

PROTEGGERE GLI OCCHI DAI POTENZIALI DANNI DELLA LUCE BLU

DuraVision® BlueProtect by ZEISS

La luce è necessaria per la visione e la salute fisica. La luce ad Alta Energia Visibile nella parte blu e viola dello spettro può contribuire allo sviluppo di alcune malattie retiniche o anche direttamente danneggiare la retina. Ma ci sono prove evidenti che la luce blu gioca un ruolo importante nella regolazione dei ritmi circadiani. Il trattamento DuraVision® BlueProtect di ZEISS è stato progettato per ridurre gli effetti nocivi della luce blu-viola, preservando gli effetti salutari della lunghezza d'onda della luce blu.

I BENEFICI DELLA LUCE

La nostra visione si è evoluta in un mondo illuminato dal sole e l'occhio umano ha sviluppato una sensibilità alla luce per farne il miglior uso. La luce diretta del sole e quella riflessa dalle nuvole e dell'atmosfera forniscono uno spettro che è relativamente uniforme in tutta la gamma di lunghezze d'onda che possiamo vedere, tra i 390 e 700 nm. Le lunghezze d'onda più lunghe sono percepite come rosso, e le lunghezze d'onda più corte seguono i colori familiari dell'arcobaleno attraverso arancio, giallo, verde, blu e viola¹. Alla luce del giorno la nostra visione è più sensibile alle lunghezze d'onda del verde circa 550 nm, mentre di notte la nostra visione sposta la sua sensibilità alle lunghezze d'onda blu-verde circa 510 nm. Questo cosiddetto shift Purkinje è dovuta alle diverse sensibilità dei "fotorecettori" della retina, i coni responsabili della visione diurna e i bastoncelli fotorecettori responsabili della visione notturna^{2, 3}. La retina ha tre tipi di coni ma un solo tipo di bastoncello. I coni ci danno la possibilità di vedere i modelli finemente dettagliati e di percepire molti diversi colori⁴. Lavorando insieme i tre tipi di coni permettono una "visione tricromatica", uguale al funzionamento di una videocamera a colori. Come una videocamera i coni richiedono parecchia luce per funzionare correttamente, quindi lavorano meglio alla luce del giorno. In contrasto, la visione notturna è quindi "monocromatica" a causa del singolo tipo di bastoncello. I bastoncelli agiscono come una telecamera in bianco e nero, e sono molto più sensibili a bassi livelli di luce. Entrambe le classi di fotorecettori sono attivi contemporaneamente; per esempio, possiamo vedere il colore di notte se un oggetto viene illuminato con luce sufficiente, anche se i livelli complessivi di illuminazione sono molto bassi. La sensibilità tra i vari tipi di fotorecettori è variabile a diverse lunghezze d'onda della luce ed è riportata nel seguente grafico (Fig. 1)⁵. La curva dei bastoncelli è tracciata come linea nera punteggiata, mentre (S), (M) e (L), le curve dei coni, sono mostrate in blu, verde e rosso. L'ampia separazione delle tre risposte dei coni mostrano che l'intera gamma di lunghezze d'onda della luce visibile contribuisce significativamente a colorare la visione. Al contrario, i coni rispondono meglio ad una gamma molto più ristretta⁶. Per molte generazioni gli scienziati pensavano che la

retina avesse solo questi quattro fotorecettori.

Un quinto tipo di fotorecettore è stato scoperto nella retina solo nell'ultima decade^{7,8}. Queste cellule gangliari retiniche intrinsecamente fotosensibili (ipRGC) sono sensibili alla luce che cade sulla retina ma non contribuiscono direttamente alla sensazione di visione. La massima sensibilità delle ipRGC è a circa 470-480 nm, compresa tra il picco S-cono a 420 nm e il picco bastoncello a 500 nm. Questa gamma di lunghezze d'onda si trova nella parte dello spettro che vediamo come blu (Fig. 2).

Una funzione delle ipRGC sembra essere il controllo del diametro pupillare. Lavorando insieme con i coni S, agiscono come un controllo della luminosità per regolare la quantità di luce che raggiunge la retina^{9,10}. Le ipRGC forniscono anche un controllo per il nostro orologio biologico. Conosciuto come il "ritmo circadiano", questo orologio regola la secrezione di melatonina nel sangue. Se molto attiva, le cellule gangliari fotosensibili contribuiscono a livelli di attenzione più alti e possono contribuire in modo significativo ad un "apprendimento" visivo più efficace.

