Anche la soppressione della melatonina è legata alla sensibilità della melanopsina alle varie lunghezze d'onda della luce: tale curva di sensibilità è molto diversa da quella della visione fotonica e mostra chiaramente una grande importanza delle lunghezze d'onda del blu e una scarsa o nulla sensibilità alle lunghezze d'onda del rosso-arancio (Figura 41).

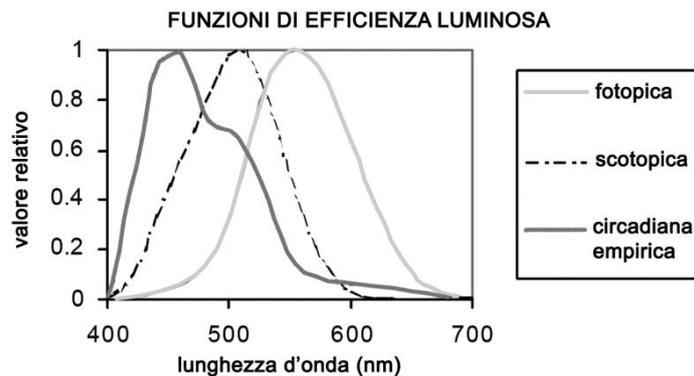


Figura 41: Curva di sensibilità circadiana empirica

Oggi le alterazioni dei ritmi circadiani sono molto più frequenti rispetto al passato, poiché le persone trascorrono una gran parte della loro giornata in luoghi confinati dove spesso non vi è un apporto di luce naturale sufficiente a garantirne la sincronizzazione. L'illuminazione naturale, infatti, è molto più intensa di quella artificiale, e i livelli d'illuminamento artificiale negli ambienti di lavoro, scolastici o residenziali mantengono valori di circa 1000 lx sul piano di lavoro, e quindi di circa 200 lx al livello della cornea, o anche inferiori; gli illuminamenti esterni, invece, sono molto più alti anche in presenza di nuvole. La maggior parte degli ambienti confinati ha un'illuminazione troppo bassa per mantenere sincronizzato l'orologio circadiano e inibire la secrezione di melatonina, per cui gli utenti sono esposti ad una "oscurità biologica" anche durante le ore diurne.

La forte influenza della luce sui ritmi circadiani, e quindi sulla salute e benessere degli utenti, spinge quindi da una parte a valutare tali effetti, soprattutto negli ambienti di lavoro, scolastici ed ospedalieri, e dall'altra a gestire i sistemi di luce naturale per l'illuminazione diurna a livello di progettazione, per finalità sia di ottimizzazione della qualità di illuminazione degli ambienti, sia di risparmio energetico. Una massimizzazione dell'apporto di illuminamento naturale, e l'adozione di sistemi di controllo automatici, porta infatti necessariamente ad una diminuzione sensibile del consumo di energia elettrica.

Poiché gli effetti fotobiologici della luce sono legati alle caratteristiche dell'energia luminosa incidente sulla retina, in sede di valutazione e test dei sistemi d'illuminazione dovrebbe essere valutata la luce indirizzata all'occhio, cioè la somma della luce proveniente dalla sorgente luminosa e da quella riflessa dalle superfici e oggetti circostanti, e non soltanto, come viene attualmente fatto, per quella emessa o che investe le superfici costituenti l'ambiente.

Al fine di ottimizzare le condizioni di illuminazione sia per quanto riguarda gli effetti visivi che circadiani, e per permettere una corretta progettazione del sistema di illuminazione degli edifici, e dell'integrazione tra luce naturale ed artificiale, risulta importante, quindi, la conoscenza dell'apporto di illuminazione naturale, sia in termini qualitativi che quantitativi; inoltre, l'utilizzo di parametri facilmente misurabili o calcolabili può notevolmente facilitare il lavoro dei progettisti.

Poiché, a parità di illuminamento, la composizione spettrale della radiazione che arriva all'occhio può determinare effetti sul sistema circadiano anche sostanzialmente diversi, uno dei parametri misurabili più significativi è costituito dalla distribuzione spettrale della radiazione incidente agli occhi (irradianza spettrale). E' ad esempio largamente dimostrato come la luce con una elevata composizione spettrale di lunghezze d'onda corte (luce blu) sia maggiormente efficace nell'inibire la secrezione di melatonina rispetto ad una sorgente con uno spettro neutro, mentre la radiazione rossa ha un effetto quasi nullo sul sistema circadiano. La ragione di questa differente capacità spettrale risiede nella funzione di sensibilità circadiana (CI) [10,11,12] che si concentra nella regione blu dello spettro (446-477 nm) con un picco a 460 nm [13,14]. L'andamento di tale funzione dipende dai fotorecettori coinvolti nella trasduzione del segnale luminoso dalla retina al NSC, principalmente le cellule gangliari intrinsecamente fotosensibili (ipRGC), e con ruolo secondario anche i bastoncelli ed i coni S [15].

Data la diversa sensibilità nella recezione del segnale luminoso visivo e non-visivo, è necessario analizzare le caratteristiche spettrali delle radiazioni che arrivano agli occhi degli utenti per calcolare la "luce circadiana" e gli effetti che questa può produrre, misurando l'irradianza spettrale a livello degli occhi.

L'attività sperimentale oggetto del rapporto è stata svolta presso gli uffici della sede ENEA di Ispra, in collaborazione con l'Università Federico II di Napoli, Dipartimento di Ingegneria Industriale, cobeneficiario per il PAR 2014. Oggetto della ricerca è stata la valutazione della quantità e qualità della luce naturale incidente agli occhi degli utenti di uffici esposti a Nord e a Sud, e dei corrispondenti stimoli circadiani, durante le stagioni primaverile ed estiva. La caratterizzazione ha previsto misure sia all'interno degli uffici designati, sia all'esterno dell'edificio. Una parte delle misure è stata effettuata applicando la stessa metodologia dell'Università di Napoli (si veda il Rapporto Tecnico del cobeneficiario per il PAR 2014), in modo da consolidare un protocollo sperimentale che consenta un confronto tra località a diverse latitudini e con differenti climi luminosi; in aggiunta, per consentire un monitoraggio più capillare delle condizioni di illuminamento naturale negli uffici, sono state effettuate misurazioni aggiuntive di parametri fotometrici e radiometrici in continuo. All'interno degli uffici sono state effettuate misure alla finestra di illuminamento verticale, radianza solare verticale, radianza solare spettrale, temperatura di colore, irradianza solare spettrale; alla postazione di lavoro sono stati monitorati l'illuminamento orizzontale al centro della scrivania e illuminamento, temperatura di colore, coordinate colorimetriche ed irradianza spettrale a livello degli occhi.

Si è potuta quindi confrontare la qualità della luce in uffici con differenti orientamenti e in differenti condizioni meteorologiche e, applicando un modello di fototrasduzione circadiana, è stato valutato il conseguente impatto circadiano per due giornate, una per ogni ufficio monitorato.

2 Descrizione delle attività svolte e risultati

2.1 Metodologia

Le misurazioni sono state effettuate in due uffici con esposizioni a Sud e a Nord, situati al piano terra della sede Enea di Ispra, durante diverse giornate di giugno e luglio. Gli uffici verranno denominati da qui in poi Ufficio 1 e Ufficio 2, e abbreviati U1 e U2.

Le rispettive piante quotate sono riportate in Figura 42, mentre in Figura 43 è riportato il disegno quotato delle finestre.

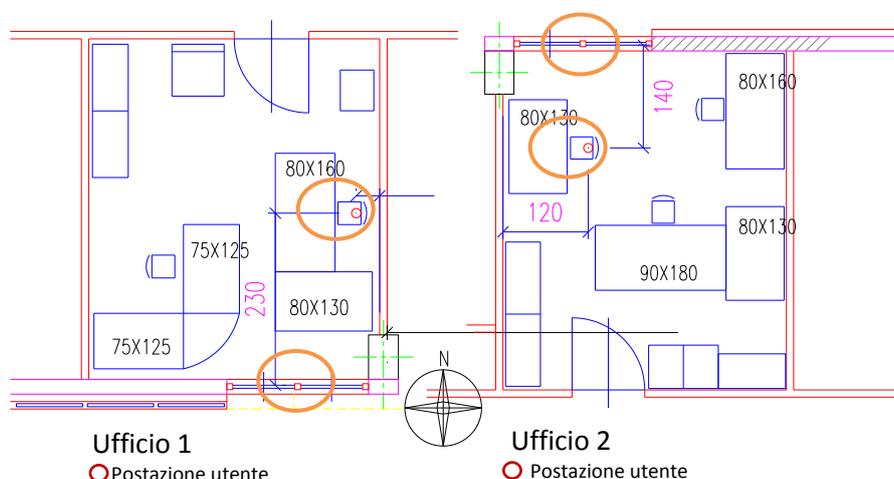


Figura 42: Piante quotate degli uffici. Le postazioni di misura sono evidenziate in arancio.

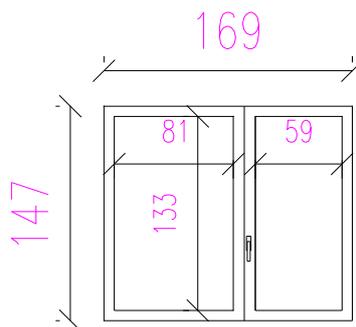


Figura 43: Disegno quotato delle finestre

I vetri delle finestre di entrambi gli uffici sono di tipo vetro camera con dimensioni 5/9/5 e 6/8/6, pellicola antisfondamento 3M, e presentano un coefficiente di trasmissione luminosa calcolato del 61,6%.

2.1.1 Grandezze fotometriche e radiometriche misurate e strumentazione utilizzata

La campagna di misura delle grandezze fotometriche e radiometriche si è svolta sia all'interno degli uffici designati, sia all'esterno dell'edificio.

Per ogni giorno di misurazione, sono stati acquisiti:

- a) All'esterno dell'edificio:
 - illuminamenti verticali ad est, Sud, ovest, Nord [lx]
 - illuminamento orizzontale [lx]
 - radianza solare orizzontale [W/m^2]

La strumentazione utilizzata consta di sensori al silicio Macam mod.SD201LVCos e di un solarimetro Eppley mod.8-48.

- b) All'interno degli uffici sono state effettuate misure alla scrivania, alla finestra e sulle pareti ed arredi.

Alla finestra sono state effettuate misure di:

- illuminamento verticale (verso l'esterno, attraverso il vetro e ad altezza occhi di un osservatore medio in piedi) mediante sensore al silicio Macam mod.SD201LVCos [lx]
- radianza solare verticale (verso l'esterno, attraverso il vetro e ad altezza occhi di un osservatore medio in piedi) mediante solarimetro SDK 2650 [W/m^2]
- radianza solare spettrale (verso l'esterno, senza vetro) mediante spettroradiometro Jeti mod. Specbos 1211UV [$W/sr \cdot m^2$]
- temperatura di colore del cielo (verso l'esterno, senza vetro) mediante spettroradiometro Jeti mod. Specbos 1211UV [K]
- irradianza solare spettrale (verso l'esterno, con e senza vetro) mediante spettroradiometro Jeti mod. Specbos 1211UV [W/m^2]
- illuminamento verticale (verso l'esterno, con e senza vetro) mediante spettroradiometro Jeti mod. Specbos 1211UV [lx]

Le misure di illuminamento verticale e radianza solare verticale sono state effettuate posizionando il sensore ed il solarimetro direttamente alla finestra, mentre le misure eseguite con lo spettroradiometro (radianza spettrale, irradianza spettrale, illuminamento, temperatura di colore del cielo) sono state realizzate posizionando lo strumento ad un metro dalla finestra e ad altezza

occhi di un osservatore medio, considerando la porzione di volta di cielo vista dalla finestra degli uffici.

Alla postazione di lavoro sono state effettuate misure di:

- illuminamento orizzontale al centro della scrivania, con sensori al silicio Macam mod.SD201LVCos [lx]

All'altezza degli occhi di una persona seduta alla scrivania (1,20 m) sono stati misurati:

- Illuminamento [lx]
- Temperatura di colore (CCT) [K]
- Coordinate colorimetriche
- Irradianza spettrale [W/m^2]

Le misure sono state realizzate a diverse angolazioni (Figura 44) al fine di simulare i movimenti della testa. La strumentazione utilizzata consiste in sensori al silicio Macam mod.SD201LVCos per le misure di illuminamento, di un colorimetro Chroma meter CL200 Konica Minolta equipaggiato con 4 teste di misura per le temperature di colore e le coordinate colorimetriche, e di uno spettroradiometro Jeti mod. Specbos 1211UV per l'irradianza spettrale.

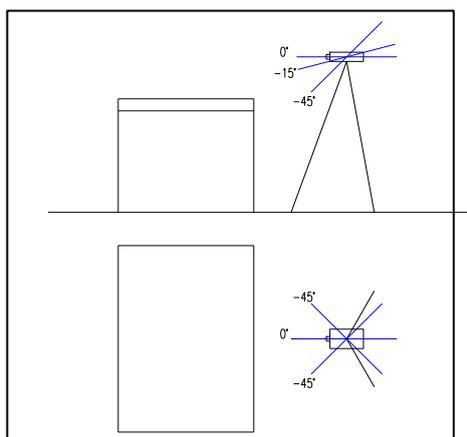


Figura 44: Angoli di inclinazione degli strumenti utilizzati per le misure a livello degli occhi

Il sostegno per il colorimetro ed i sensori per le misure di illuminamento ai vari angoli prescelti è stato realizzato ad hoc in laboratorio. Nella Figura 45 viene riportato l'allestimento della strumentazione utilizzata all'interno di un ufficio, mentre in Figura 46 viene illustrata la centralina per i rilievi all'esterno.



Figura 45: Strumentazione utilizzata per le misure in ufficio:

- A - Sonde colorimetriche per la misura delle coordinate tricromatiche e determinazione di CCT**
- B - Sonde di illuminamento e di radianza solare collocate sul vetro (lato interno)**
- C - Sonda luxmetrica per la misura dell'illuminamento sul piano orizzontale**
- D - Spettroradiometro per la misura della radianza solare spettrale e della irradianza solare spettrale**



Figura 46: Strumentazione utilizzata per le misure in esterno:

A – Sonde luxmetriche per la misura dell'illuminamento orizzontale e verticale

B – Solarimetro per la misura della radianza solare orizzontale

Al fine di valutare le caratteristiche di riflessione della radiazione luminosa operata dalle superfici e dagli arredi contenuti all'interno dei due uffici, sono state effettuate misure di riflettanza per ogni lunghezza d'onda della luce incidente, utilizzando uno spettrofotometro Konica Minolta CM-700cl (Figura 47).

