

# LUCE BLU: EVOLUZIONE TECNOLOGICA E RISPARMIO ENERGETICO. A CHE PUNTO SIAMO

**arch. Laura Blaso, dott.ssa Simonetta Fumagalli, dott.ssa Ornella Li Rosi**  
ENEA - UTTEI-SISP, Laboratori di ricerca di Ispra

**dott. Fabio Bisegna, arch. Monica Barbalace, dott. Chiara Burattini**  
SAPIENZA Università di Roma, Dipartimento di Ingegneria Astronautica, Elettrica ed Energetica  
(DIAEE)

# LUCE BLU: LE NUOVE PROBLEMATICHE

- ⊙ La psicofisiologia umana è profondamente influenzata dalle variazioni diurne e stagionali delle emissioni luminose
- ⊙ In condizioni naturali, verso mezzogiorno, l'emissione luminosa si distribuisce lungo l'intero spettro con picchi nella zona del blu. Al tramonto (e all'alba) la radiazione visibile è prevalente nella zona del rosso-arancio. Di notte, vi è una forte prevalenza di buio
- ⊙ L'evoluzione delle moderne sorgenti di illuminazione
  - Ha portato all'introduzione di cambiamenti drastici nella composizione spettrale e nei livelli d'illuminamento e luminanza all'interno del campo visivo, sia nel periodo diurno che notturno.
  - E' stata troppo rapida rispetto alla capacità evolutiva e di adattamento dell'essere umano

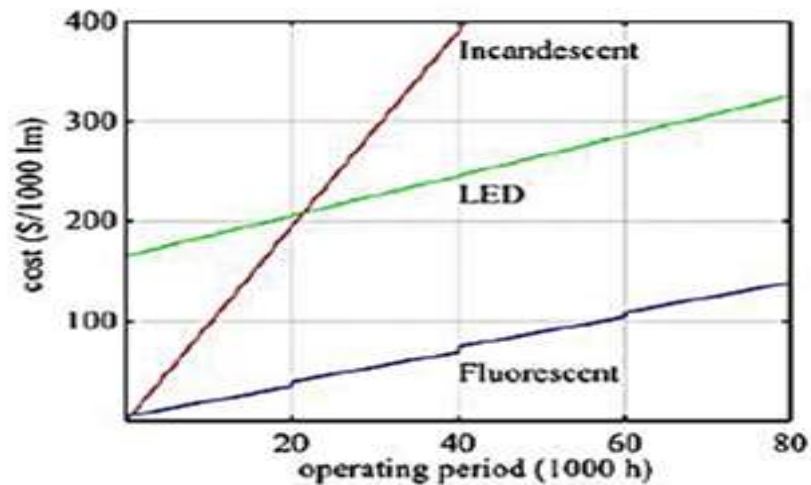
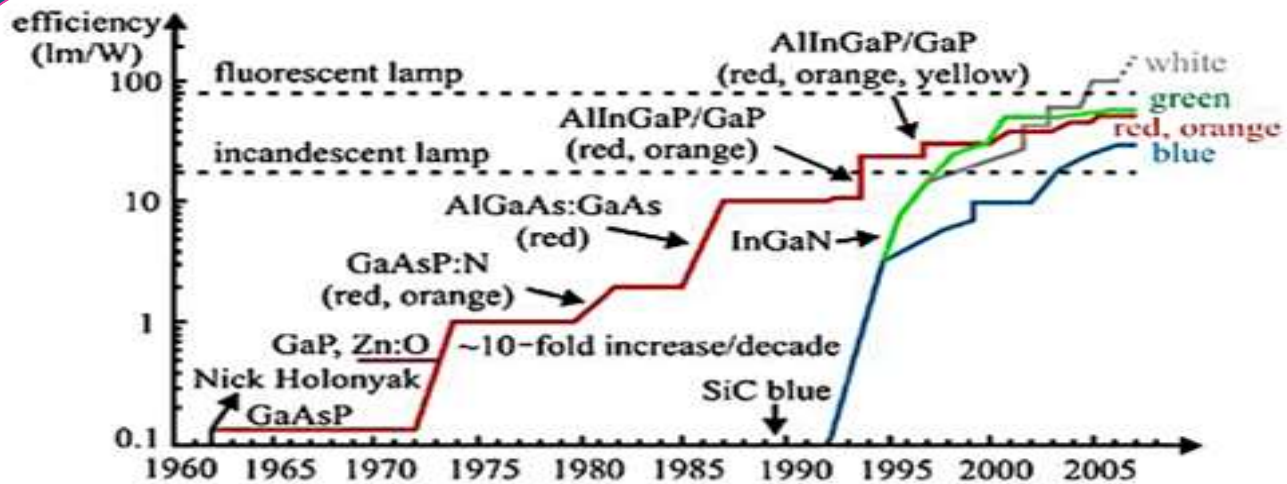
# LUCE BLU: LE NUOVE PROBLEMATICHE