LA LUCE BLU INOLTRE PUÒ DANNEGGIARE LA RETINA

I medici da parecchio tempo sanno che la vista può subire danni permanenti dalla luce molto intensa¹³⁻¹⁷. Per esempio, la "retinopatia solare" può avvenire per

fissare troppo a lungo al sole. Questo tipo di danno si verifica quando la retina è surriscaldata dalla luce intensa focalizzata sulla stessa attraverso l'ottica dell'occhio, come una lente di ingrandimento può essere utilizzata per concentrare la luce del sole, il risultato è simile a mettere un foglio di carta sul fuoco. Noto come "pericolo termico", l'effetto può essere causato da una lunghezza d'onda della luce che viene trasmessa dall'occhio¹⁸. Alcuni decenni fa, gli scienziati hanno scoperto che una certa parte di luce blu è potenzialmente più dannosa per la retina di altri colori¹⁹. Lo spettro luce blu della luce visibile (circa 390-500 nm) è conosciuta anche come luce visibile ad alta energia (HEV) (Fig. 3).

Un'interessante ricerca scientifica mostra che l'esposizione inadeguata delle cellule gangliari fotosensibili della retina alla luce blu possono aggravare molti problemi associati all'età, tra cui disturbi del sonno, depressione e la funzione cognitiva. A causa di questi risultati, è diventato evidente che la luce blu gioca un ruolo importante in diversi elementi chiave di salute e benessere^{11,12}.

Standard sono stati sviluppati per garantire che le persone non siano esposte a livelli eccessivi di luce blu. Tali norme si riferiscono alla sicurezza necessaria definita da un'analisi sulla valutazione del Rischio Luce Blu (Fig. 4). Alcuni scienziati pensano che la luce blu può dare un contributo significativo allo sviluppo della degenerazione maculare (AMD). Sembra che la retina invecchiando sia meno in grado di riparare e proteggere se stessa dai prodotti ossidativi tossici causati dall'esposizione alla luce blu di breve lunghezza d'onda²⁰⁻²³.

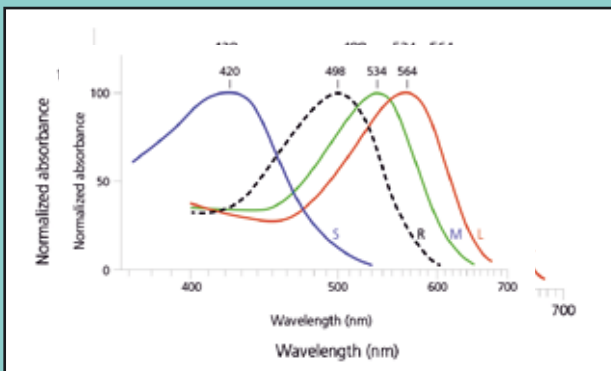


Fig. 1. Risposta dei fotorecettori allo spettro.

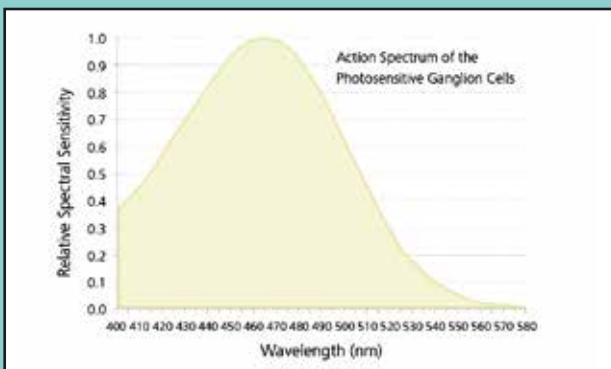


Fig. 2. Dipendenza spettrale relativa all'azione dello spettro degli ipRGC.

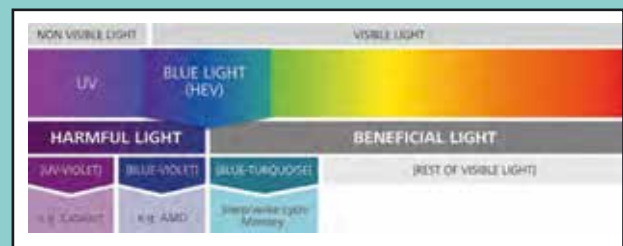


Fig. 3. Spettro della luce visibile e lunghezze d'onda che hanno effetto sull'occhio umano e il metabolismo.

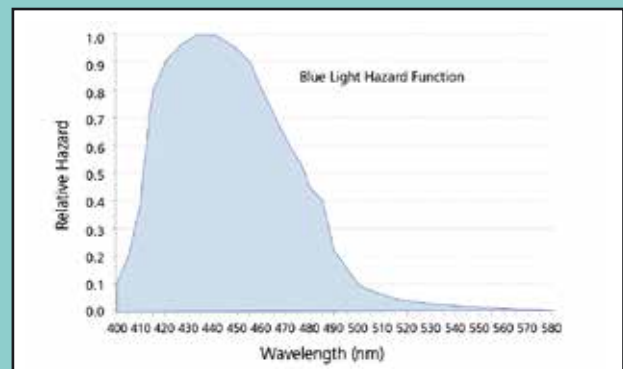


Fig. 4. Relativa dipendenza dello spettro del Rischio Luce Blu.