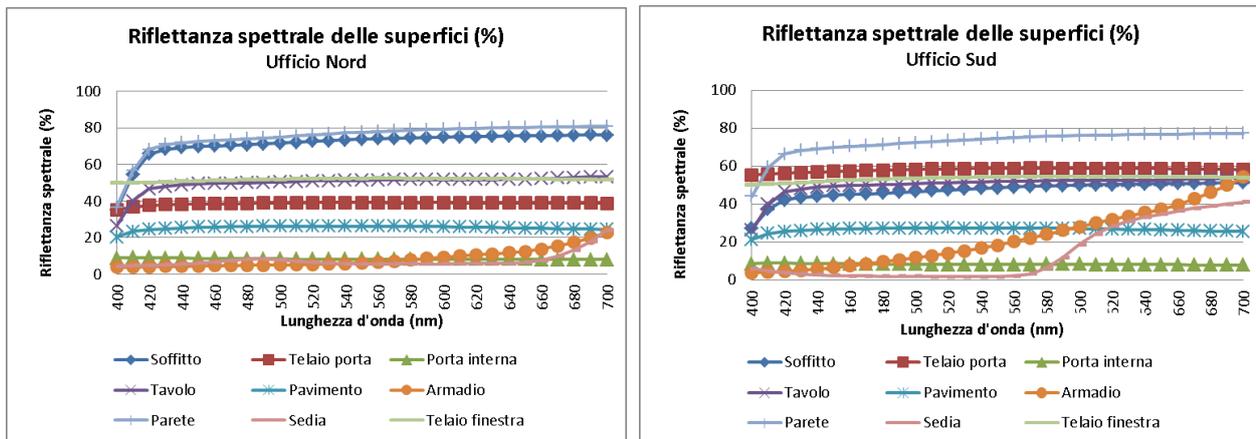


Figura 47: Riflettanze spettrali delle superfici e degli arredi dei due uffici

2.1.2 Sistema di acquisizione dati

Le misure di illuminamento esterno, radianza solare esterna e alla finestra, illuminamento alla finestra e sulla scrivania sono state acquisite in continuo utilizzando due acquisitori dati della Keysight (già Agilent, già Hewlett Packard) mod 34972 gestiti con software sviluppato in laboratorio su piattaforma LabView v. 2014.

Nella configurazione utilizzata durante la campagna di misura, uno degli acquisitori è stato dedicato alla lettura degli illuminamenti e della radianza solare per le misurazioni in esterno, mentre l'altro leggeva le misure di illuminamento e radianza solare negli uffici oggetto di misura.

Generalmente l'acquisizione copriva l'intervallo lavorativo, dalle 8:00 alle 17:00, ed i dati venivano acquisiti attraverso la rete locale ogni minuto e registrati in files.

Le grandezze acquisite con il Chromameter (illuminamento, CCT e coordinate cromatiche a livello degli occhi) venivano registrate ogni 5 minuti con software sviluppato in Visual Basic 6.0. anche in questo caso l'intervallo di misura era dalle 8:00 alle 17:00

Le misure di riflettanza spettrale delle superfici e degli arredi degli uffici monitorati sono stati fatti una tantum ad inizio campagna monitoraggio.

Le misure di illuminamento, CCT, radianza spettrale ed irradianza spettrale effettuate mediante spettrometro Jeti venivano acquisite manualmente a cadenza oraria, registrate nello strumento e riportate a fine giornata su pc.

Le irradianze spettrali, misurate con ciascuno degli angoli di inclinazione precedentemente indicati, sono state poi mediate per ottenere i valori di irradianza media a livello degli occhi, che sono stati poi utilizzati per calcolare la corrispondente soppressione di melatonina tramite il modello di fototrasduzione circadiana proposto da Rea e illustrato nel seguente paragrafo.

2.1.3 Modello di fototrasduzione circadiana (da Rapporto PAR2014 dell'Università Federico II di Napoli)

Per fototrasduzione si intende il processo attraverso cui l'assorbimento di luce da parte di una cellula provoca una determinata risposta. Nel caso della fototrasduzione circadiana si tratta ovviamente di risposte legate al sistema circadiano. Nel corso degli anni sono stati proposti diversi modelli per la valutazione della risposta circadiana relativa ad un determinato stimolo luminoso. In questo report verrà applicato il modello sviluppato da Rea et al. [16,17,18]. La sensibilità circadiana descritta dal modello non dipende solo dalla sensibilità spettrale delle cellule gangliari ipRGC, ma anche dalla sensibilità spettrale combinata degli altri fotorecettori presenti sulla retina che intervengono con meccanismi opposti. Pertanto nel modello entra

in gioco la sensibilità dei coni S che si "oppone" a quella dell'azione combinata dei coni L ed M (canale blu-giallo), ed anche la sensibilità dei bastoncelli. Le funzioni di sensibilità che coinvolgono i coni sono rapportate al fattore di trasmissione spettrale della macula.

L'applicazione del modello comprende due fasi⁶:

1) Calcolo della "luce circadiana". La luce circadiana è calcolabile mediante l'irradianza spettrale misurata in corrispondenza degli occhi, applicando la seguente relazione:

$$\text{se } \int S_{\lambda} m_{p\lambda} E_{\lambda} d\lambda - k \int V_{\lambda} m_{p\lambda} E_{\lambda} d\lambda \geq 0$$

$$CLA = 1622 \left[\int M_{c\lambda} E_{\lambda} d\lambda + (a_{b-y} (\int S_{\lambda} m_{p\lambda} E_{\lambda} d\lambda - k \int V_{\lambda} m_{p\lambda} E_{\lambda} d\lambda) - a_{rod} (1 - e^{-\int V'_{\lambda} E_{\lambda} d\lambda rodSat})) \right]$$

$$\text{se } \int S_{\lambda} m_{p\lambda} E_{\lambda} d\lambda - k \int V_{\lambda} m_{p\lambda} E_{\lambda} d\lambda < 0$$

$$CLA = 1622 \int M_{c\lambda} E_{\lambda} d\lambda$$

dove

CL_A = luce circadiana (integrale dell'irradianza spettrale opportunamente pesata in modo da tenere conto della sensibilità circadiana ed espressa in W/m^2). La costante 1622 è posta in modo da far sì che ad un illuminamento agli occhi di 1000 lux prodotto dalla distribuzione spettrale di un corpo nero a 2856 K, corrispondano $1000 W/m^2$ di luce circadiana;

$M_{c\lambda}$ = curva di sensibilità del recettore contenente melanopsina, che considera anche il fattore di trasmissione spettrale del cristallino;

S_{λ} = curva di sensibilità dei coni S;

$m_{p\lambda}$ = fattore di trasmissione spettrale della macula;

E_{λ} = irradianza spettrale misurata all'occhio;

V_{λ} = curva di sensibilità fotopica;

V'_{λ} = curva di sensibilità scotopica;

$rodSat$ = costante di saturazione per lo "sbiancamento" del fotopigmento secreto dai bastoncelli = $6.5 W/m^2$

$k = 0.2616$;

$a_{b-y} = 0.6201$;

$a_{rod} = 3.2347$.

2) Calcolo dello stimolo circadiano

Una volta calcolata la luce circadiana (CL_A) si può calcolare lo stimolo circadiano corrispondente (CS) tramite la seguente equazione:

$$CS = 0.75 - \frac{0.75}{1 + \left(\frac{CL_A}{215.75} \right)^{0.864}}$$

dove CS è efficacia relativa di una radiazione nel fornire stimolo al sistema circadiano, espresso in termini di soppressione di melatonina.

CS può anche essere espresso in termini percentuali e, come si può osservare, non è funzione lineare della luce circadiana e tende ad un valore massimo di 0.75 (75%). Nella pratica un valore del 50% corrisponde ad un'elevata risposta in termini di soppressione di melatonina.

⁶ nella descrizione del modello, si usa il punto come separatore decimale

3 Risultati

In questo report vengono riportati i risultati relativi alle misurazioni effettuate nell'arco di 4 giornate lavorative, due per ogni ufficio oggetto di sperimentazione, considerate come giornate indicative del periodo estivo a Ispra (Tabella 7). Non è stato possibile includere giornate interamente di cielo sereno, o interamente di cielo coperto, poiché nel periodo di misura non si sono verificate queste condizioni meteorologiche.

Tabella 7: Giornate di misurazioni e relative condizioni meteorologiche

U1G1	U1G2	U2G1	U2G2
(Giornata 1 in Ufficio 1)	(Giornata 2 in Ufficio 1)	(Giornata 1 in Ufficio 2)	(Giornata 2 in Ufficio 2)
Mattino: sereno poco nuvoloso	Mattino: sereno poco nuvoloso	Mattino: variabile	Mattino: variabile
Pomeriggio: variabile	Pomeriggio: variabile	Pomeriggio: sereno poco nuvoloso	Pomeriggio: variabile

Per quanto riguarda gli illuminamenti riscontrati, in Figura 48 vengono riportati i valori di illuminamento orizzontale esterno, assieme a quelli misurati a livello di occhio (valori mediati sui 5 angoli di misurazione) e alla scrivania.

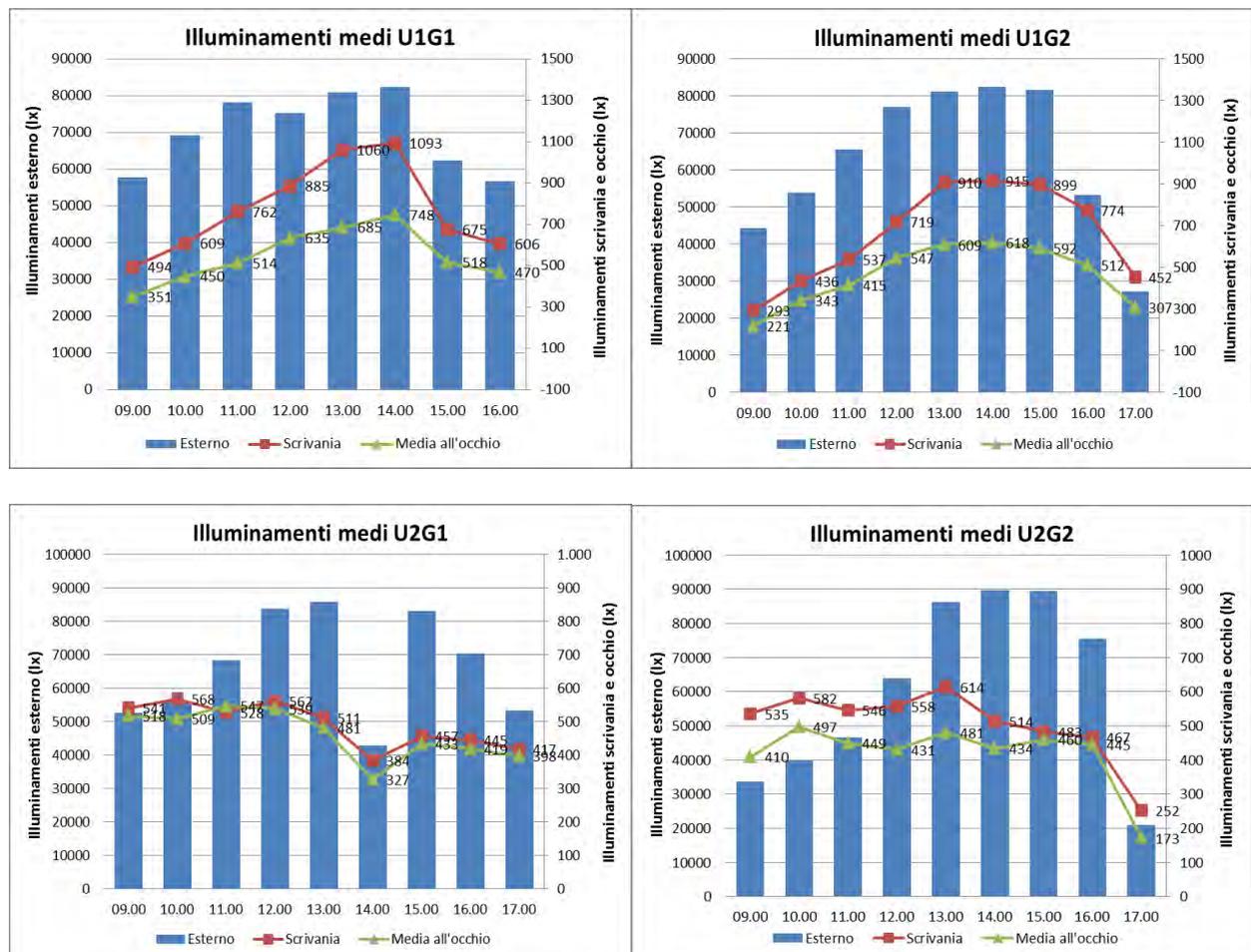


Figura 48: Illuminamenti esterni, alla scrivania e medi a livello di occhio per i due uffici nei 4 giorni di misura

I livelli di illuminamento orizzontale esterno sono variabili e vanno da un massimo di circa 90.000 lx ad un minimo di circa 20.000 lx, limiti inferiori e superiori registrati nella giornata U2G2, dove si riscontra una maggior variabilità delle condizioni di nuvolosità del cielo.

In riferimento agli illuminamenti interni a livello di occhio e di scrivania, quelli misurati al centro delle scrivanie sono come previsto sempre superiori a quelli medi all'occhio; possiamo notare una differenza maggiore tra scrivania e livello di occhio in quelli misurati nell'ufficio ad esposizione Sud, con un massimo di 376 lx di differenza per U1G1, mentre nell'ufficio a Nord il delta è più ristretto (massimo 133 lx di differenza in U2G2).

Se per quanto riguarda gli illuminamenti alla scrivania si può riscontrare una differenza di valori tra i due uffici, con un delta tra le misure massime riscontrate di circa 480 lx, le differenze tra le due stanze si riducono per quanto riguarda gli illuminamenti all'occhio, come apprezzabile nei grafici riportati in Figura 49.

