

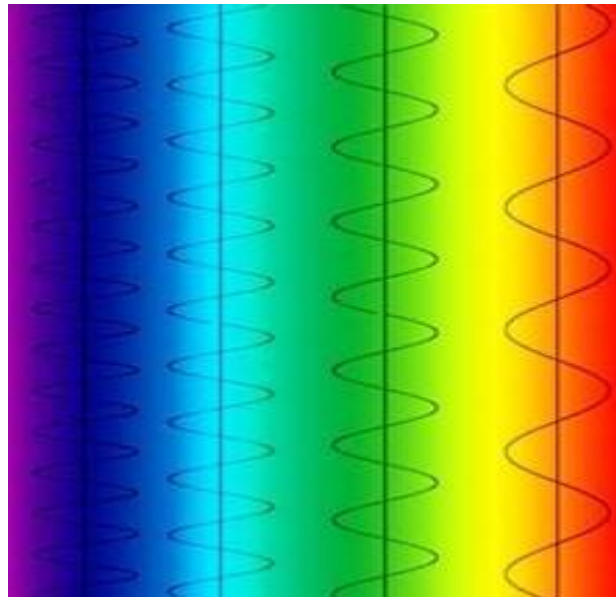


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

"ΟΠΤΙΚΗ ΚΑΙ ΟΡΑΣΗ"

Φασματοσκοπική ανάλυση φακών οράσεως  
και ηλίου.

Spectroscopic performance of corrective  
lenses and sunglasses.



Τζιφής Γεώργιος – Οπτικός Οπτομέτρης



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

"ΟΠΤΙΚΗ ΚΑΙ ΟΡΑΣΗ"

## Φασματοσκοπική ανάλυση φακών οράσεως και ηλίου.

Spectroscopic performance of corrective  
lenses and sunglasses.

Τζιφής Γεώργιος – Οπτικός Οπτομέτρης

Η παρούσα εργασία υπεβλήθη ως μέρος των υποχρεώσεων για την απονομή του μεταπτυχιακού διπλώματος ειδίκευσης του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών «Οπτική και Όραση»

Συμβουλευτική Επιτροπή

1. Σωτήρης Πλαΐνης- Επιστημονικός συνεργάτης, Πανεπιστήμιο Κρήτης
2. Δημήτρης Παπάζογλου- Επίκουρος Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Κρήτης
3. Δημήτριος Άγγλος- Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Κρήτης

Εξεταστική Επιτροπή

1. Δημήτρης Παπάζογλου- Επίκουρος Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Κρήτης
2. Δημήτριος Άγγλος- Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Κρήτης
3. Τσιλιμπάρης Μιλτιάδης - Καθηγητής Οφθαλμολογίας, Πανεπιστήμιο Κρήτης

**Σκοπός:** Στην συγκεκριμένη εργασία έγινε φασματοσκοπική ανάλυση μιας σειράς οφθαλμικών φακών οράσεως, φακών ηλίου («βαφές») διαφορετικής σκουρότητας και φακών ηλίου άγνωστης σκουρότητας. Σκοπός της μελέτης ήταν ο έλεγχος της υπόθεσης ότι οι φακοί (οράσεως, ηλίου) που κυκλοφορούν στην αγορά πληρούν τις προδιαγραφές πιστοποίησης του Ευρωπαϊκού προτύπου πιστοποίησης (CE) η οποία έχει ως προϋπόθεση την αποκοπή φασματικών συνιστωσών με μήκος κύματος κάτω από 380nm σε ποσοστό μεγαλύτερο από 95% (διαπερατότητα <5%). Για τον έλεγχο αυτό πραγματοποιήθηκε φασματοσκοπική μέτρηση της διαπερατότητας σε κάθε δείγμα φακού.