DUALISMO DELLA LUCE BLU

Coinvolto in entrambi gli effetti oculari positivi e negativi, lo spettro di luce blu non può essere etichettato semplicemente buono o cattivo. ZEISS si riferisce a questo come il “dualismo della luce blu.” Se vogliamo ridurre il rischio di danni agli occhi, dobbiamo farlo con grande attenzione in modo da non causare un diverso tipo di problema. Ad esempio, facendo attenzione ad alcune lenti utilizzate in passato, assorbitori di luce per ridurre più o tutta la luce blu. Se questo approccio è preso senza un’attenta riflessione, si possono verificare due problemi. Il primo è che le lenti con filtro blu bloccanti possono rendere il mondo intensamente giallo o arancione. Generalmente, tali lenti non sono tollerate molto bene. Il secondo problema è che bloccare tutta la luce blu con le lenti potrebbe ridurre la risposta ipRGC tanto che la melatonina secreta dalla ghiandola pineale durante il giorno, renderebbe chi indossa la lente assennato e distratto. Quindi siamo di fronte ad un atto di bilanciamento. Da un lato vogliamo proteggere la retina dagli alti livelli di luce blu. D’altra parte non vogliamo interferire con il ciclo diurno naturale dell’attività veglia-sonno. Il corridoio tra 440 e 460 nm mostra la forte sovrapposizione tra i due effetti descritti e quindi è considerato come l’area di demarcazione (Fig. 5).

Problemi causati da illuminazione artificiale Come il ruolo delle ipRGC nel ritmo circadiano è diventato più chiaro, nuove preoccupazioni sono state espresse

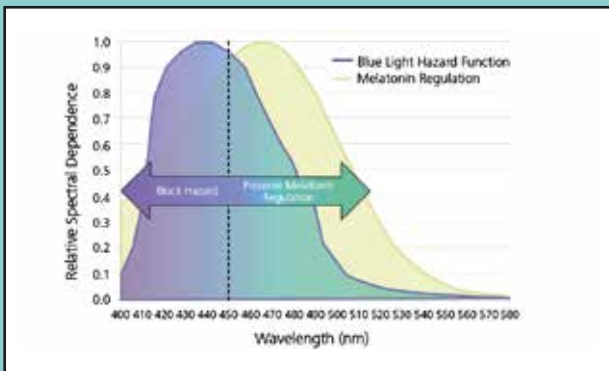


Fig. 5. Gestione del dualismo della luce blu.

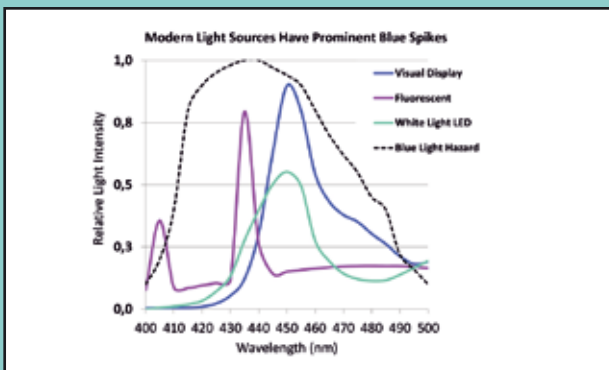


Fig. 6. Relativo spettro delle diverse sorgenti luminose.

circa l’illuminazione artificiale. Le ultime fonti di luce artificiali, come light-emitting diode (LED), lampade a luce bianca, display a colori e le luci fluorescenti emettono molto più azzurro dell’illuminazione tradizionale e possono inibire la secrezione di melatonina di notte²⁴. Questo è l’altro lato del problema: rischiare di avere troppo poca luce blu durante il giorno e troppa luce di notte, rendendo più difficile il sonno. Si tratta di una conseguenza involontaria del movimento verso sorgenti luminose più efficienti e display visivi a colori di alta qualità. Quando gli esseri umani hanno addomesticato il fuoco, la luce da esso fornita ha permesso di illuminare l’interno delle loro case. Un incendio ha una temperatura di circa 1,200K.