- ⦿ Le prime sorgenti di illuminazione artificiale presentavano una bassa emissione nel blu
- ⦿ Le sorgenti sviluppate successivamente, come le sorgenti a scarica di gas, emettevano una maggiore componente di luce blu, introducendo il problema degli effetti dell'esposizione da luce blu in ambito foto biologico e circadiano
- ⦿ Nel 1992 nacque la prima sorgente LED a luce bianca, con un'emissione luminosa a temperature di colore ancora più fredde, e contributi di radiazione nel blu ancora più evidenti

# LA TECNOLOGIA A LED

- Il LED (Light Emitting Diodes) è un diodo che emette luce
- La costante implementazione della tecnologia LED continua a produrre miglioramenti incredibili in termini di efficienza luminosa, spettro di emissione, intensità, durata di vita, costo, affidabilità e potenzialità applicative
- A differenza delle lampade a incandescenza e fluorescenti, i LED emettono luce quasi monocromatica
  - La luce bianca viene prodotta mescolando LED monocromatici oppure utilizzando fosfori che convertano lunghezze d'onda più corte in blu, verde, giallo o rosso.

# Sviluppo dell'efficienza luminosa dei LED



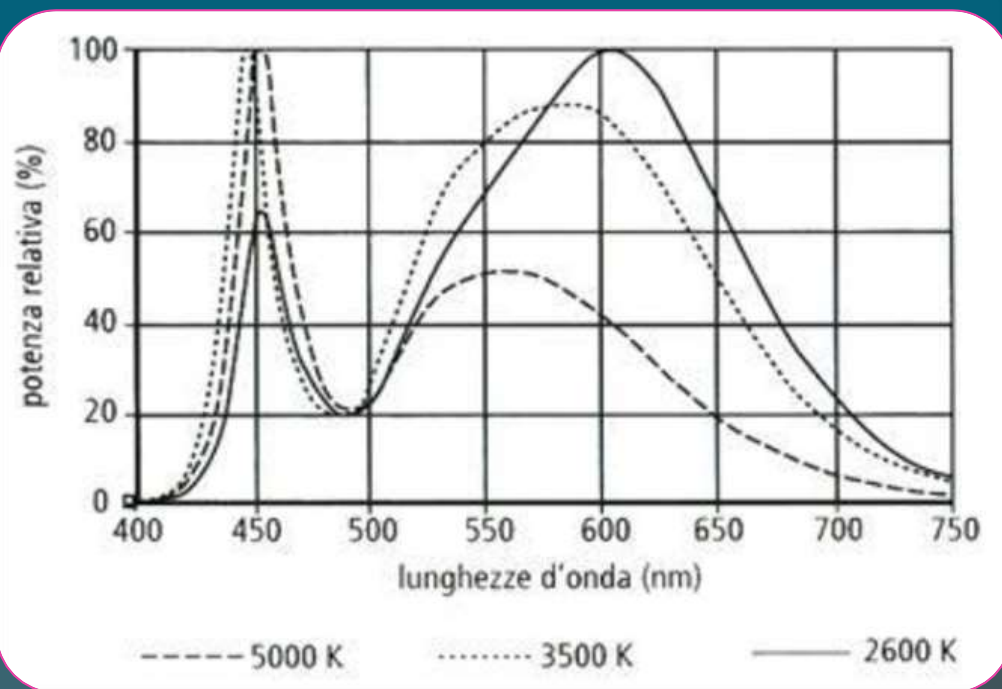
operating period (1000 h)

30 40 60 80

# LA TECNOLOGIA A LED

- A differenza delle lampade a incandescenza e fluorescenti, i LED emettono luce quasi monocromatica. Le tecnologie impiegate per produrre luce bianca sono fondamentalmente due: si mescolano LED monocromatici oppure si utilizzano fosfori che convertano lunghezze d'onda più corte in blu, verde, giallo o rosso.