**Μέθοδος:** Στην παρούσα μελέτη μετρήθηκαν 32 φακοί οράσεως (από 4 κατασκευαστές οφθαλμικών φακών) με 5 αντανάκλαστικές επιστρώσεις και σε διαφορετικούς δείκτες διάθλασης 1,50, 1,60 και 1,67. Να σημειωθεί ότι μελετήθηκαν και έτοιμα πρεσβυωπικά γυαλιά καθώς και οι φωτοχρωμικοί φακοί 2 σκουροτήτων όταν είναι αποχρωματισμένοι 2% και 5%), 9 φακοί ηλίου (από πλανόδιους σε διάφορες περιοχές της Αθήνας άγνωστης σκουρότητας) και 15 φακοί ηλίου (3 εταιριών σε 2 διαφορετικές επιστρώσεως και σε διαφορετικούς δείκτες διάθλασης 1,50 και 1,60 σε 2 διαφορετικές σκουρότητας 50% και 90%). Οι φακοί μετρήθηκαν μέσω των φασματοφωτομέτρων Lambda 950 και Lambda 25 (εταιρία PerkinElmer, Shelton ,USA). Μετρήθηκε η διαπερατότητα κάθε φακού ξεχωριστά, για να εξαχθεί το συμπέρασμα αν οι φακοί πληρούν το Ευρωπαϊκό πρότυπο πιστοποίησης, όπου στα 380nm η διαπερατότητα κάθε φακού πρέπει να είναι μικρότερη του 5%. Επίσης ελέγχθηκε αν πληρούν και το Αμερικανικό πρότυπο πιστοποίησης όπου στα 400nm η διαπερατότητα του κάθε φακού είναι μικρότερη του 1%. Επιπροσθέτως, αξιολογήθηκε η μείωση της φωτεινής ευαισθησίας σε 2 ηλικιακές ομάδες 20-29 ετών και 60-69 ετών με τη χρήση των συγκεκριμένων φακών ηλίου άγνωστης σκουρότητας ή των φακών ηλίου με σκουρότητας 50% και 90%. Στην συνέχεια , αναλύθηκαν τα δεδομένα των μετρήσεων του κάθε φακού ξεχωριστά μέσω της βάσης δεδομένων που αναπτύχθηκε.

**Αποτελέσματα:** Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι για τους φακούς οράσεως στον δείκτη διάθλασης 1,50 και σε όλες τις επιστρώσεις καμία εταιρία δεν πληρεί τα κριτήρια πιστοποίησης για το Ευρωπαϊκό και το Αμερικάνικο πρότυπο, εκτός από την εταιρία (1) για τους φωτοχρωμικούς φακούς. Για δείκτη διάθλασης 1,60 μόνο η επίστρωση 1 δεν πληροί κανένα από τα δύο πρότυπα πιστοποίησης, ενώ οι υπόλοιπες επιστρώσεις πληρούν μόνο το ευρωπαϊκό πρότυπο πιστοποίησης. Επιπροσθέτως, ο δείκτης διάθλασης 1,67 στην εταιρία 1 και εταιρίας (2) στις (3) επιστρώσεις πληροί το κριτήριο του Ευρωπαϊκού προτύπου ενώ για το Ευρωπαϊκό πρότυπο μόνο η εταιρία 1 στις επιστρώσεις 2 και 3 πληροί το κριτήριο. Για την εταιρία (4) μόνο ο ένας φακός πληροί και τα 2 πρότυπα πιστοποίησης. Όσον αναφορά τους φακούς ηλίου με διαφορετικές σκουρότητες ο δείκτης διάθλασης 1,60 με σκουρότητα 90% πληροί το Ευρωπαϊκό πρότυπο πιστοποίησης και στις 2 επιστρώσεις σε σχέση με τον δείκτη διάθλαση 1,50 σκουρότητας 90% και 50% σε κάθε επίστρωση. Τέλος, οι φακοί ηλίου της κατηγορίας 4 πληρούν το Ευρωπαϊκό και το Αμερικάνικο πρότυπο αλλά μειώνουν σε μεγάλο βαθμό το ορατό φως (400-700nm)