Quando un oggetto viene riscaldato, il suo colore progredisce dal rosso al giallo e poi bianco. La temperatura più bassa del fuoco (molto inferiore alla temperatura superficiale del sole di circa 6500K) emette più energia verso la lunghezza d’onda della luce rossa più lunga e relativamente poca luce blu. Le prime lampade che vennero introdotte per illuminare le nostre case operavano ad una temperatura che è più calda del fuoco, circa 2650K. La luce prodotta è stata piacevole e naturale, più bianca del fuoco, ma non così bianca come il sole. Le lampade ad incandescenza quindi non hanno prodotto molta luce blu. Ulteriori progressi nella tecnologia hanno creato lampade fluorescenti. Queste luci generano un plasma all’interno di un tubo di vetro per produrre energia intensa nelle lunghezze d’onda dell’ultravioletto e viola e blu stimolando un trattamento all’interno del tubo che reagisce per convertire l’energia in luce visibile. Le luci fluorescenti possono essere bianche come la luce del giorno e produrre molta più luce blu rispetto alle lampade ad incandescenza. Inoltre emettono direttamente una parte della luce ultravioletta e viola-blu generata dal plasma. Sia ad incandescenza e sia a fluorescenza, tali fonti luminose sono state gradualmente eliminate perché creavano problemi per il nostro ambiente in termini di efficienza e di sostanze tossiche in esse contenute. Il tipo più avanzato di lampade oggi utilizzate contiene sorgenti LED a tre colori per produrre un ampio spettro di luce che appare bianco come la luce solare ed emette molta energia a lunghezza d’onda blu^{25,26}. Oltre ai dispositivi di illuminazione, la tecnologia ha sviluppato display a luce bianca per visualizzare informazioni visive. I più recenti display in smartphone, tablet, schermi televisivi e computer non sono solo con risoluzione superiore rispetto ai loro predecessori, ma sono anche più luminosi ed emettono molta luce blu (Fig. 6).

Lo spostamento verso fonti di luce artificiale luminose e più blu, unito con i cambiamenti nel comportamento sociale, ha indotto molte persone a passare più tempo non solo nel corso della giornata, ma anche della serata con tali dispositivi. Molti esperti sono sicuri che questa tendenza è responsabile di una crescente prevalenza di disturbi del sonno²⁷.

LO SPETTRO DELLA LUCE DEL GIORNO

Spesso sorgenti di luce artificiale sono predisposte in modo da simulare la luce diurna. CIE illuminante standard D65 (breve: D65) è un illuminante standard comunemente utilizzato definito dalla Commissione Internazionale per l'illuminazione (CIE). D65 rappresenta le condizioni di illuminazione standard all'aria aperta e quindi è indicato anche come "luce illuminante standard". D65 ha una temperatura di colore di circa 6500K ed è tipicamente utilizzato in tutti i calcoli colorimetrici che richiedono una luce diurna standard (Fig. 7)²⁸. La curva del Rischio Luce Blu rappresenta un fattore di rischio normalizzata in funzione della lunghezza d'onda. Quando si considera lo spettro di luce emesso da un illuminante specifico (ad esempio D65) la curva di pericolosità luce blu viene modificata con il relativo spettro di potenza illuminante (Fig. 8 e 9).

LA PROTEZIONE DI DURAVISION® BLUEPROTECT

Se progettate e usate correttamente, le sorgenti luminose moderne per l'illuminazione di interni e gli schermi digitali sono sicuri e non danneggiano direttamente la retina. Ugualmente non è sbagliata la preoccupazione dei professionisti della visione relativa ad un rischio da eccesso di luce blu, specie se combinato con altri fattori di rischio che possono causare danni alla retina, e all'uso frequente di sorgenti luminose artificiali, in grado di disturbare il sonno se usate in ore serali. Il dualismo di luce blu ci dice però di non eliminare completamente gli

effetti benefici. Fortunatamente è noto che la melatonina attiva le ipRGC che sono più sensibili alla luce verde blu, mentre le lunghezze d'onda più tossiche sono più brevi. La luce più dannosa può essere descritta come blu-viola. Inoltre le moderne fonti di luce hanno anche picchi a lunghezze d'onda più corte rispetto alla massima risposta ipRGC, quindi è possibile ridurre selettivamente quelle lunghezze d'onda blu-violetto più brevi per alleviare gli effetti peggiori dei disturbi del sonno. ZEISS ha attentamente considerato l'equilibrio dei requisiti e ha stabilito le caratteristiche di filtraggio del suo nuovo trattamento DuraVision® BlueProtect per riflettere le lunghezze d'onda più dannose senza interferire con il ritmo circadiano. La sua eccellente trasmissione della luce per tutto il resto della gamma di luce visibile rende DuraVision® BlueProtect un trattamento antiriflesso di elevata qualità, presentando una trasmittanza luminosa molto alta. Tutte le lenti che filtrano selettivamente la luce blu devono necessariamente passare un po' più di luce gialla, ma l'indice di giallo basso di DuraVision® BlueProtect conferma che questo cambiamento di colore è stato accuratamente gestito e non influenza la visione dei colori. DuraVision® BlueProtect lascia passare quasi tutta la luce nella gamma di lunghezze d'onda della luce visibile maggiore di 460 nm, riducendo in modo significativo la quantità di luce blu-violetta pericolosa sotto 440 nm. La figura 10 illustra il riflesso di qualche porzione specifica dello spettro della luce sulla superficie anteriore della lente.