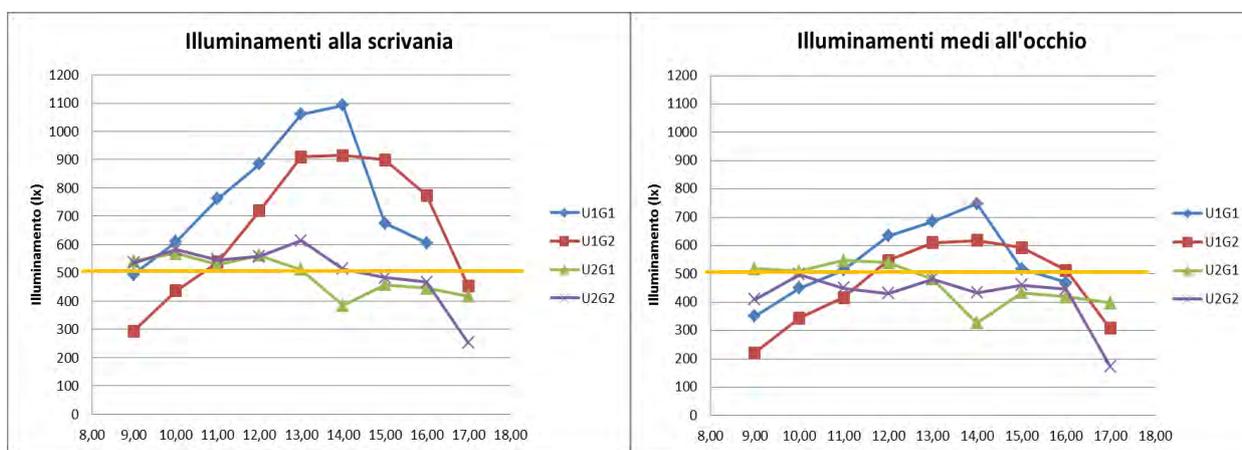


Figura 49: Confronto tra Illuminamenti alla scrivania e medi a livello di occhio per i due uffici nei 4 giorni di misura

Si noti come gli illuminamenti alla scrivania siano inferiori a quelli raccomandati dalla norma UNI EN 12464-1 per questo compito visivo (500 lx per i luoghi di lavoro interni con destinazione ad uso ufficio, evidenziati in figura con una linea retta gialla) solo nelle prime 2 ore e nell'ultima ora del giorno 2 per quanto riguarda l'ufficio 1 a Sud, mentre per l'ufficio 2 l'illuminamento è più basso per tutte le ore dalle 14:00 in poi, con necessità quindi di integrazione della luce naturale con quella artificiale anche durante la stagione estiva.

In Figura 50 vengono confrontati i valori di illuminamento misurati alla finestra (con e senza vetro), alla scrivania, e a livello di occhio, per i 4 giorni di misura nei due uffici.

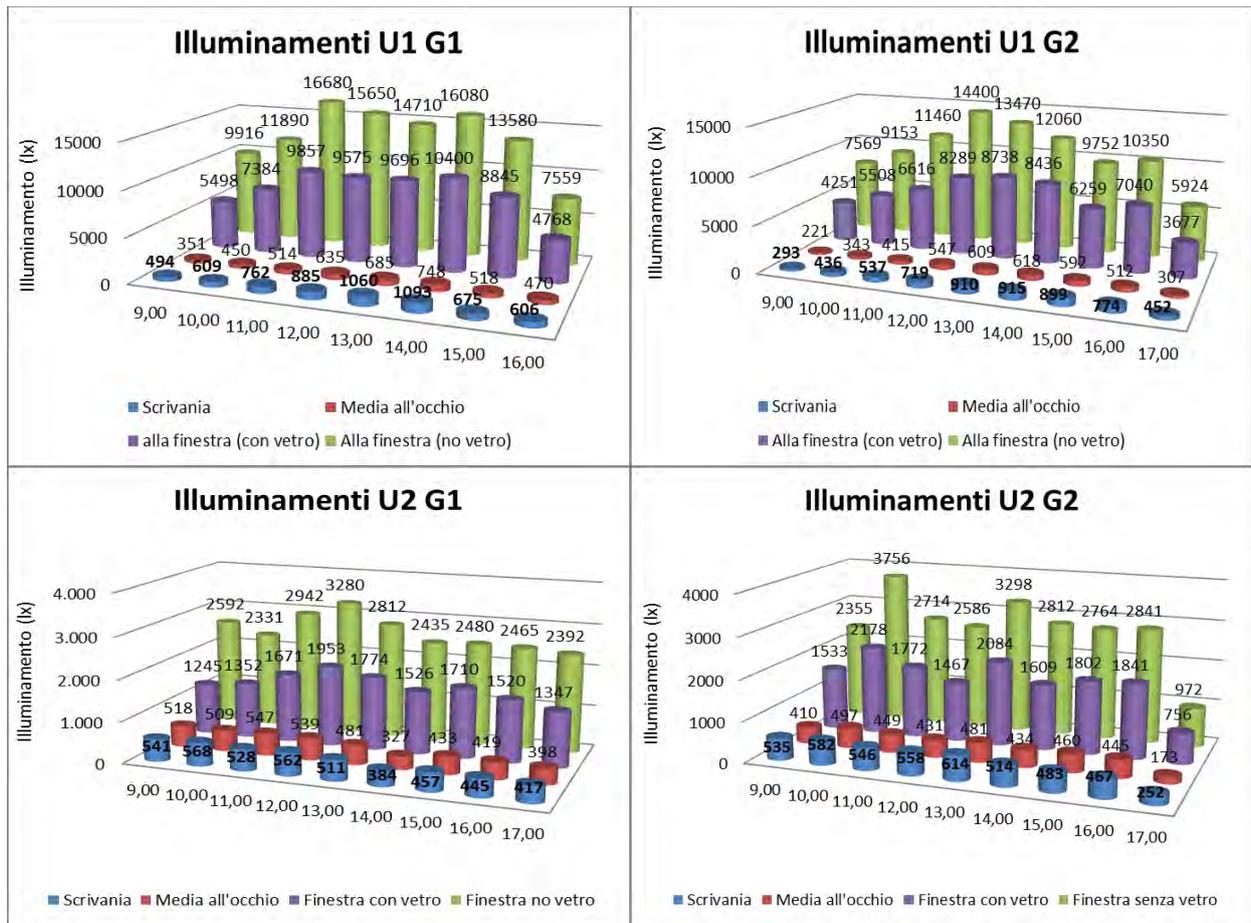


Figura 50: Illuminamenti alla finestra, alla scrivania e a livello di occhio a confronto, per i due uffici nei 4 giorni di misura

Come prevedibile, data la diversa esposizione a Nord e a Sud, notiamo forti differenze di illuminamento tra i due uffici a livello di finestra, con un valore medio sui due giorni di misura di circa 12.000 lx per l'ufficio 1 contro i circa 2.600 lx di media dell'ufficio 2. Oltre alle diverse esposizioni, tale diversità è dovuta anche al fatto che il piano di sopra dell'ufficio 2, più ampio, crea una terrazza che riduce la porzione di cielo visibile, e ne limita ulteriormente l'illuminamento.

In Figura 51 si riportano le Temperature di Colore (CCT) misurate per il cielo, alla finestra con e senza vetro, alla scrivania e a livello di occhio (media dei 5 valori misurati nelle diverse angolazioni).

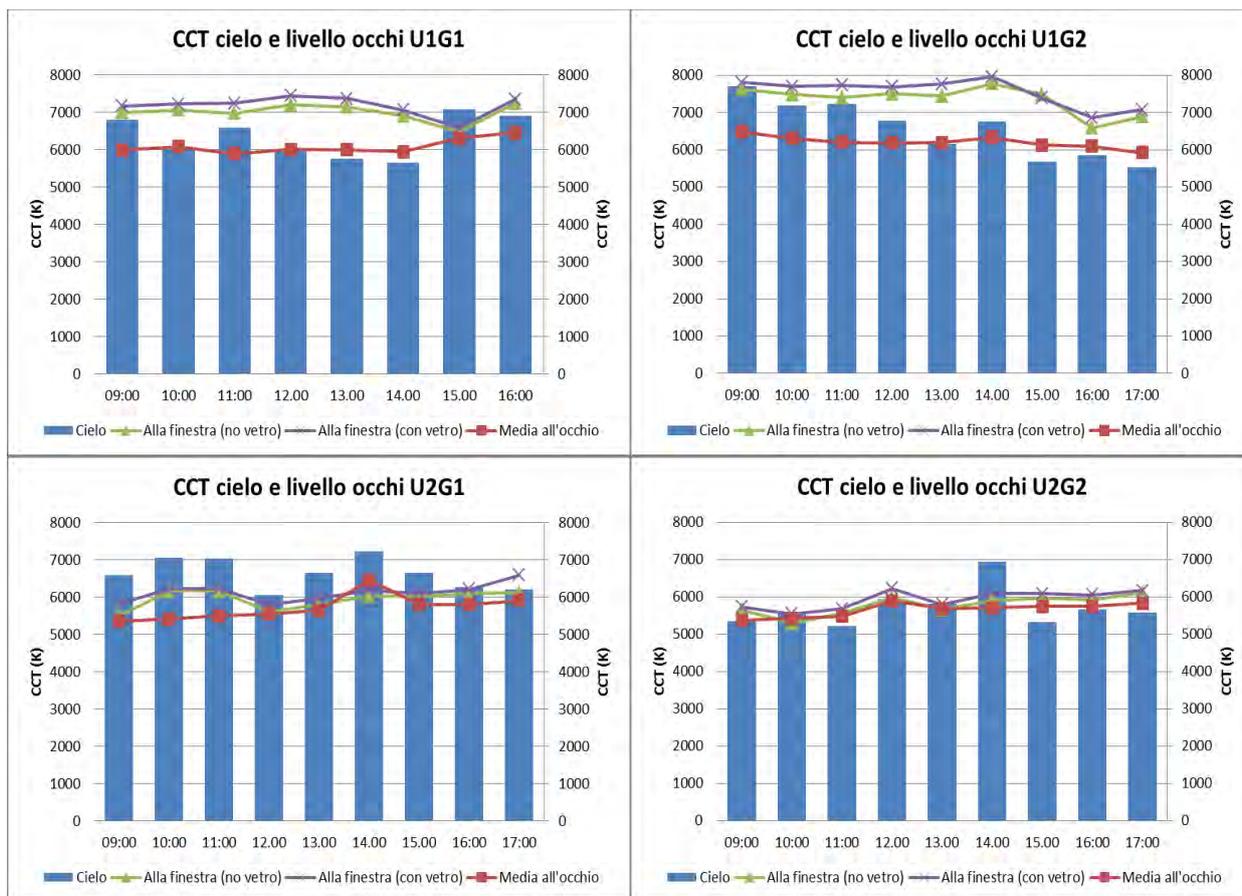


Figura 51: Temperature di colore del cielo, alla finestra, e a livello di occhio a confronto, per i due uffici nei 4 giorni di misura

I valori di CCT misurati per il cielo rientrano in un range di 5200-7800 K per tutti i giorni di misura. In tutti i casi si notano differenze poco significative tra i valori di CCT misurati alla finestra (con il vetro) rispetto a quelli senza vetro, con un delta massimo di circa 330 K per le quattro giornate di misura. I valori di CCT riscontrati alla finestra (attraverso il vetro) variano da circa 5500 a 8000 K, e presentano una certa differenza da ufficio a ufficio, con un valore medio per l'ufficio a Sud di circa 7400 K contro i 6000 K di media per l'ufficio a Nord. I valori di CCT misurati a livello di occhio sono compresi tra i 5900 K e i 6500 K per l'ufficio a Sud, mentre per quello a Nord il range è leggermente più ampio, andando dai 5350 K ai 6500 K. Non si riscontrano quindi differenze di rilievo tra i due uffici per i CCT misurati all'occhio, anche se i valori di CCT dell'ufficio 1 risultano essere sempre maggiori di quelli dell'ufficio 2, a meno del punto misurato alle ore 14.00, come visibile in Figura 52.

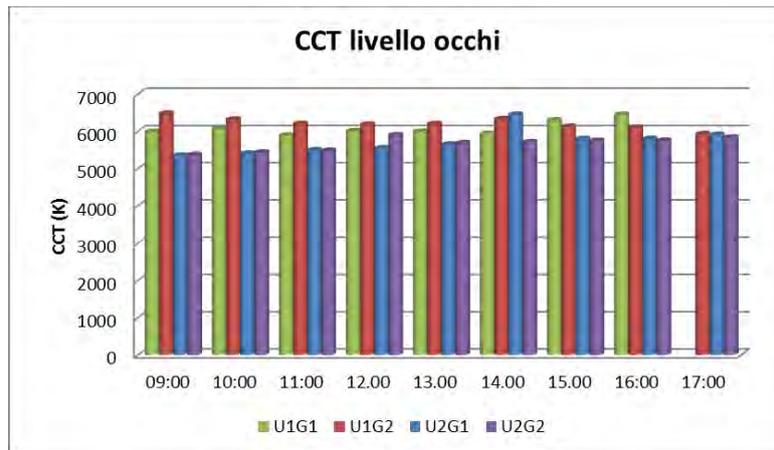


Figura 52: Temperature di livello di occhio a confronto, per i due uffici nei 4 giorni di misura

I valori di CCT misurati alla finestra chiusa e a livello dell'occhio presentano invece una differenza più sostanziale per l'ufficio 1, con un delta medio di 1650 K contro un delta medio per l'ufficio 2 pari a 500 K.

Le radianze spettrali del cielo misurate alla finestra nei due uffici nei 4 giorni di misura presentano valori diversi in funzione della esposizione (Figura 53), con valori più elevati per l'ufficio con esposizione a Sud, come è facilmente riscontrabile osservando le radianze spettrali misurate alle ore 12 (Figura 54).