**Συμπεράσματα:** Είναι απαραίτητο να γίνεται πιο συστηματικός έλεγχος των εταιριών στους φακούς οράσεως για την προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία που προσπίπτει στους οφθαλμούς μιας και η χρήση τους δεν περιορίζεται σε εσωτερικούς χώρους. Επίσης, οι φακοί ηλίου με διαφορετική σκουρότητα θα πρέπει να προστατεύουν τον οφθαλμό 100% από την διέλευση της υπεριώδους ακτινοβολίας μιας και η χρήση τους είναι στον εξωτερικό χώρο χωρίς να μειώνεται σε μεγάλο βαθμό η φωτεινότητα στο ορατό φάσμα (400nm-700nm). Όσον αναφορά τα φακούς ηλίου (άγνωστης σκουρότητας) από πλανόδιους παρόλο που πληρούν και το Ευρωπαϊκό και το Αμερικάνικο πρότυπο πιστοποίησης CE (λόγω της έντονης σκουρότητας) εμφανίζουν σημαντική μείωση στο ορατό φάσμα με αποτέλεσμα σε μερικές περιπτώσεις να τα καθιστά επικίνδυνα για διάφορες καθημερινές ενασχολήσεις (πχ οδήγηση), ιδιαίτερα στα ηλικιωμένα άτομα. Τέλος, είναι απαραίτητο να υπάρξει ένα εξειδικευμένο εργαστήριο στην Ευρώπη όπου θα μετρά όλους τους φακούς κάθε εταιρίας πριν εξέλθουν στην αγορά πώλησης και αν δεν πληρούν τις απαραίτητες προϋπόθεσης να γίνονται οι απαραίτητες συστάσεις στις συγκεκριμένες εταιρίες ώστε να συμμορφώνονται με το απαραίτητο κριτήριο.

**Purpose:** In this study, spectroscopic analysis of a series of ophthalmic lenses, sunglasses of different darkness and sunglasses of unknown darkness was performed. The purpose of the study was to investigate the assumption that the lenses (ophthalmic or for sun) placed on the market meet the certification requirements of the European Certification Standard (CE), which requires less than 5% transmissivity for wavelengths less than 380nm. For this test, spectroscopic measurement of transmissivity was performed on each lens sample.

**Methodology:** 32 lenses (from 4 companies with 5 different coatings and various refractive indices 1,50 , 1,60 and 1,67) were measured in this study. Additionally it should be noted that the ready-made glasses for presbyopia as well as the 2-color photo-chromic lenses were studied when they were discolored by 2% and 5%), 9 sunglasses with unknown darkness (from street vendors in different areas of Athens) and 15 sun-protective lenses (from 3 companies with 2 different coatings and different refractive indices of 1.50 and 1.60 in 2 different darkness levels of 50% and 90%). The lenses were measured with the Lambda 950 and Lambda 25 spectrometer (PerkinElmer, Shelton, USA). The transmissivity of each lens was measured separately to determine if the lenses meet the European certification standard, where the 380nm transmissivity of each lens is less than 5% or the American certification standard, where the 400 nm per transmissivity of each lens is less than 5%. In addition, the reduction in brightness sensitivity was studied in 2 different age groups of a) 20-29 years and b) 60-69 years, when sunglasses of unknown darkness or sunglasses of 50% and 90% darkness were used. The measurement data of each lens were analyzed separately through the database that was developed.

**Results:** The results showed that for the ophthalmic lenses of refractive index 1,50 and in all the coatings, no company meets the certification criteria for the European and American standards, except for the company (1) for their photo-chromic lenses. For the refractive index 1,60 only the coating 1 does not meet either of the two certification standards,

while the other coatings meet only the European certification standard. In addition, the refractive index 1,67 of the company (1) and (2) concerning the 3 coatings, meets the European standard, while for the European standard only the company (1) in coatings 2 and 3 fulfills the criterion. For company (4), only one lens meets both certification standards. With regard to sunglasses with different darkness, the refractive index 1.60 with a 90% darkness meets the European certification standard in both coatings with respect to the refractive index 1.50, of 90% and 50% darkness in each coating. Finally, Class 4 sunglasses meet the European and American standards but greatly reduce visible light (400-700nm).