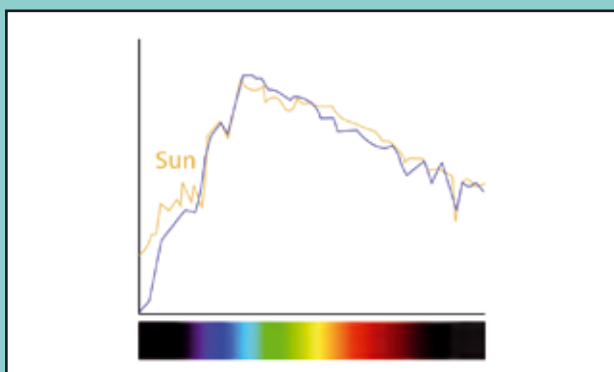


Fig. 7. Confronto fra la distribuzione del potere spettrale (SPD) di un D65 rispetto allo spettro del sole.

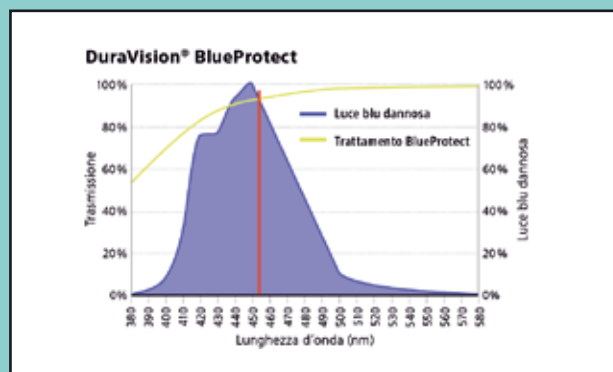


Fig. 9. La riflessione parziale della dannosa luce blu.

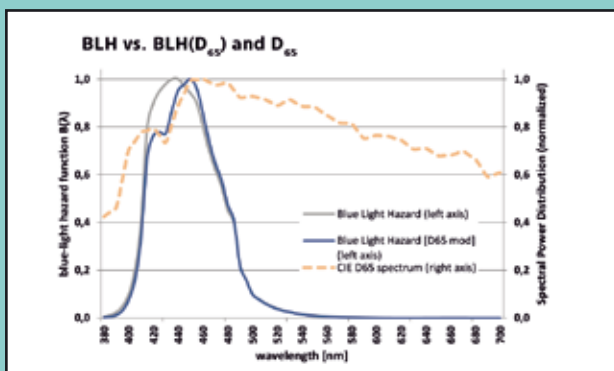


Fig. 8. Blue Light Hazard for D65 illuminant.

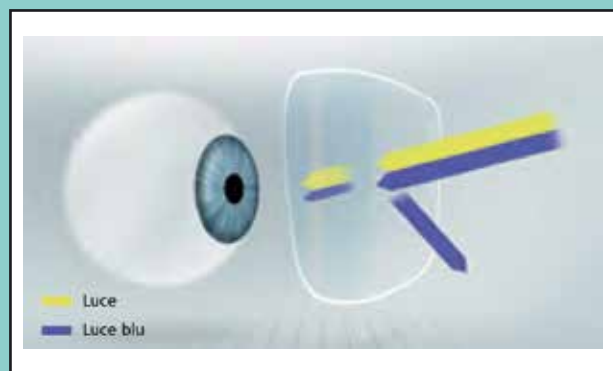


Fig. 10. ZEISS DuraVision® BlueProtect riflette parzialmente la luce blu.

L'asse y, sulla sinistra delle figure 11a e 11b, mostra curve di trasmissione (linee continue) per antiriflessi Premium (colore chiaro e DuraVision® BlueProtect (colore scuro). Le 2 immagini rappresentano i valori calcolati per una lente in basso indice e per una in alto indice²⁹. Con la riflessione selettiva della luce blu, il trattamento DuraVision® BlueProtect mostra una trasmissione ridotta di alta energia luce blu rispetto ad un trattamento antiriflesso Premium senza questa prerogativa. La differenza di trasmissione tra le due curve di trasmissione è indicata dalla linea tratteggiata verde sull'asse y sulla destra. La zona bluastra tra 440 nm e 460 nm separa lo spettro blu pericoloso sotto 440 nm e lo spettro blu positivo sopra 460 nm. La differenza di trasmissione (tratteggiata curva verde) mostra chiaramente come selettivamente il trattamento DuraVision BlueProtect riduce la luce blu sotto 440 nm (tipica differenza dal 13 al 15%, a seconda del materiale) mantenendo una trasmissione quasi identica sopra 460 nm. Sotto 400 nm il trattamento specifico DuraVision® BlueProtect e un antiriflesso premium tradizionale mostrano prestazioni simili. E a seconda del materiale, la trasmissione della luce al di sotto di 400 nm o inferiore a 380 nm è bloccata in ogni caso. L'approccio di ZEISS al rischio luce blu è dunque basato su una gestione scientifica e razionale della luce blu, mantenendo i benefici della visione naturale e incolore e riducendo la potenziale luce pericolosa che non è necessaria per una buona visione e per la salute.