Spettro di LED bianco a varie Temperature Correlate di Colore (CCT)





## Punti di forza LED

- ⦿ risparmio energetico
- ⦿ scarso calore sviluppato
- ⦿ bassa potenza richiesta
- ⦿ lunghissima durata di vita
- ⦿ risparmio su costi di manutenzione
- ⦿ accensione a freddo
- ⦿ emissione spettrale molto ristretta e colori saturi
- ⦿ assenza di componente ultravioletta

## Punti di debolezza LED

- ⦿ prezzo elevato
- ⦿ flusso luminoso limitato
- ⦿ disomogeneità alla nascita nelle caratteristiche ottico-elettriche
- ⦿ bassa resa cromatica
- ⦿ emissione in un angolo ristretto

# Danni da Luce BLU: a che punto siamo con la ricerca

- Gli effetti biologici della luce sono noti e dipendono dall'intensità, dallo spettro e dal tempo di esposizione alla luce
- Un'esposizione sbagliata alla luce può causare svariati problemi di salute: il più grave è un maggiore rischio di contrarre alcuni specifici tipi di cancro (in particolare al seno e al colon-retto)
- Un'errata esposizione alla luce può portare alla distruzione del ritmo circadiano

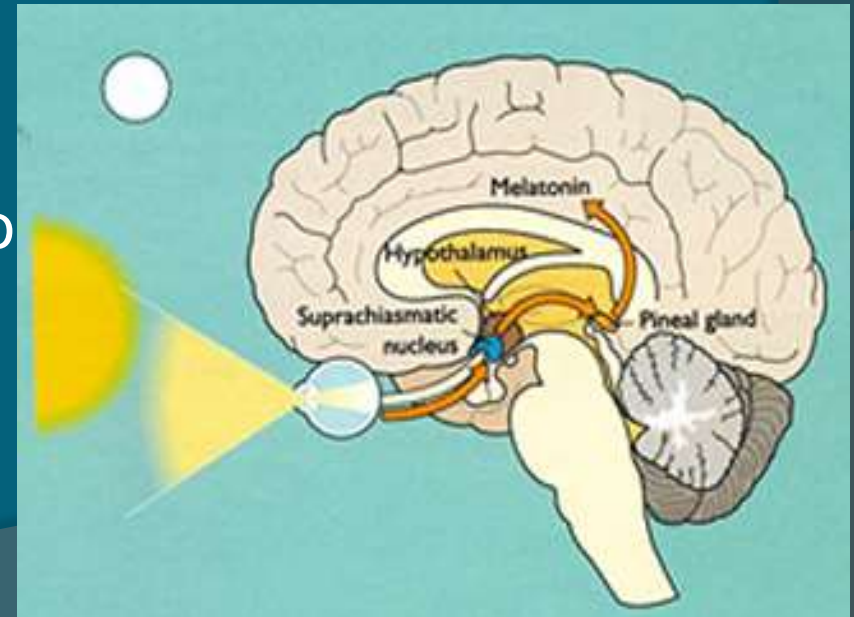


# Effetti sul Ritmo Circadiano

- la composizione spettrale della luce è cruciale per la sua stimolazione:
  - la melanopsina ha il suo picco di sensibilità nella regione del blu
  - la reazione circadiana alla luce non è la somma dei contributi di tutte le lunghezze d'onda, ma segue una legge di opponenza spettrale (giallo/blu e rosso/verde)
- la metà inferiore della retina è più sensibile alla luce rispetto a quella superiore
- impulsi di luce a livelli di illuminamento elevati sono molto più efficaci nel sopprimere la melatonina rispetto a variazioni gradual
- il momento dell'esposizione alla luce è cruciale

# L'Orologio Circadiano

- Risiede nel **Nucleo Soprachiasmatico** (SCN) del cervello, regola i tracciati giornalieri dei ritmi fisiologici come il sonno e l'attività, ha un periodo di circa 24,5 ore e per tenersi in fase con il ritmo giorno/notte ha bisogno della luce, che percepisce come "indizio temporale"
- Nel 2002 è stato scoperto nella retina umana un terzo fotoricettore chiamato **melanopsina**, responsabile della sincronizzazione dell'orologio biologico
- Da questa scoperta è apparso chiaro che le condizioni d'illuminazione influenzano i nostri ritmi corporei in modo molto preciso