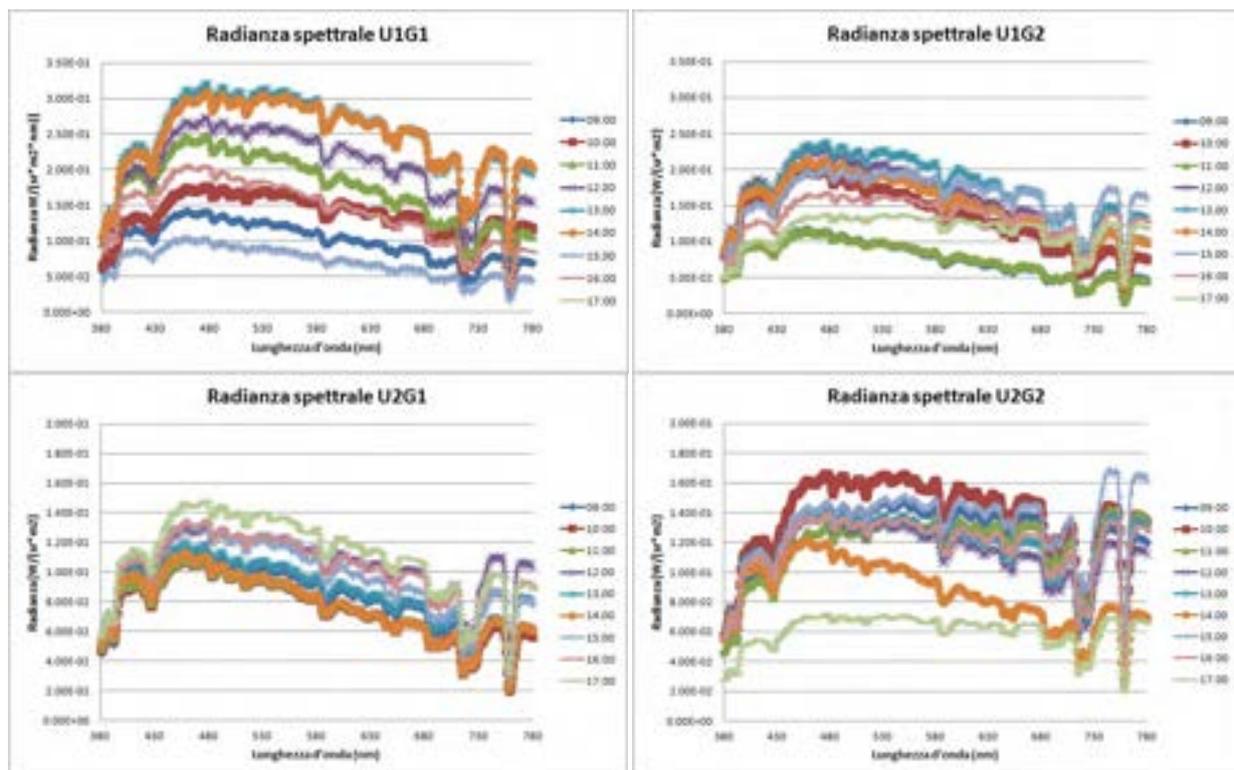


Figura 53: Radianze spettrali del cielo per i due uffici nei 4 giorni di misura

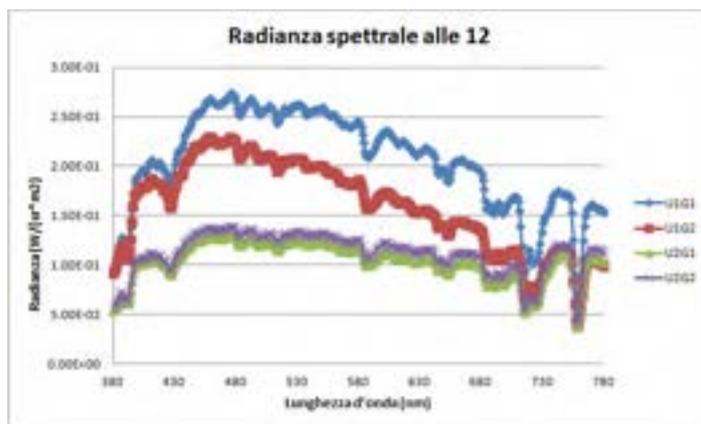


Figura 54: Radianze spettrali del cielo per i due uffici misurate alle ore 12

Anche le irradianze spettrali a livello di occhio, ottenute mediando le irradianze ottenute per i 5 angoli di misurazione, rivelano differenze tra gli uffici a Sud e a Nord in termini di valori registrati (Figura 55), ma queste differenze risultano molto più contenute rispetto ai valori di radianza spettrale misurati nella porzione di cielo vista dalla finestra. Si riporta, a titolo di esempio, il confronto delle irradianze spettrali misurate alle ore 12, dove si nota una parziale sovrapposizione dei valori riscontrati nei due uffici (Figura 56).

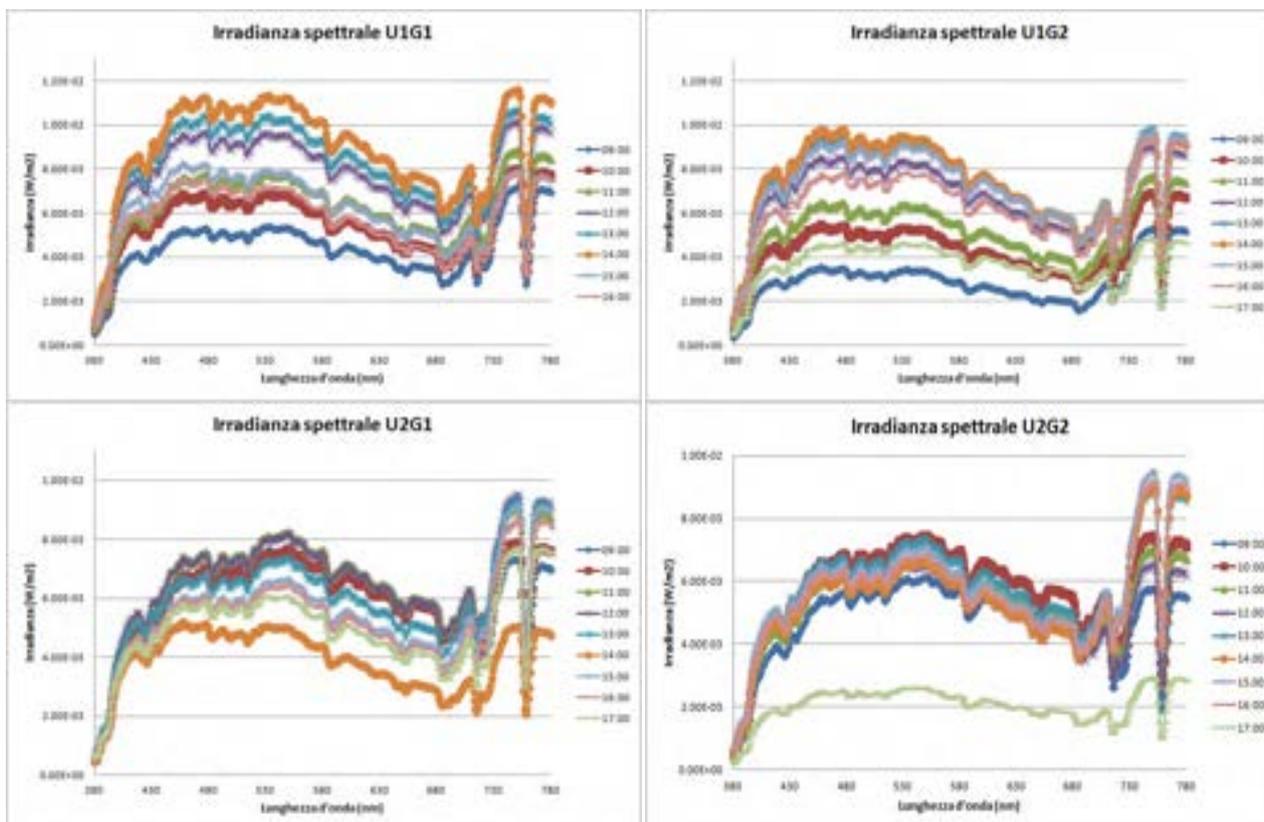


Figura 55: Irradianze spettrali del cielo per i due uffici nei 4 giorni di misura

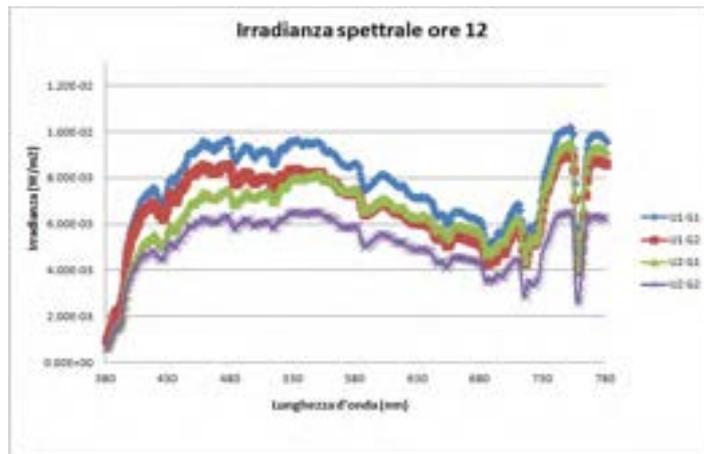


Figura 56: Irradianze spettrali del cielo per i due uffici misurate alle ore 12

Per le giornate di misura U1G2 e U2G1 sono stati calcolati i valori di luce circadiana (CL_A) e del corrispondente stimolo circadiano (CS), espresso in termini di soppressione di melatonina, seguendo il modello di fototrasduzione circadiana illustrato in precedenza.

I risultati sono mostrati in Figura 57, assieme ad un confronto con i corrispettivi illuminamenti a livello di occhio.

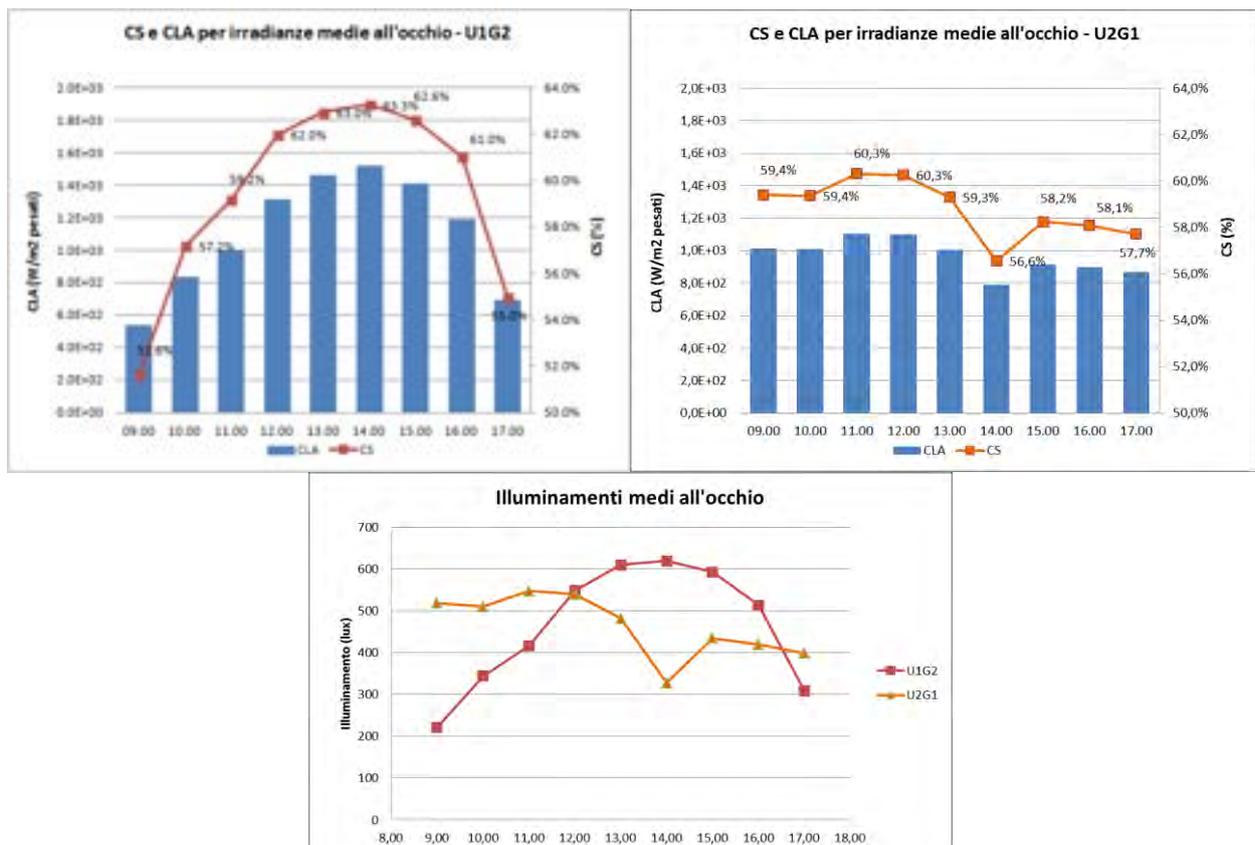


Figura 57: CLA, CS ed illuminamenti all'occhio per le giornate U1G2 e U2G1

I valori di CS calcolati variano da un minimo di 51,6% alle 9.00 per l'ufficio 1 e ad un massimo di 63,3% alle 14.00 per l'ufficio 1, e corrispondono quindi ad una elevata risposta in termini di soppressione di melatonina.

Si noti come gli andamenti delle curve di CS siano differenti nei due uffici e ricalchino quelli dei corrispondenti illuminamenti agli occhi, presentando un delta tra minimo e massimo di 11,7 per l'ufficio 1, ed un delta ridotto pari a 3,8 per l'ufficio 2.

4 Conclusioni

I risultati riscontrati dalle giornate di misura dei parametri radiometrici e fotometrici della luce naturale nella sede ENEA di Ispra evidenziano forti differenze di illuminamento alla finestra tra i due uffici oggetto di misura, con un valore medio sui due giorni di misura di circa 12.000 lx per l'ufficio 1 contro i circa 2.600 lx di media dell'ufficio 2. Tale differenza, oltre a derivare dalla diversa esposizione delle stanze, dipende anche dalla struttura dell'edificio, che presenta nel lato Nord una mensola orizzontale che sporge poco al di sopra dell'architrave delle superfici finestrate, aumentando l'ombreggiatura dell'ufficio 2.

Le differenze tra illuminamento alla scrivania e a livello di occhio sono più marcate nell'ufficio ad esposizione Sud, mentre nell'ufficio a Nord il delta è più ristretto. Questo potrebbe essere spiegato tenendo conto di come l'ufficio a Sud sia raggiunto sia dalla radiazione solare globale che diretta, mentre in quello a Nord la sola radiazione solare a penetrare in ambiente è quella diffusa; questa differenza si riflette sulle misure di illuminamento a livello di occhio.

In riferimento ai livelli di illuminamento raccomandati dalla norma UNI EN 12464-1 (500 lx per i luoghi di lavoro interni con destinazione ad uso ufficio), l'ufficio 2 riscontra una necessità di integrazione della luce artificiale nel pomeriggio anche durante la stagione estiva, a differenza dell'ufficio 1 dove gli illuminamenti alla scrivania sono inferiori a tale valore solo in tre occasioni nelle due giornate di misura.

Per quanto riguarda l'illuminamento a livello di occhi, le differenze tra le due stanze si riducono, ed i valori riscontrati sono sovrapponibili al mattino.

I due uffici presentano differenze anche per quanto riguarda i CCT misurati alla finestra, con un valore medio per l'ufficio a Sud di circa 7400 contro i 6000 di media per l'ufficio a Nord.

Analogamente a quanto riscontrato con gli illuminamenti, anche i CCT misurati a livello di occhio presentano una variazione rispetto a quelle misurate alla finestra più marcate per l'ufficio 1 che per l'ufficio 2.