IL TRATTAMENTO DURAVISION® BLUEPROTECT

I professionisti della visione sottolineano la necessità di trattamenti antiriflesso capaci di fornire più di una semplice ottimale trasmissione³⁰ di luce. Da questi trattamenti ci si aspetta anche un'eccellente resistenza e facilità di pulizia. I ricercatori ZEISS hanno continuato ad esplorare nuovi sviluppi nella deposizione sotto vuoto e nella scelta dei materiali.

I trattamenti antiriflesso moderni incorporano sottili strati di leghe metalliche e altri ossidi di metallo per ottenere la variazione richiesta di rifrazione. Esistono differenze significative tra le proprietà fisiche di questi trattamenti e il relativamente morbido substrato della lente plastica, comprese le differenze in elasticità, durezza e il tasso di espansione sotto pressione o durante i cambiamenti di temperatura. I trattamenti antiriflesso ZEISS offrono un'eccezionale lunga durata grazie ad un sistema di strati di rivestimento integrati che sono stati progettati per la massima compatibilità e robustezza (Fig. 12).

Lo strato base del trattamento DuraVision® BlueProtect è un trattamento indurente curato termicamente, progettato con resina organosilossanica con particelle microscopiche di silice colloidale - l'ingrediente principale nel vetro - disperso in tutta la sua superficie. L'aggiunta di minerali come la silice alla resina sintetica del trattamento aumenta la resistenza all'abrasione e favorisce l'adesione e la compatibilità meccanica tra gli strati antiriflesso relativamente più fragili e il più flessibile substrato di plastica. La durata del trattamento antiriflesso DuraVision® BlueProtect è stata massimizzata attraverso l'uso di deposizione ionica assistita. Durante l'applicazione degli strati di antiriflesso, la lente è bombardata con ioni ad alta energia da un gas inerte, poiché i materiali antiriflesso condensano sulla superficie trasferendo l'impulso degli ioni alle molecole del trattamento. Ciò si traduce in strati di trattamento più densamente compressi con maggiore adesione (Fig. 13).

Gli strati integrati del trattamento DuraVision® BlueProtect sono sigillati con uno strato finale superiore

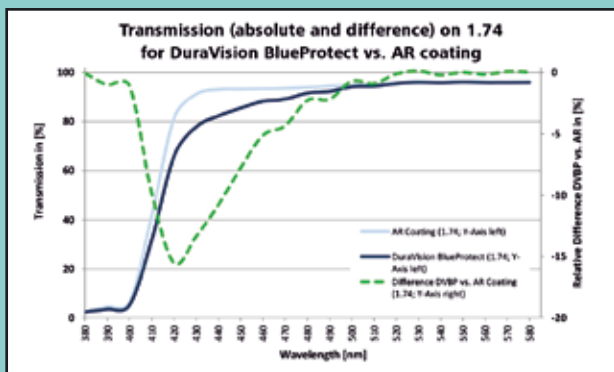


Fig. 11a. Trasmissione di luce blu per una lente in indice 1.74

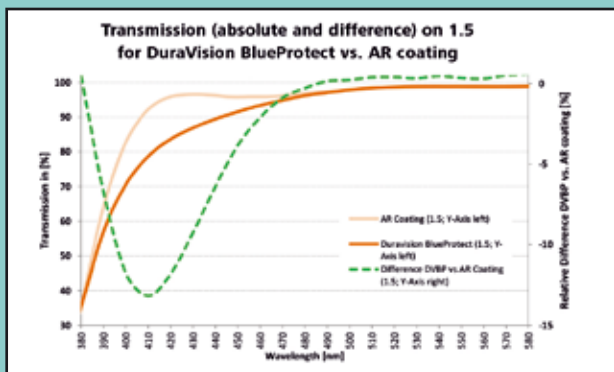


Fig. 11b. Trasmissione di luce blu per una lente in indice 1.5.

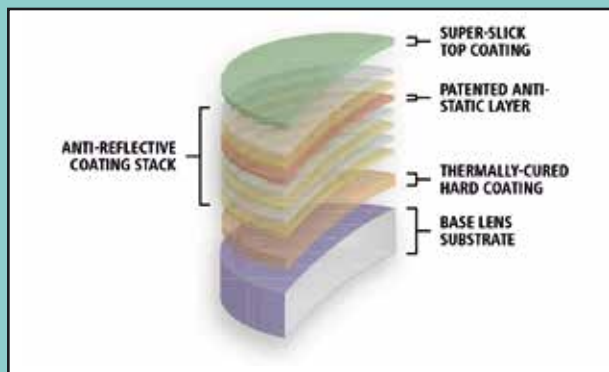


Fig. 12. DuraVision® BlueProtect è un trattamento multistrato.