# I principi dell' "illuminazione salubre"

- Nei Paesi industrializzati l'esposizione alla luce giornaliera è **limitata**, questo può provocare danni alla salute
- L'illuminazione biologica è inestricabilmente connessa al **buio biologico**: il mantenimento dei ritmi circadiani richiede periodi di buio da affiancare a periodi di luce
- L'illuminazione biologica deve essere ricca nelle regioni dello spettro a cui il sistema circadiano sia più sensibile (**regione blu-verde**)
- Fondamentale è la quantità di luce ricevuta all'**occhio**, sia direttamente dalla sorgente luminosa, sia indirettamente dalle superfici al contorno
- L'**ora di esposizione** alla luce influenza gli effetti dell'esposizione

# Gli effetti non visivi della LUCE

- Le indagini sugli **effetti non visivi** della luce sui processi cognitivi e sulla regolazione dell'umore hanno mostrato come l'esposizione alla luce blu abbia effetti positivi anche sull'allerta e la vigilanza, portando anche a un incremento della produttività lavorativa in termini di migliore performance cognitiva
- L'illuminazione influenza anche processi cognitivi non collegati con il sistema visivo, come la comunicazione e la conversazione
- Generalmente le attività cognitive risultano migliori in condizioni di illuminazione simili a quelle prodotte dalla luce naturale

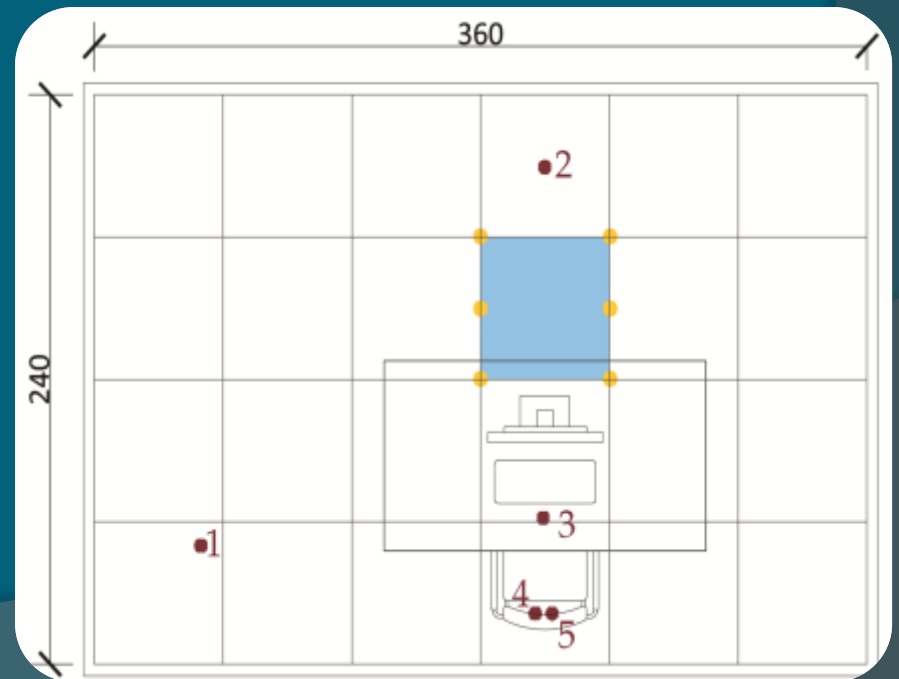
# Luce Blu e performance cognitive: la ricerca

- L'attività sperimentale è stata condotta nel laboratorio di Illuminotecnica del Dipartimento di Ingegneria Astronautica Elettrica ed Energetica dell'Università Sapienza di Roma
- L'obiettivo dell'esperimento consiste nel verificare se le sorgenti luminose con una elevata componente spettrale nel blu influenzino le **funzioni cognitive negli individui sani**
- L'esperimento ha coinvolto **44** studenti laureati e **28** non laureati (età media delle donne di 25,6 anni e degli uomini di 25,31 anni), tutti soggetti sani, che non hanno assunto, almeno nelle due ore precedenti l'esecuzione del test, caffè o alcolici
- I soggetti sono stati casualmente divisi in due gruppi:
  - un **gruppo di controllo**, che ha seguito un protocollo con sessione iniziale, pausa e sessione test con lampade alogene
  - un **gruppo sperimentale**, con sessione iniziale con lampade alogene, pausa, e sessione test con lampade a LED.