A livello di occhio, invece, le differenze tra i due uffici si riducono, anche se i valori di CCT misurati per l'ufficio 1 risultano essere quasi sempre maggiori di quelli dell'ufficio 2, con una media sulle due giornate di circa 6200 per l'ufficio 1 contro i 5700 dell'ufficio 2.

Le radianze spettrali del cielo misurate nella porzione di cielo vista dalla finestra dell'ufficio a Sud presentano valori più elevati rispetto all'ufficio a Nord; stesso trend si riscontra anche per le irradianze spettrali a livello di occhio, ma queste differenze risultano molto più contenute rispetto ai valori di radianza spettrale misurati.

Come conseguenza, i valori di CS calcolati mediante modello di Rea non presentano differenze sostanziali tra i due uffici, con una media della giornata leggermente più elevata per l'ufficio 1 (59,4%) contro il 58,8% calcolato per l'ufficio 2. In tutti i casi, gli andamenti delle curve di CS ricalcano quelli dei corrispondenti illuminamenti agli occhi, ed i valori riscontrati corrispondono ad una elevata risposta in termini di soppressione di melatonina.

Per entrambi gli uffici si riscontrano stimoli circadiani decrescenti nel pomeriggio, seguendo quindi l'andamento naturale dello stimolo circadiano che sopprime la melatonina al mattino fino al primo pomeriggio, per poi diminuire lungo tutto il pomeriggio verso sera, per favorire l'entrata nel sonno della notte. Sarà interessante valutare se tale andamento, che favorisce il naturale ciclo circadiano, potrà essere confermato anche per altre giornate di misura e uffici diversi, nonché in presenza di una necessaria integrazione della luce naturale con quella artificiale.

A completamento della attività svolta, si propongono quindi possibili ulteriori sviluppi:

- misurazioni lungo tutto l'arco dell'anno comprendente le 4 stagioni e confronto con i risultati ottenuti a Napoli dall'Università Federico II
- estensione delle misure ad ulteriori due uffici (sempre a Nord e a Sud) con caratteristiche di esposizione alla luce naturale ed arredi differenti, per una valutazione dell'influenza dell'arredo sui valori di illuminamento e di luce circadiana
- misurazioni in condizioni di integrazione di luce artificiale e naturale, soprattutto nelle stagioni autunnale e invernale
- valutazione della possibilità di utilizzare un modello semplificato per la valutazione della risposta circadiana relativa allo stimolo luminoso, che consideri misurazioni più semplici come ad esempio le sole temperature di colore all'occhio.

5 Bibliografia

1. T.L. Shanahan, C. Czeisler, "Physiological Effects of Light on the Human Circadian Peacemaker", *Seminars in Perinatology*, n. 4 (2000), pp. 299-320.
2. Mistlberger R.E., Refinetti R., Kriegsfeld L.J., *Circadian Rhythms and Physiological Process*, *Enciclopedia of Sleep* 2013, pp. 418-425.
3. A. Daurat, A. Aguirre, J. Foret, P. Gonnet, A. Keromes, O. Benoit, "Bright light affects alertness and performance rhythms during a 24-h constant routine", *Physiology and Behavior* n. 53(1993), pp. 929-936.
4. L. Heschong. "Daylighting and human performance". *ASHRAE Journal*, 44 (6) (2002), 65–67.
5. J. J. Gooley, S. M. W. Rajaratnam, G. C. Brainard, R. E. Kronauer, C. A. Czeisler, S. W. Lockley. "Spectral responses of the human circadian system depend on the irradiance and duration of exposure to light". *Science Translational Medicine*, 12 (2010); 31–33.
6. R. Stevens, D. Blask, G. Brainard, J. Hansen, S. Lockley, I. Provencio, L. Reinlib. "Meeting report: the role of environmental lighting and circadian disruption in cancer and other diseases". *Environmental Health Perspective*, 115 (9), 2007, 1357–1362.
7. S. Gery, H. P. Koeffler. "Circadian rhythms and cancer". *Cell Cycle*, 9(6) (2010), 1097-1113.
8. A.J. Lewy, T.A. Wehr, F.K. Goodwin, D.A. Newsome, S.P. Markey, "Light suppresses melatonin secretion in humans", *Science*, n. 4475 (1980), pp.1267-1269.
9. Hebert, M., Martin, S. K., Lee, C. and Eastman, C. I., 2002. The effects of prior light history on the suppression of melatonin by light in humans. *Journal of Pineal Research*, 198-203, 2002.
10. Lockley, S. W., Brainard, G. C. and Czeisler, C. A., 2003. High sensitivity of the human circadian melatonin rhythm to resetting by short wavelength light. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 2003.
11. Rea M.S., Figueiro M.G., Bierman A., Hamner R., *Modelling the spectral sensitivity of the human circadian system*, *Lighting Research and Technology* 2011, 0, pp. 1-12.
12. D. Gall, Bieske K., "Definition and measurement of circadian radiometric quantities", *Proceedings of the CIE Symposium on Light and health-non visual effects*, 30 Settembre – 2 Ottobre Vienna, 2004, pp. 129-132.
13. Kozakov R., Franke S., Schöpp H, *Approach to an Effective Biological Spectrum of a Light Source*, *Leukos* 2008, 4, pp.255-263.
14. G.C. Brainard, J. P. Hanifin, J. M. Greeson, B. Byrne, G. Glickman, E. Gerner, et al., "Action spectrum for melatonin regulation in humans: Evidence for a novel circadian photoreceptor", *The Journal of Neuroscience* n. 21 (2001), pp. 6405-6412.
15. K. Thapan, J. Arendt, D. J. Skene, "An action spectrum for melatonin suppression: Evidence for a novel non-rod, non-cone photoreceptor system in humans", *The Journal of Physiology* n. 35 (2001), pp. 261-267.
16. M. S. Rea, M. G. Figueiro, J. D. Bullough, A. Bierman. "A model of phototransduction by the human circadian system". *Brain Research Rev*, 50 (2005), 213-218.

- 17.M. S. Rea, M. G. Figueiro, A. Bierman, J. D. Bullough. "Circadian light". *Journal of Circadian Rhythms*, 8 (2) (2010).
- 18.M. S. Rea, M. G. Figueiro, A. Bierman, R. Hamner. "Modeling the spectral sensitivity of the human circadian system". *Lighting Research & Technology*, 44 (2012), 386-396.

C3. Test per Antartide

1 Introduzione

L'attività vuole cominciare a investigare aspetti legati all'illuminazione in ambienti particolari: in questo caso le basi di ricerca in Antartide, dove la vita in situazioni ambientali particolari (periodo di buio, quindi solo illuminazione artificiale, oppure viceversa periodo di continua luce naturale anche durante la notte) può avere qualche impatto sulla percezione e ritmi circadiani.

2 Descrizione delle attività svolte

Sono state selezionate alcune possibili attività da svolgere nella prossima spedizione ENEA, che sarà operativa in Antartide nei mesi autunnali- invernali (corrispondenti a primavera-estate nell'emisfero Sud e quindi luce naturale anche durante la notte).

Le attività sono state scelte anche in base alla facilità di svolgimento, alla necessità o meno di materiali specifici, alla piacevolezza (potenziale) della partecipazione, all'interferenza con tutto il lavoro da svolgere da parte delle persone coinvolte.

Sono stati consultati ricercatori esperti nell'ambito (del Dipartimento di Ingegneria Astronautica Elettrica ed Energetica (DIAEE) dell'Università Sapienza di Roma, del Dipartimento di Medicina Clinica, Sanità Pubblica, Scienze della Vita e dell'Ambiente (MESVA) dell'Università degli Studi dell'Aquila, e del Dipartimento di Psicologia dell'Università Sapienza di Roma), del Colour Group Great Britain Committee. Come prima ipotesi, si è scelto di implementare le seguenti azioni:

1) Percezione visiva:

Esperimento plurilinguistico sulla denominazione dei colori. E' parte di una ricerca che indaga come le diverse culture definiscono e categorizzano i colori e che cerca di migliorare il dialogo interculturale sul colore. Si svolge con un test on line e un vero e proprio "gioco" con delle carte (quindi materiale piccolo, facilmente trasportabile) ed è organizzato da Colour Group Great Britain Committee: i risultati di questi test saranno condivisi con il Colour Group Great Britain Committee.

2) Ritmi circadiani:

Indagine sull'impatto che le condizioni estreme di luce naturale esercitano sulla condizione psicofisica dell'individuo, ed in particolare sul sonno, sul tono dell'umore e sulla presa di decisione degli individui. È infatti dimostrato che il naturale alternarsi di luce naturale/buio notturno sia il principale regolatore dei ritmi circadiani umani e che l'irregolarità di tale stimolo giornaliero comporti effetti negativi a livello fisiologico, cognitivo e comportamentale. Gli strumenti dell'indagine saranno alcuni brevi questionari compilabili in formato elettronico:

- a) questionario PSQI (Pittsburgh Sleep Quality Index), per valutare la qualità del sonno nell'ultimo mese
- b) diario del sonno, per stimare la qualità e quantità del sonno nella notte precedente
- c) scala MEQ (Morningness-Eveningness Questionnaire) di tipologia circadiana, per capire se il fatto di essere mattutini o serotini cambia durante il periodo di permanenza
- d) Scala KSS (Karolinska Sleepiness Scale), per valutare il livello di sonnolenza ed il trend circadiano dell'affaticamento

- e) Scala VGA (Vigor Global Affect), per valutare il livello di umore e di vigore fisico.

La presa di decisione sarà valutata attraverso il DICE test, che sarà eseguito dai partecipanti svolgendo un compito interattivo al computer della durata di circa 5 minuti.

Inoltre ai partecipanti verrà chiesto di compilare una scheda demografica.

Tutti i test ed i questionari verranno sottmessi in modalità anonima, utilizzando un nickname: i dati forniti saranno utilizzati esclusivamente per scopo scientifico ed ai soli fini dello studio in questione.

Sia i questionari che i test sono brevi e facili da compilare, così da richiedere un impegno minimo ai partecipanti; inoltre il DICE test ha carattere accattivante perché si presenta come un gioco in cui ai partecipanti viene richiesto di scommettere sul lancio di dadi prendendo decisioni più o meno rischiose rispetto alla posta in gioco.

3 Risultati

E' stato elaborato il seguente protocollo sperimentale:

La somministrazione dei materiali di indagine seguirà delle fasi e le prove saranno effettuata nel seguente ordine:

1. Baseline: una settimana prima della partenza
 - questionario PSQI
 - diario del sonno, la mattina entro 15 minuti dal risveglio (per almeno 5 gg consecutivi)
 - scala MEQ
 - scala KSS e scala VGA, ad orari fissi (9:00, 12:00, 15:00, 18:00, 21:00) (per almeno 2 gg consecutivi)
 - DICE test da eseguire in mattinata entro le 14:00
 - Test di percezione dei colori
2. 7 giorni dopo l'arrivo alla base in Antartide
 - diario del sonno, la mattina entro 15 minuti dal risveglio (per almeno 5 gg consecutivi)
 - scala KSS e scala VGA, ad orari fissi (9:00, 12:00, 15:00, 18:00, 21:00) (per almeno 2 gg consecutivi)
 - Eventualmente inseriamo qui la scala MEQ
 - DICE test, da eseguire in mattinata entro le 14:00
 - Test di percezione dei colori
3. Inizio dicembre
 - questionario PSQI
 - diario del sonno, la mattina entro 15 minuti dal risveglio (per almeno 5 gg consecutivi)
 - scala KSS e scala VGA, ad orari fissi (9:00, 12:00, 15:00, 18:00, 21:00) (per almeno 2 gg consecutivi)
 - DICE test, da eseguire in mattinata entro le 14:00
 - Test di percezione dei colori
4. Inizio gennaio
 - questionario PSQI
 - diario del sonno, la mattina entro 15 minuti dal risveglio (per almeno 5 gg consecutivi)
 - scala KSS e scala VGA, ad orari fissi (9:00, 12:00, 15:00, 18:00, 21:00) (per almeno 2 gg consecutivi)
 - DICE test, da eseguire in mattinata entro le 14:00
 - Test di percezione dei colori

5. Fine gennaio, prima del ritorno
 - questionario PSQI
 - diario del sonno, la mattina entro 15 minuti dal risveglio (per almeno 5 gg consecutivi)
 - scala MEQ
 - scala KSS e scala VGA, ad orari fissi (9:00, 12:00, 15:00, 18:00, 21:00) (per almeno 2 gg consecutivi)
 - DICE test, da eseguire in mattinata entro le 14:00
 - Test di percezione dei colori

4 Conclusioni

L'interazione tra i diversi gruppi di ricerca, che spaziano da competenze di tipo energetico, a medico, a psicologico, ha portato ad elaborare un protocollo sperimentale per una indagine che permetta di indagare sull'influenza delle condizioni estreme di luce naturale (sempre luce anche di notte, o di contro sempre buio anche di giorno) sui partecipanti da diversi punti di vista; verrà infatti valutato l'impatto delle condizioni di luce estrema dal punto di vista fisico, psicologico e percettivo.

Il protocollo prodotto è da considerarsi esaustivo per l'indagine nella sua completezza. Vista la natura altamente innovativa dell'attività sperimentale, l'indagine proposta per la prossima spedizione (che partirà in tempi molto stretti) dovrà essere considerata come propedeutica per le successive, e tenendo conto delle condizioni logistiche particolari dei partecipanti alla spedizione, potrà essere necessario produrre dei cambiamenti al programma, proponendone se necessario una versione più snella che non includa la fase di baseline prevista una settimana prima della partenza, che potrà invece essere proposta dopo qualche giorno di ambientamento già a destinazione raggiunta. Il protocollo potrà inoltre essere ulteriormente adattato alle esigenze logistiche e di tempo dei partecipanti, qualora se ne presentasse la necessità.

5 Bibliografia

- R. W. Corbett, B. Middleton, J. Ardent, "An hour of bright white light in the early morning improves performances and advances sleep and circadian phase during Antarctic winter", *Neuroscience Letters* 525 (2012), pp. 146-151.
- S. Y. R. Yoon, C. M. Shapiro, "Chronobiology of Sleep – Circadian Rhythms, Behaviour, and Performance" *Enciclopedia of Sleep* (2013), pp. 426-434.
- A. A. Borbély, P. Achermann, "Concepts and models of sleep regulation: an overview", *Journal of Sleep Research* 1 (1992), pp. 63-79.
- C. A. Czeisler, G. S. Richardson, J. C. Zimmermann, M. C. Moore-Ede, E. D. Weitzmann, "Entertainment of human circadian rhythms by light-dark cycles: a reassessment", *Photochemistry and Photobiology*, 34 (1981), pp. 239-247.
- S. L. Chellappa, R. Steiner, P. Blattner, P. Oelhafen, T. Götz, C. Cajochen, "Non-Visual Effects of Light on Melatonin, Alertness and Cognitive Performance: Can Blue-Enriched Light Keep Us Alert?", *Plos ONE* 6 (2011), pp. 1-11.
- G. Vandewalle, P. Maquet, D-J. Dijk, "Light as a modulator of cognitive brain function", *Trends in Cognitive Science* 13 (2009), pp. 429-438.