che fornisce una barriera protettiva contro l'ambiente, ma permette anche di ottenere una superficie liscia superfacciale da pulire e da mantenere pulita. I liquidi pertanto scivolano sulla superficie, invece di aggrapparsi ad essa. Quest'azione è descritta dall'angolo di contatto della superficie della lente o trattamento, che è l'angolo che il bordo di una goccia d'acqua fa con la superficie. Poiché DuraVision® BlueProtect ha un angolo di contatto maggiore, il trattamento respinge macchie, acqua e olio meglio di trattamenti antiriflesso standard (Fig. 14)³¹. Il trattamento antiriflesso DuraVision® BlueProtect incorpora la brevettata tecnologia³² "anti-statica". Permanentemente incapsulato all'interno del sistema di rivestimento è un sottile strato di un materiale di ossido di metallo elettricamente conduttivo con elevata trasparenza. Questo strato antistatico unico dissipa l'elettricità statica, evitando l'accumulo di carica elettrostatica e l'attrazione di particelle di sporco (Fig. 15). DuraVision® BlueProtect offre proprietà da "best-in-class" fra i trattamenti antiriflesso ZEISS per una resistenza superiore, proprietà antistatiche e facilità di pulizia.

BIBLIOGRAFIA

1. Eye, human. Encyclopædia Britannica 2006 Ultimate Reference Suite DVD, 2009
2. Curcio CA, Sloan KR, et al. Human photoreceptor topography. The Journal of Comparative Neurology 1990;292(4): 497-523
3. Frisby JP. Seeing: Illusion, Brain and Mind. Oxford University Press: Oxford, 1980
4. Svaetichin G. Spectral response curves from single cones. Actaphysiol. scand. 39, Suppl. 1956;134: 17-46
5. Schacter DL. Psychology Second Edition. 41 Madison Avenue, New York, NY 10010: Worth Publishers 2011;pp. 136-137
6. Wandell Brian A. (1995). Foundations of Vision. Sunderland, MA
7. Foster RG, Provencio I, Hudson D, Fiske S, Grip W, Menaker M. Circadian photoreception in the retinally degenerate mouse (rd/rd). Journal of Comparative Physiology A 1991;169(1): 39-50
8. Provencio I, Rodriguez IR, Jiang G, Hayes WP, Moreira EF, Rollag MD. A Novel Human Opsin in the Inner Retina. Journal of Neuroscience 2000;20 (2): 600-60205
9. Brainard GC, Hanifin JP, Greeson JM, Byrne B, Glickman G, Gerner E, Rollag MD. Action spectrum for melatonin regulation in humans: evidence for a novel circadian photoreceptor". J.

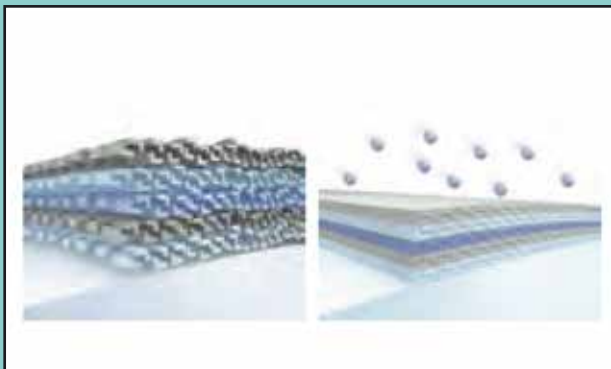


Fig. 13. Il trattamento DuraVision® BlueProtect (destra) mostra una maggiore coesione.

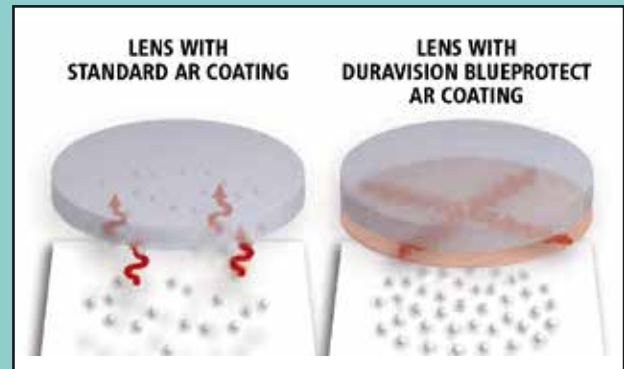


Fig. 15. Lo strato antistatico di DuraVision® BlueProtect (destra) dissipa l'elettricità statica che diversamente attrarrebbe polvere e sporco come avviene sugli antiriflessi tradizionali (sinistra).

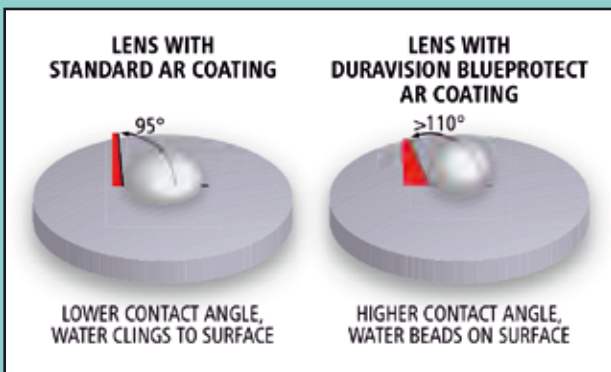


Fig. 14. DuraVision® BlueProtect (destra) ha un maggiore angolo di contatto.