# Luce Blu e performance cognitive: la ricerca

- Lo studio è stato effettuato in ambiente sperimentale appositamente disegnato per lo scopo e pienamente controllato dal punto di vista luminoso
- Sono state utilizzate due tipologie differenti di sorgenti luminose:
  - condizione sperimentale:** LED (potenza 43 W, flusso luminoso 3492 lm, temperatura di colore 4000 K, resa cromatica 80)
  - condizione di controllo:** lampade alogene (potenza 53 W, flusso luminoso 850 lm, temperatura di colore 2800 K, resa cromatica 100)

Posizione delle sorgenti all'interno della cabina sperimentale (alogene in giallo, LED in azzurro) e misure effettuate: termoisgrometro (1), termocamera (2), illuminamento sul piano di lavoro (3), videoluminanzometro (4), illuminamento all'occhio (5)





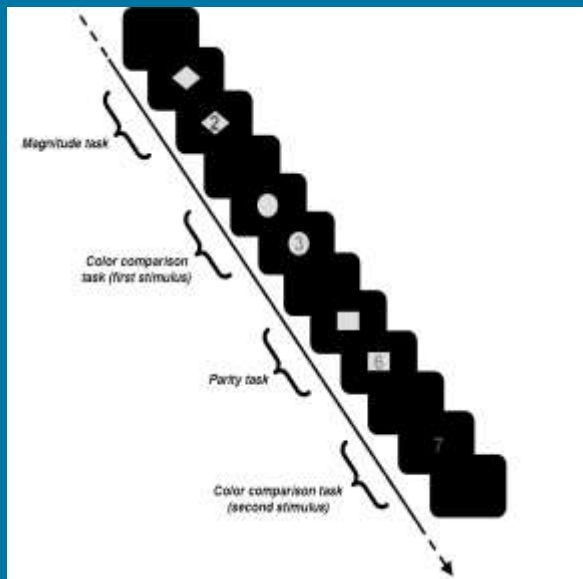
# I compiti cognitivi dei test

## NASA-TLX

questionario composto da sei domande

## Task Switching

sessione di 340 prove, presentate sul monitor del computer in schermate successive. Viene visualizzata una figura geometrica grigia con dentro un numero colorato: al soggetto viene chiesto di eseguire differenti compiti a seconda della figura geometrica che compare sullo schermo.

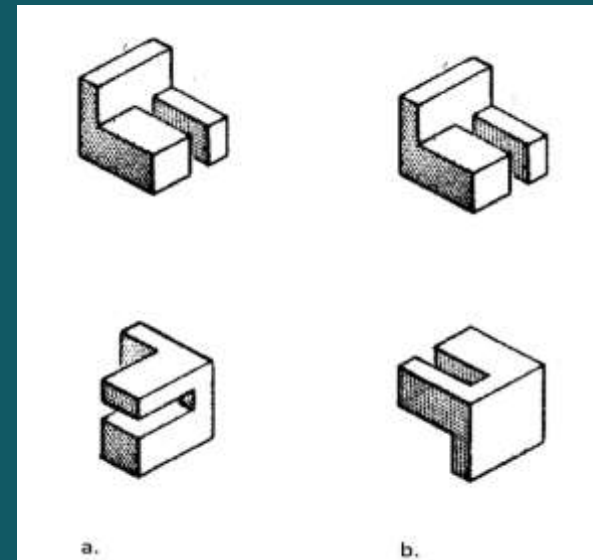


## Test Associazione Simboli-Numeri

associazione di numeri e simboli: per controllare che i due gruppi, sperimentale e di controllo, non presentino differenze in termini di velocità di elaborazione di dati