C4. STUDIO SUGLI INDICI DI RESA DEI COLORI

Il laboratorio MIPS del Dipartimento di Informatica, Università di Milano, ha svolto in questa annualità uno studio riguardante approcci alternativi all'indice di resa cromatica (CRI), presentato nel Report di A. Rizzi, C. Bonanomi, Dipartimento di Informatica, Università degli Studi di Milano "INDAGINE SULLE VARIAZIONI

LOCALI DELL'INDICE DI RESA CROMATICA E APPROCCI PER SUE POSSIBILI MODELLIZZAZIONI, RdS/PAR2014/032, Settembre 2015. Nessuno degli indici attualmente disponibili, valuta il contesto, cioè ciò che circonda lo stimolo visivo considerato, un fattore considerato da noi molto importante, per la valutazione dell'apparenza finale. Oggetto principale dello studio è la presentazione di un esperimento per verificare se il contesto può modificare la percezione della resa visiva di una sorgente di luce. Lo scopo del lavoro è valutare se questo parametro è rilevante ai fini della valutazione della resa cromatica, poiché, in caso di risposta affermativa, gli indici che verranno sviluppati nel futuro, dovranno tenerne conto. In questo report è descritto il lavoro svolto.

C5. STUDIO SU EFFETTI NON VISIVI DELLA LUCE

La ricerca dimostra che esiste una stretta relazione tra radiazione luminosa e ritmi circadiani, la quale influenza del comportamento umano e stimolazione del funzionamento cerebrale; tali effetti non-visivi sembrano dipendere principalmente dall'intensità luminosa, dalla composizione spettrale, dalla durata dell'esposizione e dall'ora del giorno in cui essa avviene, ma ad oggi non sono ancora chiari gli effetti su specifiche funzioni cognitive, né si può considerare sufficientemente nota l'influenza della nuova tecnologia LED.

In questa annualità è stata svolta una attività di ricerca sull'argomento, presentata nel Report F. Bisegna (DIAEE), C. Burattini (DIAEE), G. Curcio (), L. Piccardi (), F. Ferlazzo (), A.M. Giannini (), F. Gugliermetti (DIAEE) APPROFONDIMENTO SPERIMENTALE SULLA CAPACITÀ DELLE NUOVE SORGENTI DI ILLUMINAZIONE ARTIFICIALE LED DI INFLUENZARE LE PERFORMANCE, LA QUALITÀ E QUANTITÀ DEL SONNO, Report RdS/PAR2014/033, Settembre 2015.

In quest'ambito, precedenti studi svolti dallo stesso gruppo hanno evidenziato che, rispetto all'illuminazione prodotta con sorgenti alogene, un'illuminazione LED con temperatura correlata di colore (CCT) neutra (4000K), produce effetti positivi su alcuni aspetti dell'attenzione, quali le funzioni esecutive e la vigilanza visiva: con l'illuminazione LED è stata riscontrata la capacità di produrre molteplici rappresentazioni mentali contemporaneamente e di incrementare il livello di vigilanza durante l'esecuzione di un compito di attenzione.

La presente attività approfondisce gli studi svolti precedentemente considerando sorgenti con differente composizione spettrale e temperatura di colore: in un primo esperimento sono state confrontate le stesse lampade utilizzate nei lavori precedenti, alogene e LED neutro, ed in un secondo esperimento lo studio è stato ripetuto con due scenari luminosi LED, con temperatura correlata di colore calda (3000 K) e fredda (6800), per investigare la differente influenza che tali sorgenti hanno a livello psicofisiologico. In entrambi gli esperimenti sono stati analizzati sia gli effetti immediati sulle capacità attentive in un compito di vigilanza cross-modale, sia gli effetti conseguenti sul sonno. I risultati di questo studio mostrano un effetto positivo delle illuminazioni sperimentali (LED 4000 K e LED 6800 K) sulle prestazioni di vigilanza visiva, ma non sulla vigilanza acustica, se paragonato alle illuminazioni calde (alogena 2800 K e LED 3000 K), e l'assenza di effetti significativi dell'illuminazione, sia alogena sia LED, sul sonno dei soggetti partecipanti.

La conoscenza approfondita dell'influenza che la luce ha sulla mente umana a livello cognitivo apre la strada ad una nuova tipologia di progettazione illuminotecnica, finalizzata tanto al comfort visivo quanto al benessere fisiologico e all'efficienza cognitiva.

SEZIONE D: diffusione e formazione, GIS

D1. La diffusione della cultura energetica presso l'ENEA di Ispra

1 Introduzione

In questa sezione si inquadra il lavoro svolto all'interno dell'Accordo di Programma. Alcuni eventi sono stati svolti in collaborazione con Progetti Europei, di cui è riportato il logo nel seguito.

2 Descrizione delle attività svolte e risultati

L'Unità Tecnica Tecnologie avanzate per l'Energia e l'industria - Laboratorio Sistemi Sperimentali per l'Uso Razionale dell'Energia (UTTEI – SISP)⁷, in collaborazione con l'Unità Tecnica Efficienza Energetica (UTEE) e con la Direzione Centro, ha promosso e realizzato una serie di attività di formazione e/o informazione presso la sede di Ispra che ha coinvolto 252 tra studenti, professori e funzionari della Pubblica Amministrazione.

Tali percorsi sono stati finalizzati a promuovere le conoscenze dell'ENEA e delle tematiche istituzionali con particolare riferimento al settore dell'efficienza energetica ed al settore dell'illuminazione, essendo stato dichiarato il 2015 l'Anno Internazionale della Luce dall'UNESCO.



I programmi di diffusione sono stati adattati agli interlocutori e prevedevano una parte teorica in aula, in collaborazione con l'Unità Tecnica Efficienza Energetica (UTEE) ed una pratica nei laboratori dell'Unità tecnica UTTEI- SISP di Ispra.

La collaborazione con UTEE si riferisce alla partecipazione ai progetti europei Come On Labels, Atlete II, e in particolare Green ProCA, allo scopo di promuovere la conoscenza dell'etichettatura energetica dei principali elettrodomestici e dell'utilizzo di criteri ambientali nelle procedure di acquisto.

Con il supporto di UTTEI-SISP e UTEE di Ispra oltre che dell'Unità Tecnica Tecnologie Saluggia, la Direzione Centro ha partecipato alla giornata per le Green Schools organizzata dalla Commissione Europea – Direzione Generale – Centro Comune di Ricerche di Ispra.

Tutte le attività, presentate nel dettaglio nei successivi paragrafi, sono state annunciate e documentate sul sito web ENEA di Ispra <http://www.enea.it/it/laboratori-di-ricerca-di-ispra>, oltre che nel sito del progetto europeo Green ProCA <http://gpp-proca.eu/it/>

⁷ dal 1 luglio 2015, con la nuova struttura ENEA, parte di DTE-SEN-SCC

Formazione / Informazione ENEA Ispra - 2014 - 2015					
Data	Evento	Scuola / Istituto	Classe	Provenienza	N. formati
24/11/14	Formazione a richiesta	IIS C.A. Dalla Chiesa	III - IV - V	Sesto Calende (VA)	53
21/01/15	Formazione a richiesta	Liceo Scientifico	IV sezione F e G	Bisuschio (VA)	43
13/02/15	Formazione a richiesta	V Liceo e Università	Varie	ROMA via web	70
18/03/15	Formazione a richiesta	ITS Geometri "A. Bernini"	III - IV	Rovigo	54
16/04/15	Formazione a richiesta	Green Schools	coordinatore Ag21Laghi - funzionari Provincia - Scuole diverso grado	Provincia di Varese e comuni di Agenda 21Laghi	12
08/05/15	Formazione a richiesta	Comune di Magenta (MI)	Tecnici comunali ed amministratori	Area Metropolitana Milanese	12
21-28/05/15	Formazione a richiesta	Agenzia Formativa Provincia Varese – sede Luino	Il anno – corso Impianti elettrici	Luino (VA)	8
					252
21/09/2014	Energia a km0	Agenda 21Laghi	Evento al pubblico	Besozzo (VA)	

Tabella 8 – Elenco corsi formativi – informativi 2014-2015

2.1 La giornata formativa dell'Istituto d'istruzione Superiore C.A. Dalla Chiesa di Sesto Calende (VA)

Il 24 novembre 2014 50 ragazzi e 3 insegnanti dell'ISIS di Sesto Calende hanno approfondito le loro conoscenze sulle tematiche energetiche tramite la partecipazione ad una lezione sull'etichettatura energetica, l'eco-design e gli acquisti verdi, gli strumenti a disposizione dei consumatori per identificare i prodotti efficienti.

La giornata è proseguita con una presentazione dei fondamenti d'illuminotecnica e delle relative prove pratiche nel laboratorio CORVO. Il corso si è concluso con la presentazione dell'assegnazione del Premio Nobel per la fisica 2014 agli inventori del LED a luce blu.





in pratica...acquisti verdi



Formazione ed informazione: ISIS Sesto Calende – Ispira, 24 novembre 2014

Nell'ambito del progetto comunitario Green ProcA e in collaborazione con l'ISIS di Sesto Calende, ENEA organizza a Ispira un corso di formazione sul green procurement dedicato specificamente ai prodotti per l'illuminazione.

La giornata è aperta a tutti gli insegnanti e studenti che desiderano approfondire la conoscenza degli strumenti utilizzabili per individuare i beni e servizi eco-efficienti sul mercato, fra cui soprattutto le etichette energetiche ed ambientali comunitarie.

Programma della giornata studio sull'illuminazione

9:30 - 09:45	Introduzione: le attività dell'ENEA
09:45 - 10:00	Il Progetto Green ProcA
10:00 - 10:30	Efficienza energetica, etichettatura ed ecodesign
10:30 - 11:00	Fondamenti di Illuminotecnica
	Coffee break
11:30 - 12:30	Fantasia di Simonetta
12:30 - 13:30	Visita ai laboratori di prova CORVO, strumentazioni
	Pranzo di sacco
14:30-15:00	Il Nuovo data Price 2014 agli scopritori dei LED- BLU
15:00	Conclusione

Il progetto "Green ProcA – in pratica...acquisti verdi"

Lo scopo del progetto ProcA – in pratica...acquisti verdi è di promuovere e diffondere l'uso del Green Public Procurement (GPP) fra le autorità pubbliche.

ProcA si rivolge soprattutto ai firmatari del Patto dei Sindaci (in Inglese Covenant of Mayors) o in breve CoM) che hanno incluso gli acquisti verdi fra le azioni previste dal loro PAES (Piano d'Azioni per l'Energia Sostenibile), ma anche ai soggetti pubbliche hanno intenzione di aderire al Patto o che hanno stabilito degli obiettivi volontari di miglioramento dell'efficienza energetica e di riduzione delle emissioni di CO₂ e più in generale a tutti coloro che considerano essenziale integrare i criteri ambientali nei processi di acquisto, incoraggiando la diffusione di tecnologie e lo sviluppo di prodotti verdi sotto il profilo ambientale, attraverso la ricerca e la scelta dei risultati e delle soluzioni che hanno il minore impatto possibile sull'ambiente lungo l'intero ciclo di vita. In particolare:

- ProcA offre informazioni ed assistenza per l'implementazione del GPP
- ProcA offre consigli, supporto e formazione per i responsabili degli acquisti
- ProcA supporta le Autorità pubbliche nella realizzazione di progetti pilota di green procurement di grande rilievo.

Contatti

Per maggiori approfondimenti potete consultare il sito nazionale del progetto ProcA:
www.gpp-proca.eu/it
 oppure scrivere all'indirizzo e-mail dedicato: informazioni_ENEA.Ispira@enea.it

The sole responsibility for the content of this publication lies with the authors. It does not necessarily reflect the opinion of the European Union. Neither the ENCI nor the European Commission are responsible for any use that may be made of the information contained therein.



Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Figura 58 - Programma formativo ISIS Sesto Calende del 24 novembre 2015

I ragazzi hanno particolarmente apprezzato le dimostrazioni delle prestazioni delle lampade.



Figura 59 – Immagini della giornata formativa del 24 novembre 2014

2.2 La giornata formativa del Liceo Scientifico di Bisuschio (VA)

Il seminario del 21 gennaio 2015, organizzato per 40 studenti della classe IV sezione F e G con i loro 3 insegnanti del Liceo scientifico di Bisuschio, è stato finalizzato alla diffusione della conoscenza delle caratteristiche degli elettrodomestici del freddo.

Dopo una prima parte teorica finalizzata alla presentazione delle attività istituzionali dell’Agenzia ENEA e dei progetti e delle politiche comunitarie di promozione dell’efficienza energetica con particolare riferimento agli apparecchi per la conservazione dei cibi, i ragazzi hanno potuto approfondire le attività svolte nel laboratorio sperimentale ENEA ICELAB. I ricercatori e tecnici ENEA hanno presentato il ciclo del frigorifero, le prove di conformità alla normativa e le pompe di calore e macchine termodinamiche.

Durante la visita è stato consegnato il materiale istituzionale e una guida per l’ottimizzazione del rendimento del frigorifero e le istruzioni per una corretta manutenzione dell’apparecchio domestico.



Formazione ed informazione: | SIS Bisuschio – Ispra, 21/01/2015

Nell’ambito del progetto comunitario Green ProcA e in collaborazione con il Liceo Scientifico di Bisuschio, ENEA organizzata a Ispra un corso di formazione **sul green procurement dedicato specificamente agli elettrodomestici del freddo.**

La giornata è destinata agli insegnanti ed ai 40 studenti della classe IV che desiderano approfondire la conoscenza degli strumenti utilizzabili per individuare i beni e servizi eco-efficienti sul mercato, fra cui soprattutto le etichette energetiche ed ambientali comunitarie.

Programma del 21 gennaio 2015 9.00 – 12.00

8:45 – 9:00	Registrazione
9:00 – 9:15	Introduzione: le attività dell’ENEA
9:15 – 9:30	Il Progetto Green ProcA
9:30 – 09:45	Efficienza energetica: etichettatura ed ecodesign
09:45 – 11:45	Attività sperimentali nel laboratorio del freddo ICELAB
11:45 – 12:00	Discussione e conclusione

Il progetto “Green ProcA – in pratica...acquisti verdi”

Lo scopo del progetto ProcA – *In pratica...acquisti verdi* è di promuovere e diffondere l’uso del Green Public Procurement (GPP) fra le autorità pubbliche.