Resistenza ³³	Test di Bayer > 10 (resistenza all'usura simile al vetro)
Facilità di pulizia	Ridotta adesione, angolo di contatto > 110°
Resistenza allo sporco	Proprietà antistatiche che semplificano la pulizia e non attraggono le particelle di sporco.

- Neurosci 2001 Aug;21(16): 6405-6412
10. al Enezi J, Revell V, Brown T, Wynne J, Schlangen L, Lucas RA. "Melanopic" Spectral Efficiency Function Predicts the Sensitivity of Melanopsin Photoreceptors to Polychromatic Lights. *J Biol Rhythms* 2011;26: 314
 11. Algvere P, Marshall J, Seregard S., Age-related maculopathy and the impact of blue light hazard. *Acta Ophthalmol Scand* 2006;84(1)
 12. Holzman, D. What's in a Color? The Unique Human Helath Effects of Blue Light. *Environmental Health Perspectives* 2010;118: A23-27
 13. Rózanowska M, Rózanowski B, Boulton M. Photobiology of the retina: Light-Induced damage to the retina. In *Photobiological Sciences*, (Edited by K. C. Smith). American Society for Photobiology; 2009
 14. Li F, Cao W, Anderson RE. Protection of photoreceptor cells in adult rats from light-induced degeneration by adaptation to bright cyclic light. *Exp Eye Res* 2001;73:569e577
 15. Ham W, Sliney D. Retinal sensitivity to damage from short wavelengths. *Nature* 260, 1976
 16. Glickman R. Phototoxicity to the Retina: Mechanisms of Damage. *International Journal of Toxicology* 2002;21: 473
 17. Cruickshanks KJ, Klein BE, Klein R. Ultraviolet light exposure and lens opacities: the Beaver Dam Eye Study. *Am J Public Health* 1992;82(12)1658-1662
 18. Taylor HR. Ultraviolet radiation and the eye: an epidemiologic study. *Trans Am Ophthalmol Soc* 1989;87802- 853
 19. Taylor HR, West S, Muñoz B, et al. The long-term effects of visible light on the eye. *Arch Ophthalmol* 1992;110: 99-104
 20. Fletcher AE, Bentham GC, Agnew M, Young IS, Augood C, Chakravarthy U, de Jong PT, Rahu M, Seland J, Soubrane G, Tomazzoli L, Topouzis F, Vingerling JR, Vioque J. Sunlight exposure, antioxidants, and age-related macular degeneration. *Arch Ophthalmol* 1 2008;26: 1396e1403
 21. Wang JJ, Jakobsen K, Smith W, Mitchell P. Five-year incidence of age-related maculopathy in relation to iris, skin or hair colour, and skin sun sensitivity: the Blue Mountains Eye Study. *Clin Experiment Ophthalmol* 2003;31(4): 317-321
 22. Mitchell P, Smith W, Wang JJ. Iris color, skin sun sensitivity, and age-related maculopathy. *The Blue Mountains Eye Study. Ophthalmology* 1998;105(8): 1359-1363
 23. Hirvela H, Luukinen H, Laara E, et al. Risk factors of age-related maculopathy in a population 70 years of age or older. *Ophthalmology* 1996;103: 871-877
 24. Herljevic M, Middleton B, Thapan K, Skene D. Light-induced melatonin suppression: age-related reduction in response to short wavelength light, Volume 40, Issue 3, March 2005, Pages 237-242, *Experimental Gerontology*
 25. Okuno T, Saito H, Ojima J. Evaluation of blue-light hazards from various light sources. *Dev Ophthalmol* 2002;35
 26. US Department of Energy. Optical Safety of LEDs. (Publication PNNL-SA-96340.) 2013
 27. Turner P, Van Someren E, Mainster M. The role of environmental light in sleep and health: Effects of ocular aging and cataract surgery. *Sleep Med Rev* 2010;14(4)
 28. ISO 10526:1999/CIE S005/E-1998, CIE Standard Illuminants for Colorimetry
 29. Data on file
 30. Ross J, Bradley A. Visual performance and patient preference: a comparison of anti-reflection coated and uncoated spectacle lenses. *J Am Optom Assoc* 1997;68(6): 361-365
 31. Based on water contact angle measurements conducted on coated hard resin lenses
 32. Marechal N, Blacker R. Anti-Static, Anti-Reflection Coating. US Patent 2005;6,852,406
 33. Based on Bayer test conducted in accordance with the COLTS standard operating procedure and COLTS-certified abrasive on coated hard resin lenses