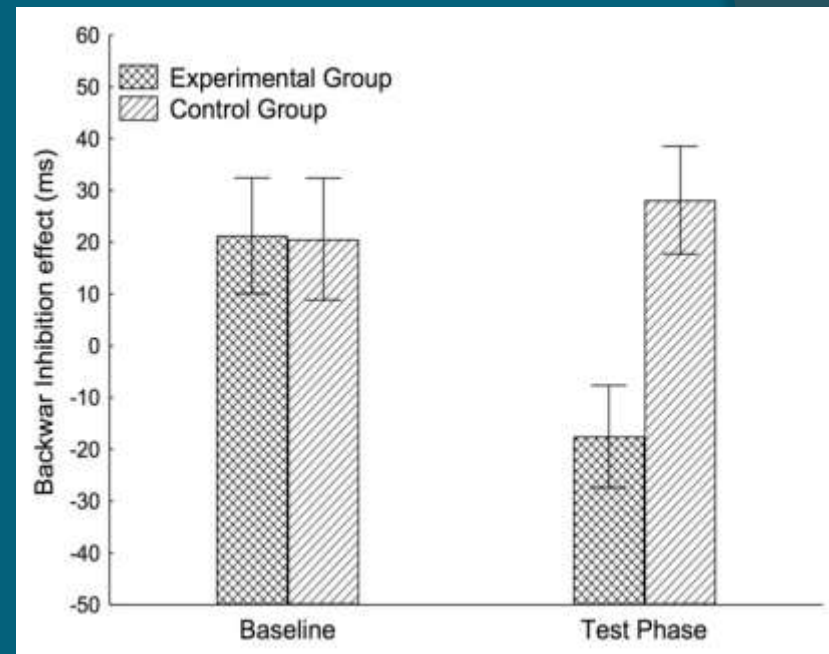
## Test di Rotazione Mentale

test di visualizzazione spaziale: il soggetto deve decidere se due oggetti visti secondo differenti prospettive (ruotati lungo un asse) siano uguali o diversi



# I risultati sperimentali

- Durante il test di **Rotazione Mentale**, i partecipanti sono stati significativamente più accurati, fornendo un maggior numero di risposte corrette, dopo 20 minuti di esposizione ai LED piuttosto che nelle normali condizioni di luce di sorgenti alogene
- I soggetti appartenenti al **gruppo di controllo**, che hanno eseguito lo stesso compito cognitivo per due volte con lampade alogene, non hanno mostrato gli stessi risultati: quindi il miglioramento riscontrato nel gruppo sperimentale non è dovuto all'effetto di apprendimento per ripetizione dello stesso compito
- Anche nel **Task Switching** le prestazioni appaiono influenzate dall'esposizione alla radiazione blu. Il gruppo sperimentale presenta una riduzione nell'effetto della **Backward Inhibition** (processo inibitorio delle funzioni esecutive) durante la sessione test rispetto alla sessione base, mentre i soggetti del gruppo di controllo non mostrano differenze tra le due sessioni



# CONCLUSIONI

- ◉ I risultati emersi dal presente studio indicano che l'esposizione a un'illuminazione con uno spettro a elevata composizione spettrale nel blu, come le sorgenti a LED, migliora le prestazioni di compiti complessi riguardanti le funzioni esecutive e le capacità visuo-spaziali: con questa tipologia di luce, le persone sembrano commettere un minor numero di errori e appaiono capaci di eseguire più compiti contemporaneamente.
- ◉ Nonostante i risultati promettenti, approfondimenti sono necessari per comprendere i limiti di tale attività, e ancora più il ruolo reale che le differenti componenti spettrali possono avere nella gestione delle capacità e delle performance cognitive umane, ed è su questo che le attività di ENEA e del Dipartimento DIAEE di SAPIENZA Università di Roma si concentreranno nel prossimo futuro.

# LUCE BLU: EVOLUZIONE TECNOLOGICA E RISPARMIO ENERGETICO. A CHE PUNTO SIAMO



Grazie per l'attenzione!

**arch. Laura Blaso, dott.ssa Simonetta Fumagalli, dott.ssa Ornella Li Rosi**

ENEA - UTTEI-SISP, Laboratori di ricerca di Ispra

**dott. Fabio Bisegna, arch. Monica Barbalace, dott. Chiara Burattini**

SAPIENZA Università di Roma, Dipartimento di Ingegneria Astronautica, Elettrica ed Energetica (DIAEE)