**Conclusions:** Companies should systematically check the eye protection level of the lenses against the ultraviolet radiation, as their use is not limited to indoor environments. Sun lenses with different darkness, should protect the eye 100% from ultraviolet radiation as long as their use is outdoors without greatly reducing the brightness in the visible spectrum (400nm-700nm). As for the sunglasses (of unknown darkness) from street vendors, even if they meet both the European and American CE certification standards, they provoke a great reduction in the visible spectrum, which in some cases makes them dangerous. Finally, we propose there should be a specialized lab in Europe, to examine all the ophthalmic lenses of each company before their launch into the sales market and to make the appropriate recommendations to the companies if necessary.

## Εισαγωγή

Πολλές μελέτες έχουν επικεντρωθεί στην πλήρη προστασία του οφθαλμού και των μέσων του (κερατοειδής, φακός, ωχρά κηλίδα και αμφιβληστροειδής) από τη χρόνια έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία. Η πιο σημαντική ακτινοβολία που φθάνει στην επιφάνεια της γης και στον οφθαλμό είναι η υπεριώδης ακτινοβολία.

Η υπεριώδης ακτινοβολία διαχωρίζεται σε τρεις περιοχές στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα:

- 1) UVA (από 400nm μέχρι 315nm)
- 2) UVB (από 315nm μέχρι 280nm)
- 3) UVC (από 280nm μέχρι 100nm)

Η υπεριώδης ακτινοβολία δεν φτάνει στην επιφάνεια της γης, γιατί απορροφάται πλήρως από το προστατευτικό φράγμα του ατμοσφαιρικού όζοντος στην ανώτερη ατμόσφαιρα που εξασθενεί την UVB που φτάνει στη γη, αλλά και την υπέρυθρη ακτινοβολία. Η ποσότητα της UVB που φτάνει στα μάτια μας διαφέρει, βέβαια, ανάλογα με την τοποθεσία, την εποχή του έτους και την ώρα της ημέρας (τη θέση και την κατεύθυνση του ήλιου). Επίσης, επηρεάζεται από τα ιδιαίτερα ανατομικά χαρακτηριστικά του κάθε προσώπου (σχήμα και χρώμα δέρματος, βλέφαρα, βλεφαρίδες), τη θέση των ματιών και τον προσανατολισμό της κεφαλής. Για όλα τα παραπάνω είναι απαραίτητη η χρήση γυαλιών ηλίου με κατάλληλους φακούς που ιδανικά θα απορροφούσαν όλη την υπεριώδη (UVA και UVB) ακτινοβολία, που θα είχαν αυξημένη απορροφητικότητα στο μπλε και θα άφηναν να περάσει ένα ποσοστό του ορατού φάσματος ανάλογα με τα επίπεδα περιβαλλοντικών αναγκών.

Επιπροσθέτως, οι φακοί οράσεως αν και πρέπει να παρουσιάζουν μέγιστη διαπερατότητα στο ορατό φάσμα, επειδή η χρήση τους δεν περιορίζεται σε εσωτερικούς χώρους, απαιτείται να προστατεύουν τόσο από το υπεριώδες, αλλά και σε ορισμένες περιπτώσεις από τα χαμηλά μήκη κύματος του ορατού φάσματος (μπλε) που παρουσιάζει υψηλή ενέργεια. Αυτό επιτυγχάνεται κυρίως με τη χρήση κατάλληλων επιστρώσεων.