ProcA si rivolge soprattutto ai firmatari del Patto dei Sindaci (in inglese Covenant of Mayors o in breve CoM) che hanno incluso gli acquisti verdi fra le azioni previste dal loro PAES (Piano d’Azione per l’Energia Sostenibile), ma anche ai soggetti pubblici che hanno intenzione di aderire al Patto o che hanno stabilito degli obiettivi volontari di miglioramento dell’efficienza energetica e di riduzione delle emissioni di CO₂ e più in generale a tutti coloro che considerano essenziale integrare i criteri ambientali nei processi di acquisto, incoraggiando la diffusione di tecnologie e lo sviluppo di prodotti validi sotto il profilo ambientale, attraverso la ricerca e la scelta dei risultati e delle soluzioni che hanno il minore impatto possibile sull’ambiente lungo l’intero ciclo di vita.

In particolare:

- ProcA offre informazioni ed assistenza per l’implementazione del GPP
- ProcA offre consigli, supporto e formazione per i responsabili degli acquisti
- ProcA supporta le Autorità pubbliche nella realizzazione di progetti pilota di green procurement di grande rilievo.

Contatti

Per maggiori approfondimenti potete consultare il sito nazionale del progetto ProcA:

www.gpp-proca.eu/it

oppure scrivere all’indirizzo e-mail dedicato: informazioni_ENEA.ispra@enea.it

The sole responsibility for the content of this publication lies with the authors. It does not necessarily reflect the opinion of the European Union. Neither the EACI nor the European Commission are responsible for any use that may be made of the information contained therein.



Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Figura 60 - Programma formativo Liceo Scientifico di Bisuschio del 21 gennaio 2015



Figura 61 – Immagini della giornata formativa del 21 gennaio 2015

2.3 “Illuminazione intelligente”: una visita virtuale ai Laboratori ENEA a Ispra per “A scuola di Efficienza”

Il 13 febbraio 2015, in occasione della manifestazione “M’illumino di meno” promossa da Caterpillar la trasmissione di Radio 2, 120 ragazzi dalle elementari all’università hanno fatto lezione alla sede ENEA di Roma.

I ragazzi hanno potuto sperimentare tecnologie e strumenti di diagnosi energetica, vedere filmati sull’efficienza e le bollette, e, in particolare, visitare ‘virtualmente’ i laboratori ENEA di Ispra dove si lavora alle nuove tecnologie LED.

Come da programma la sede di Ispra ha partecipato in video collegamento alla Sessione Parallela “Illuminazione intelligente” indirizzata alle Classi V liceo e studenti universitari romani.

Ai ragazzi è stato anche distribuito il “Piccolo manuale di Intelligenza energetica” con indicazioni su consumi, lotta agli sprechi scaricabile anche su smartphone e tablet.

La giornata rientra fra le iniziative che ENEA ha proposto al Ministero dello Sviluppo economico per l’attuazione del Piano Triennale di formazione e comunicazione sull’efficienza energetica previsto dal Decreto Legislativo 102/2014 che recepisce la direttiva europea sul tema.

Caterpillar coinvolto in una simpatica diretta i ragazzi presenti: gli studenti delle elementari e medie della scuola “Guido Alessi”, del liceo “Lucrezio Caro” e dell’Università “La Sapienza” che hanno anche potuto partecipare al test energetico-psicologico . “E tu che lampadina sei?”, realizzato dall’ENEA per spiegare la differenza fra le lampadine tradizionali e i nuovi LED.



13 Febbraio 2015

Via Giulio Romano, 41 - Roma

PROGRAMMA

9.00	Accoglienza	
9.30	Saluto di benvenuto	Maria Cristina Corazza, Sub Commissario ENEA Marco Otterio, Direttore Centro Ricerche ENEA Casaccia
9.40	L'energia in bolletta	Maria Cristina Corazza, Sub Commissario ENEA
10.00	Collegamento radiofonico con la trasmissione di Radio2 "M'illumino di meno"	In sala Federico, RP di Caterpillar Radio2 
10.10	Contesto e risparmio consapevole	Livio De Santoli, Sapienza Università di Roma Ilaria Bertini, ENEA
10.30	Pause	
Sessioni parallele		
10.45-12.00	Biblioteca, il piano Comfort indoor con dimostrazioni	Classi V elementare e II media Antonella Tundo, ricercatrice ENEA
10.45-11.15	Salone Centrale Illuminazione intelligente	Classi V liceo e studenti universitari Sisonetta Farnagalli, Ricercatrice ENEA (video collegamento dai Laboratori ENEA Ispra)
11.15-12.00	Tecnologie di frontiera per l'energia Green job: lavorare con l'efficienza energetica	Giampiero Celata, Responsabile Unità Tecnica Technologie Avanzate per l'Energia e l'Industria, ENEA Antonio Diò, Architetto, ENEA
Sessione plenaria		
12.00-12.30	Dibattito: gli studenti raccontano le loro impressioni e le loro proposte	Moderata: Antonio Diò, ENEA
12.30	Conclusioni	Maria Cristina Corazza, Sub Commissario ENEA

Figura 62 – Il programma delle Scuole Primarie del 13 febbraio 2015

2.4 La giornata formativa dell'Istituto Tecnico Statale Geometri "A. Bernini di Rovigo"

Il 18 marzo 2015 la sede ENEA di Ispra ha organizzato per 50 studenti e 4 insegnanti dell'ITS Geometri un seminario dal titolo "Dietro le quinte dell'Etichetta Energetica". I ragazzi frequentavano la classe II e IV del corso Impianti, Progettazione e tecnologia delle Costruzioni. Il programma proposto in accordo con il coordinatore del Gruppo ha incluso la parte teorica sull'etichetta energetica e l'eco-design come strumenti per la promozione dell'efficienza energetica, ed una parte pratica, sperimentale. Nel laboratorio CORVO è stata presentata una dimostrazione pratica per permetterci di scegliere la lampadina più adatta alle esigenze dei consumatori. Nel laboratorio ICELAB sono state invece illustrate le prove di conformità alla normativa delle prestazioni dei frigoriferi e dei forni elettrici.

La visita è proseguita al CCR per la visita al Laboratorio Europeo per le verifiche struttura ELSA.



Formazione / informazione: ITS Geom. Bernini Rovigo – Ispra, 18 marzo 2015

Nell’ambito del progetto comunitario Green ProcA e in collaborazione con l’Istituto Tecnico Statale per Geometri A. Bernini di Rovigo, ENEA organizzata a Ispra un corso di formazione sul green procurement dedicato specificamente agli elettrodomestici: frigoriferi, forni e apparecchi d’illuminazione.

La giornata è destinata agli insegnanti ed ai 45 studenti della classe III e IV che desiderano approfondire la conoscenza degli strumenti utilizzabili per individuare i beni e servizi eco-efficienti sul mercato, fra cui soprattutto le etichette energetiche ed ambientali comunitarie.

Programma del 18 marzo 2015 – DIETRO LE QUINTE DELL’ETICHETTA ENERGETICA

14:00 - 14:15	Registrazione
14:15 - 14:30	Introduzione: le attività dell’ENEA
14:30 - 14:45	Il Progetto Green ProcA
14:45 - 15:00	Efficienza energetica: etichettatura ed ecodesign
15:00 - 16:00	Attività sperimentali nel laboratorio del freddo ICELAB e del caldo FIRELAB
16:00 - 17:00	Attività sperimentali nel laboratorio della luce CORVO
17:00 - 18:00	Visita del Laboratorio Europeo per le verifiche strutturali ELSA (CCR)

Il progetto “Green ProcA – in pratica ... acquisti verdi”

Lo scopo del progetto GreenProcA – *In pratica...acquisti verdi* è di promuovere e diffondere l’uso del Green Public Procurement (GPP) fra le autorità pubbliche. GreenProcA si rivolge soprattutto ai firmatari del Patto dei Sindaci che hanno incluso gli acquisti verdi fra le azioni previste dal loro PAES (Piano d’Azione per l’Energia Sostenibile), ma anche ai soggetti pubblici che hanno intenzione di aderire al Patto o che hanno stabilito degli obiettivi volontari di miglioramento dell’efficienza energetica e di riduzione delle emissioni di CO₂ e più in generale a tutti coloro che considerano essenziale integrare i criteri ambientali nei processi di acquisto. In questo modo viene incoraggiato lo sviluppo di prodotti più rispettosi dell’ambiente e la ricerca di soluzioni tecnologiche a minore impatto sull’ambiente lungo l’intero ciclo di vita. In particolare il progetto GreenProcA:

- offre informazioni ed assistenza per l’implementazione del GPP
- offre consigli, supporto e formazione per i responsabili degli acquisti
- supporta le Autorità pubbliche nella realizzazione di progetti pilota di green procurement di grande rilievo.

Contatti

Per maggiori approfondimenti potete consultare il sito nazionale del progetto GreenProcA:

www.gpp-proca.eu/it

oppure scrivere all’indirizzo e-mail dedicato: informazioni_ENEA.ispra@enea.it

The sole responsibility for the content of this publication lies with the authors. It does not necessarily reflect the opinion of the European Union. Neither the EACI nor the European Commission are responsible for any use that may be made of the information contained therein.



Figura 63 - Programma formativo ITG Rovigo del 18 marzo 2015



Figura 64 – Immagini della giornata formativa del 18 marzo 2015

2.5 Presentazione dell'offerta formativa alle Green Schools di Agenda 21Laghi

Il Centro Comune di Ricerca CCR di Ispra, in occasione di EXPO2015 ha invitato le Green School, le scuole appartenenti ai comuni aderenti ad Agenda 21Laghi a partecipare ad una visita guidata ai laboratori disponibili ad offrire percorsi formativi nelle rispettive scuole.

L'Unità UTTEI-SISP ha aderito all'iniziativa ed ha predisposto un pacchetto di 6 schede formative sul ciclo del frigorifero, le prove per determinare il consumo energetico dei frigoriferi e dei forni, la definizione e la misurazione della luce, gli esempi sperimentali con la luce, gli standard europei sulla illuminazione. I moduli sono adattabili ai diversi livelli di istruzione. Il fascicolo è stato pubblicato sul sito della sede di Ispra <http://www.enea.it/it/laboratori-di-ricerca-di-ispra/documenti/eventi/SchedaLaboratoriIspra.pdf>

Oltre al coordinatore di Agenda 21Laghi, hanno partecipato 9 insegnanti in rappresentanza della Scuola media "Monteggia" di Laveno, l'Istituto comprensivo Induno, la Secondaria 1° grado Castelveccana, la Secondaria primo grado Germignaga e Castelveccana, la Scuola dell'infanzia di Ispra, la Scuola dell'infanzia "Scotti" di Laveno, la Scuola media di Castelveccana, il Liceo artistico di Busto Arsizio e due rappresentanti del Comune di Varese.



Figura 65 – Offerta formativa UTTEI-SISP per EXPO2015



Green Schools - Agenda21Laghi



JRC Ispra, 16 aprile 2015



Benvenuto

Dan Chirvadajer, Direttore del sito di Ispra

Introduzione all'incontro

Fulvio Paglieri, Coordinatore di Agenda21Laghi

Energie rinnovabili ed Efficienza energetica

Istituto per l'Energia e il trasporto (IET)
Isabella Macchio - Ewan Dunlop

Visita del laboratorio European Solar Test Installation Laboratory (ESTI)

Nutrizione e salute - Cibo sano

Istituto per la salute e la protezione del consumatore (IHCP)
Sandra Caldeira - Petros Merigioudakis

Giochiamo con la luce

ENEA - Laboratorio sistemi sperimentali per l'uso razionale della luce
Patrizia Pistachini - Laura Bizio - Giuseppe Leonard

Joint Research Centre

The European Commission's
in-house science service

Contact
Communication Unit
Brussels Tel. +32 (0) 229 74161
Ispra Tel. +39 0332 76 9889
Email: jrc-info@ec.europa.eu

<https://ec.europa.eu/jrc>

Joint
Research
Centre

Figura 66 – Immagini dell'incontro con le Green Schools del 16 aprile 2015

2.6 La giornata formativa al comune di Magenta (MI)

Nell'ambito della collaborazione con il Comune di Magenta, coinvolto anche come Comune aderente al Patto dei Sindaci e coinvolto nel progetto Green ProcA, e l'Associazione Energia Felice, è stata organizzata una giornata di formazione ed informazione per i 12 funzionari ed i tecnici comunali limitrofi. Sono stati trattati i temi dell'efficienza energetica e del green procurement con particolare riferimento all'illuminazione e all'IT.

Formazione ed informazione: Comune di Magenta, 08 maggio 2015

Nell'ambito del progetto comunitario Green ProcA, ENEA organizza in collaborazione con il Comune di Magenta e l'Associazione Energia Felice, un evento di informazione e formazione sui temi dell'efficienza energetica e del green procurement.

La giornata è destinata ai funzionari e dipendenti comunali che desiderano approfondire la conoscenza delle etichette energetiche ed ambientali comunitarie quali strumenti utilizzabili per individuare e acquistare beni e servizi eco-efficienti sul mercato.

Programma 09:00 - 13:00 - Sala Consiglieri

9:00-9:15	Registrazione
9:15-9:30	Introduzione alla giornata - il Comune di Magenta
09:30-10:00	Le attività dell'ENEA per l'efficienza energetica - d.ssa P. Piattochini
10:00-10:15	Il Progetto Green ProcA - d.ssa M. Presutto
10:15-10:45	Acquisti verdi: sfide e opportunità, efficienza energetica - d.ssa M. Presutto
10:45-11:00	Pause caffè
11:00-11:30	Esempio: l'illuminazione - d.ssa S. Fumagalli
11:30-12:00	Esempio: IT e altri prodotti - d.ssa M. Presutto
12:00-13:00	Discussione e conclusione

Il progetto "Green ProcA - in pratica...acquisti verdi"

Lo scopo del progetto Green ProcA - in pratica...acquisti verdi è di promuovere e diffondere l'uso del Green Public Procurement tra i soggetti pubblici. Il progetto si rivolge soprattutto ai comuni firmatari del Patto dei Sindaci che hanno incluso gli acquisti verdi fra le azioni previste dal loro PAES, ma anche ai soggetti pubblici che hanno stabilito degli obiettivi volontari di miglioramento dell'efficienza energetica e di riduzione delle emissioni di CO₂, e più in generale a tutti coloro che desiderano integrare i criteri ambientali nei processi di acquisto di beni e servizi. In particolare Green ProcA:

- offre informazioni ed assistenza per l'implementazione di azioni di GPP basate sul Ciclo del Costo del Prodotto
- offre consigli, supporto e formazione per i responsabili degli acquisti
- supporta le Autorità pubbliche nella realizzazione di progetti pilota di green procurement di grande rilievo.