Περίληψη .....	2
Abstract .....	4
Κεφάλαιο 1 .....	10
1.1 Χιτώνες οφθαλμικού βολβού .....	11
1.1.1 Ινώδης χιτώνας .....	11
1.1.2 Αγγειώδης χιτώνας .....	11
1.1.3 Αμφιβληστροειδής Χιτώνας .....	12
1.1.3.1 Ωχρά κηλίδα .....	13
1.1.3.2 Φωτοϋποδοχείς .....	14
1.1.3.2.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά των φωτοϋποδοχέων .....	15
1.1.3.2.2 Κατανομή φωτοϋποδοχέων .....	16
1.1.3.2.3 Φωτοϋποδοχείς και έγχρωμη όραση .....	16
1.2 Δακρυϊκή στιβάδα .....	18
1.2.1 Γήρανση και δακρυϊκή στοιβάδα .....	18
1.3 Κερατοειδής Χιτώνας .....	19
1.3.1 Ιστολογική δομή του κερατοειδούς .....	19
1.3.1.1 Γήρανση και κερατοειδής .....	21
1.4 Περιεχόμενο οφθαλμικού βολβού .....	22
1.4.1 Υδατοειδές υγρό .....	22
1.4.2 Ίριδα .....	23
1.4.3 Κόρη .....	24
1.4.3.1 Γήρανση και Κόρη .....	25
1.4.4 Κρυσταλοειδής φακός .....	27
1.4.4.1 Γήρανση και Κρυσταλοειδής Φακός .....	29
1.4.5 Υαλώδες σώμα .....	32
1.5 Οπτική και διαθλαστική λειτουργία του οφθαλμού .....	33
1.6 Απορρόφηση και μετάδοση του φωτός από τις επιφάνειες του οφθαλμού .....	35
1.6.1 Κερατοειδής .....	36
1.6.2 Κρυσταλοειδής φακός .....	37
1.6.3 Ωχρά κηλίδα .....	38
1.6.4 Αμφιβληστροειδής χιτώνας .....	38
1.7 Σκέδαση φωτός .....	39
1.8 Συνολική Οφθαλμική Διαπερατότητα .....	40
1.9 Απορροφητικότητα, διαπερατότητα και ανακλαστικότητα .....	40



Κεφάλαιο 2 .....	42
2.1 Οφθαλμικοί φακοί από πλαστικό .....	42
2.2 Φωτοχρωμικοί φακοί .....	42
2.3 Δείκτης διάθλασης .....	43
2.4 Πυκνότητα (density) .....	43
2.5 Αριθμός Abbe .....	43
2.6 Επιστρώσεις .....	44
2.6.1 Αντιχαρακτικές επιστρώσεις .....	45
2.6.3 Λιπόφοβες επιστρώσεις.....	46
2.6.4 Αντιστατική επίστρωση.....	47
2.6.5 Αντιανακλαστικές επιστρώσεις.....	47
2.6.6 Επιστρώσεις για την UV προστασία .....	48
2.6.7 Προστασία από την μπλε ακτινοβολία .....	49
2.7 Εκτίμηση του δείκτη διάθλασης του υλικού του φακού.....	49
Κεφάλαιο 3 .....	50
3.1 Ηλιακή ακτινοβολία.....	50
3.1.2 Μπλε Ακτινοβολία .....	50
3.2 Κίνδυνοι Έκθεσης .....	51
3.2.1 Η καταστροφή του όζοντος.....	51
3.2.2 Υψόμετρο και το γεωγραφικό πλάτος.....	51
3.2.3 Αθροιστικά αποτελέσματα .....	51
3.2.4 Πηγές έκθεσης.....	52
3.2.5 Έκθεση σε απίθανο χρόνο.....	52
3.3 Προστασία από UV ακτινοβολία.....	54
3.3.1 Προστασία από τις πλάγιες περιφερικές ακτίνες .....	54
3.3.2 Αποτέλεσμα Περιφερικών ακτινών φωτός.....	55
3.4 Φακοί ηλίου και απορροφητικότητα στο ορατό φως.....	55
3.4.1 Προστασία των φακών στα γυαλιά ηλίου .....	57
3.5 Είναι ασφαλή τα γυαλιά ηλίου με πιστοποίηση CE;.....	59
3.6 Κατακλείδα.....	59
Πειραματικό μέρος .....	60
Κεφάλαιο 4 .....	60
4.1 Σκοπός μελέτης .....	60
4.2 Λειτουργία φασματοφωτομέτρου .....	60