Contatti:

Per ulteriori informazioni potete consultare il sito nazionale del progetto ProcA:

www.gpp-proca.eu/it

oppure scrivere all'indirizzo e-mail dedicato: informazioni_ENEA.ispra@enea.it

The sole responsibility for the content of this publication lies with the authors. It does not necessarily reflect the opinion of the European Union. Neither the ECU nor the European Commission are responsible for any use that may be made of the information contained therein.

 Finanziato dalla Integrale Energy Europe Programme of the European Union

Figura 67 - Programma formativo Comune di Magenta dell'8 maggio 2015



Figura 68 – Immagini della giornata formativa dell' 8 maggio 2015

2.7 *La giornata formativa dell'Agencia Formativa della provincia di Varese, sede di Luino (VA)*

Tramite l'Istituto Tecnologico C.A. dalla Chiesa di Sesto Calende (VA), con il quale l'Unità UTTEI ha firmato una convenzione, sono stati presi contatti con l'Agencia Formativa della Provincia di Varese, già partner di un progetto di formazione finanziato dal Fondo Sociale Europeo <http://www.foruse.enea.it/partner.htm> Tramite il professore del secondo anno del corso di impianti elettrici presso la sede di Luino ed un secondo insegnante, è stato predisposto uno specifico programma formativo sull'illuminazione per i sei ragazzi per il 21 maggio a Luino e il 28 maggio a Ispra.

La prima sessione, a Luino, è stata dedicata alla presentazione delle attività istituzionali e alla contestualizzazione del tema dell'efficienza energetica, seguita dalla spiegazione dei fondamenti d'illuminotecnica e dallo specifico modulo nell'ambito della sicurezza sul lavoro.

Presso i laboratori ENEA di Ispra è stata invece presentata una sessione teorica sull'etichettatura energetica e gli standard europei, seguita da due parti sperimentali sulla misurazione della luce ed alcuni esempi sperimentali.



Formazione & Informazione: Agenzia Formativa Prov. VA di Luino, 21 e 28 maggio 2015

Nell'ambito del progetto comunitario Green ProcA e in collaborazione con l'Agenzia Formativa di Luino, ENEA organizza un evento di informazione e formazione "Conoscere la Luce" dedicato ai temi dell'efficienza energetica e del green procurement specificamente per l'illuminazione.

L'evento, è diviso in due sessioni: la prima presso la sede dell'Agenzia a Luino è dedicata alla spiegazione dei concetti di base di illuminotecnica e la seconda, presso i laboratori ENEA di Ispra, di approfondimento delle tematiche dell'eco-design ed etichettatura energetica ed ambientale applicate alle sorgenti luminose e agli apparecchi di illuminazione seguita da esempi pratici in laboratorio.

CONOSCERE LA LUCE, Sessione A, 21 maggio, Luino

10:00 - 10:30	ENEA e le attività istituzionali per l'efficienza energetica (P. Pistochini)
10:30 - 11:30	Fondamenti di illuminotecnica (L. Blaso)
11:30 - 12:30	Sicurezza sul lavoro: modulo illuminotecnica (L. Blaso)

CONOSCERE LA LUCE, Sessione B, 28 maggio, ENEA-Ispra

08:45 - 09:00	Registrazione e introduzione alla giornata (P. Pistochini)
09:00 - 10:00	Etichettatura energetica, strumento per l'efficienza energetica e il green procurement (M. Presutto) – Sala Rossa
10:00 - 10:30	La luce: definizione e misurazione (G. Leonardi) – Lab. Corvo/A
10:30 - 11:00	Gli standard europei sull'illuminazione (S. Fumagalli) – lab. Corvo/A
11:00 - 11:30	La luce: esempi sperimentali (O. Li Rosi – A. Antonelli) – Lab. Corvo/B
11:30 - 12:00	Discussione e Conclusioni
12:00 - 13:00	Pranzo in mensa

Il progetto "Green ProcA – in pratica ... acquisti verdi"

Lo scopo del progetto GreenProcA – in pratica... acquisti verdi è di promuovere e diffondere l'uso del Green Public Procurement (GPP) fra le autorità pubbliche. GreenProcA si rivolge soprattutto ai firmatari del Patto dei Sindaci, ma anche ai soggetti pubblici che hanno intenzione di aderire al Patto o che hanno stabilito degli obiettivi di miglioramento dell'efficienza energetica e di riduzione delle emissioni di CO₂ e più in generale a tutti coloro che considerano essenziale integrare i criteri ambientali nei processi di acquisto di beni e servizi. In particolare il progetto GreenProcA:

- offre informazioni ed assistenza per l'implementazione del GPP
- offre consigli, supporto e formazione per i responsabili degli acquisti
- supporta le Autorità pubbliche per progetti pilota di green procurement di grande rilievo.

Contatti

Per maggiori approfondimenti potete consultare il sito nazionale del progetto GreenProcA:
www.gpp-proca.eu/it

oppure scrivere all'indirizzo e-mail dedicato: informazioni_ENEA.ispra@enea.it

The sole responsibility for the content of this publication lies with the authors. It does not necessarily reflect the opinion of the European Union. Neither the EACI nor the European Commission are responsible for any use that may be made of the information contained therein.

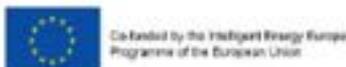


Figura 69 - Programma formativo Agenzia Formativa di Rovigo – 21 e 28 maggio 2015



Figura 70 – Immagini della giornata formativa del 21 e 28 maggio 2015

2.8 Energia a km0 – Besozzo

Domenica 21 settembre 2014 la sede di Ispra ha partecipato con il CCR alla manifestazione Energia a km0, organizzata da Agenda21Laghi a Besozzo. Sono stati esposti e divulgati i pannelli e il materiale informativo



sull'etichettatura energetica delle lampade e degli apparecchi di illuminazione oltre che l'attività svolta da ENEA nel settore delle biomasse. Sono stati inoltre redatti tre articoli sull'etichetta energetica delle lampade, l'efficienza energetica degli edifici e le pompe di calore che sono stati inseriti nella pubblicazione "Foglio notizie del Comune di Besozzo".



Figura 71 – Immagini della manifestazione Energia km0 del 21 settembre 2014

Il 27 settembre 2015 la sede di Ispra partecipa nuovamente alla manifestazione del 2015 con un proprio stand nel quale sono esposti nuovi pannelli informativi sull'imballaggio delle lampade, i LED e la dismissione delle incandescenti. Per le scuole viene predisposto il laboratorio interattivo "Esperienze con la Luce".⁸

⁸ le foto dell'evento 2015 non sono ancora incluse nel report (30 settembre 2015)

2.9 Relazioni con l'esterno

Tramite il sito web di Ispra sono pervenute alla Direzione le richieste di visite al centro o informazioni su stage e tirocini. Nel periodo settembre 2014 – agosto 2015 sono state inviate:

- n.1 richiesta di stage da parte dell'Università degli studi di Milano Bicocca sul biogas
- n.1 richiesta di tesi di laurea su tematiche ambientali ma limitata al territorio e inviata al CCR
- n.3 richieste d'informazioni sull'Open Day annuale del CCR / Visitor Center ed EXPO2015
- n.9 richieste di visita ai laboratori delle quali tre sono state realizzate (Bisuschio, Rovigo e Luino) e riportate nel report

3 Risultati e Conclusioni

Le giornate formative sono state organizzate grazie alla collaborazione con l'Unità Informazione e promozione dei progetti ENEA per i pannelli espositivi, l'Unità Comunicazione per l'aggiornamento del sito web, l'Unità Rapporti con i Media per il comunicato stampa e con l'Unità ICT che ha creato la casella di posta elettronica dedicata, eventienea_ispra@enea.it, messa a disposizione degli studenti per le richieste di approfondimento delle tematiche affrontate.

D.2 GIS e Comuni Lumière

L'attività di è iniziata nella scorsa annualità: lo sviluppo di una procedura che permette l'analisi e la visualizzazione delle informazioni raccolte nell'ambito del progetto Lumière.

Partendo dai dati raccolti nel progetto Lumière e facendo riferimento alle informazioni ISTAT su base territoriale reperibili in rete, i dati vengono inseriti in un database e successivamente elaborati per estrarre le informazioni da rappresentare con software GIS.

Nella presente annualità si sono aggiunti altri Comuni al database, in parallelo alla loro adesione al progetto Lumière.

Per il futuro è previsto un uso esteso dello strumento GIS per il progetto.

Conclusioni generali

La ricerca di questa annualità conclude quella di un triennio, in cui ENEA ha lavorato in collaborazione con Università e, a vario titolo, altri interlocutori esterni.

La parola chiave è "illuminazione", declinata in diversi aspetti:

- quello tecnologico, che ha portato anche alla realizzazione di prototipi di illuminazione a stato solido, e relativi sistemi intelligenti di controllo e gestione
- quello legato all'interazione della luce con gli esseri umani, che vuole investigare come la "luce" possa essere percepita, valutata e interpretata, inclusi gli aspetti non visivi
- quello della preparazione di "regole" comuni, quindi supporto tecnico per la normazione e la legislazione europea
- infine la diffusione dei risultati per la crescita della cultura scientifica e un aumento della consapevolezza degli utenti

Ogni attività di sviluppo tecnologico è stata preceduta da una attenta analisi dello stato dell'arte, e si è anche cercato di individuare le esigenze, implicite o esplicite, dei cittadini.

Le proposte di prodotti per diverse applicazioni è stata sempre basata su criteri di sostenibilità, modularità, riciclabilità, estetica, e in generale versatilità, per rispondere alle diverse esigenze, mettendo al centro l'essere umano. Tutti i concept sono stati pensati per essere "smart", oltre che per svolgere la loro funzione principale, che è quella di illuminare.

Per la progettazione e la ricerca su aspetti tecnologici il collaboratore principale è il Politecnico di Milano Dipartimento di Design.

Nel 2013 è stato proposto il motore luminoso PLUS ME a LED per strade a traffico motorizzato. Questo prodotto a sua volta completava la famiglia PLUS che era nata per l'illuminazione dei centri urbani.

L'attenzione si è quindi rivolta agli uffici, spazi in cui molte persone trascorrono gran parte della giornata, introducendo il concetto dell'"ufficio antropizzato", con la proposta di COELO, apparecchio a LED modulare, in cui si è introdotta per la prima volta l'idea del fosforo remoto. In parallelo la ricerca per l'illuminazione industriale, difficilissimo contesto data la grande varietà di situazioni legate alle diverse tipologie produttive, ha portato a HumbleBee, innovativo sistema che è stato installato ed è in funzione all'ENEA di Ispra. E' stato anche introdotto L@W, apparecchio di illuminazione localizzata, per rispondere alle esigenze di personalizzazione dell'illuminazione sul luogo di lavoro e non.

Infine l'illuminazione domestica, importantissima come si può facilmente immaginare, fortemente sottovalutata in primo luogo dagli utenti stessi, e con implicazioni notevoli sulla società, soprattutto in relazione alle diverse realtà ad esempio legate alle varie fasce di età. In una Europa in cui l'età media è in crescita, la ricerca quest'anno si concentra sull'illuminazione per l'"aging in place", proponendo diversi scenari e concept per sviluppi futuri.

La ricerca è in continuo movimento, tant'è che COELO in questa annualità è stato profondamente rivisto per la realizzazione prototipale ed è nato ASTERISM. HumbleBee ha già subito parecchie trasformazioni, sia per correggere "errori di gioventù", inevitabili quando si fa esperienza in campo, sia proprio per sfruttare le ultime proposte di componenti / elementi del mercato.

Le ricerche sull'interazione della luce con l'uomo sono state utilissime per chiarire concetti che fino a qualche tempo fa sembravano chiarissimi e che, con l'avvento delle tecnologie a stato solido, hanno dovuto essere ripresi, rianalizzati e ridefiniti – e la soluzione finale ancora non c'è – primo tra tutti la resa dei colori in senso stretto (cioè la ricerca di una definizione nuova che caratterizzi le sorgenti luminose, essenzialmente ai fini della progettazione), la considerazione che i colori sono legati al contesto e al fatto che viviamo in un mondo a tre dimensioni, con ombre e prospettiva. Oppure gli effetti della luce sull'attenzione, sul sonno, su aspetti circadiani.... concetti che si riferiscono a scoperte piuttosto recenti sulla fisiologia degli esseri umani. La ricerca è tutt'altro che terminata perché a livello mondiale si sta cercando di dare contributi concreti in tal senso: nelle tre annualità ENEA e collaboratori (Università di Roma Sapienza Dip. DIAEE, Università di Milano Dip. Informatica) hanno lavorato molto su diversi fronti: in questa annualità ENEA si è concentrata sul raffinamento di un esperimento svolto in passato sulla resa dei colori con oggetti tridimensionali, ed è stato steso il protocollo di prova. Si è anche pensato di proporre alcune attività su questi argomenti da svolgere nelle basi di ricerca in Antartide, dove le persone vivono in condizioni ambiente molto particolari. In questa annualità si è anche affrontato, in collaborazione con Università di Napoli Federico II Dipartimento Ingegneria Industriale, il tema della luce naturale negli spazi confinati (uffici), esaminando per la prima volta aspetti spettrali e concentrando l'attenzione su quello che succede a livello dell'occhio invece dell'usuale piano di lavoro.

La conoscenza scientifica e l'esperienza, unite al fatto che ENEA ha sempre operato rivolta verso il mondo esterno, quindi in contatto anche con il mondo dell'industria e degli utilizzatori, ha permesso ad ENEA di essere partecipe attivo nella preparazione di norme tecniche e anche della predisposizione e implementazione di "regole" comuni a livello europeo, essenzialmente Direttive Ecodesign ed Etichettatura Energetica, che indirizzano il mercato verso prodotti e sistemi più efficienti.

Infine è sempre stata curata la diffusione dei risultati della ricerca a diversi livelli, non solo in ambito scientifico: quindi visite di scuole, seminari presso associazioni di categoria...

L'esperienza ci insegna davvero a progredire e certamente la ricerca non si ferma qui: l'aumento delle conoscenze delle nostre esigenze, insieme con il progresso tecnologico, porta a progettare sistemi migliori, in grado di "aiutarci" a vivere meglio (grazie anche alle possibilità offerte dai servizi smart), con minor impatto ambientale.

Oggi non si parla più di pura "efficienza energetica", ma si sta finalmente diffondendo il concetto appena enunciato, che viene riassunto nel cosiddetto "human centric lighting".
E su questo guardiamo avanti.