4.3 Δειγματοληψία.....	66
Κεφάλαιο 5 .....	68
5.1 Στατιστική Ανάλυση.....	68
5.1.1 Οφθαλμικοί Φακοί οράσεως .....	70
5.1.2 Φακοί ηλίου διαφορετικής σκουρότητας.....	81
5.1.2.1 Ποσοτικοποίηση την συνολικής ευαισθησίας φωτεινότητας του οφθαλμού για φακούς ηλίου διαφορετικής σκουρότητας.....	91
Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης αφορούν τους φακούς οράσεως τους φακούς ηλίου διαφορετικής σκουρότητας καθώς και την αλλαγή της σχετικής ευαισθησία φωτεινότητας όταν μπροστά από τους οφθαλμούς τοποθετούνται 2 φακοί ηλίου διαφορετικής σκουρότητας.....	98
5.3 Συμπεράσματα .....	102
Βιβλιογραφία.....	103
Βιβλία .....	103
Άρθρα .....	103
Σημειώσεις μεταπτυχιακού προγράμματος "Οπτική και Όραση" .....	105

# Κεφάλαιο 1

Οι οφθαλμοί αποτελούν το αισθητήριο όργανο της όρασης. Βρίσκονται σε προστατευτική οστική δομή του κεφαλιού (τις κόγχες), αποτελούνται από δυο τμήματα σφαιρών με διαφορετικές ακτίνες, διαθέτουν σύστημα φακών για να εστιάζεται το φως στους υποδοχείς (στοιβάδα υποδοχέων όπου τα φωτεινά ερεθίσματα μετατρέπονται σε νευρικές ώσεις) και σύστημα αγωγής νευρικών ώσεων από τους υποδοχείς στον οπτικό φλοιό. Τα τμήματα των σφαιρών αποτελούνται από το πρόσθιο και προέχον τμήμα του βολβού όπου αντιστοιχεί στον διάφανο κερατοειδή χιτώνα, αναλογεί στο 1/6 της συνολικής επιφάνειας του βολβού και έχει μικρότερη ακτίνα από το οπίσθιο τμήμα που αντιστοιχεί στα υπόλοιπα 5/6. Σε κάθε οφθαλμό διακρίνουμε τον πρόσθιο πόλο που αντιστοιχεί στο κέντρο του κερατοειδούς και τον οπίσθιο πόλο στην διαμετρικά αντίθετη θέση. Η γραμμή που ενώνει τους δύο πόλους αποτελεί τον οπτικό άξονα του οφθαλμικού βολβού. (Lemp & Snell., 1997)



Εικόνα 1: Οπτικός άξονας του οφθαλμού. (Δαμανάκης., 1999)

Οι οπτικοί άξονες των δύο οφθαλμών φέρονται παράλληλα μεταξύ τους στην πρωτεύουσα βλεμματική θέση. Οι διαστάσεις του οφθαλμού είναι περίπου 24mm για την προσθοπίσθια διάμετρο (αξονικό μήκος) και την

εγκάρσια, και 23mm για την κάθετη. Οποιοσδήποτε αποκλίσεις από το μέσο αξονικό μήκος συνήθως έχουν ως αποτέλεσμα την μη ταύτιση του εστιακού επιπέδου του οφθαλμού με τον αμφιβληστροειδή και την εμφάνιση αμετρωπίας (μεγάλο μήκος αντιστοιχεί σε μυωπία και μικρό σε υπερμετρωπία χωρίς αυτό να είναι πάντα δεδομένο). (Lemp & Snell., 1997)

### **1.1 Χιτώνες οφθαλμικού βολβού**

Τα τοίχωμα του οφθαλμικού βολβού αποτελείται από τρεις χιτώνες οι οποίοι από έξω προς τα έσω είναι:

#### **1.1.1 Ινώδης χιτώνας**

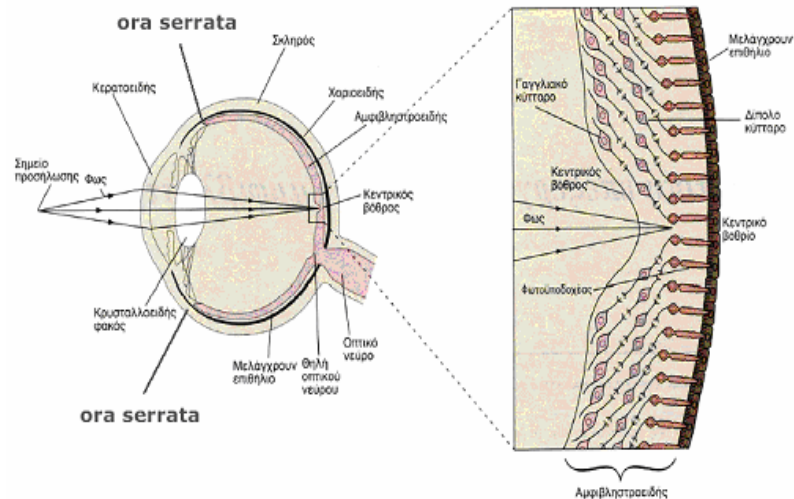
Διακρινόμενος στον κερατοειδή στο πρόσθιο ημιμόριο και τον σκληρό χιτώνα στο οπίσθιο. Ο κερατοειδής διατηρεί την διαφάνεια του χάρη στην διάταξη των κολλαγόνων ινών που αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος του πάχους του και χάρη στην απουσία αγγείων από το εσωτερικό του αφού τρέφεται με διαπίδυση από τα αγγεία του σκληροκερατοειδικού ορίου και το υδατοειδές υγρό. (Lemp & Snell., 1997)

#### **1.1.2 Αγγειώδης χιτώνας**

Ο κύριος φορέας των αγγείων του βολβού. Διακρινόμενος από πίσω προς τα εμπρός στο χοριοειδή, που είναι υπεύθυνος για την θρέψη της έξω κυρίως μοίρας του αμφιβληστροειδή, το ακτινωτό σώμα, που είναι υπεύθυνο για την παραγωγή του υδατοειδούς υγρού και φέρει και τον μυ της προσαρμογής, και την ίριδα που φέρει την κόρη, το διάφραγμα δηλαδή του οφθαλμού, του οποίου οι διαστάσεις μεταβάλλονται για να ρυθμίσουν την ποσότητα φωτός που εισέρχεται στον οφθαλμό. Ο σφικτήρας και ο διαστολέας μυς της κόρης είναι λείοι μύες, μέσα στο υπόστρωμα της ίριδας και προκαλούν την στένωση (μύση) και την διεύρυνση (μυδρίαση) της κόρης. (Lemp & Snell., 1997)

### 1.1.3 Αμφιβληστροειδής Χιτώνας

Βρίσκεται μεταξύ του χοριοειδούς χιτώνα και του υαλοειδούς. Ο αμφιβληστροειδής χιτώνας εκτείνεται από το κυκλικό χείλος του οπτικού δίσκου (optic disc), από όπου οι οπτικές ίνες εξέρχονται του οφθαλμού, προς την πριονωτή περιφέρεια (ora serrata), ενώ αποτελεί συνέχεια των επιθηλιακών στρωμάτων του ακτινωτού σώματος. Ο αμφιβληστροειδής αποτελείται από ένα εξωτερικό μελαγχρωστικό στρώμα το οποίο είναι σφιχτά προσκολλημένο στο χοριοειδή χιτώνα και το νευρωνικό αμφιβληστροειδή. Ο τελευταίος συνδέεται με το μελάγχρουν επιθήλιο (pigment epithelium), με το χοριοειδή μόνο σε ένα περιθηλαίο δακτύλιο γύρω από το δίσκο και στην πριονωτή περιφέρεια. Παρόλο που αποτελείται από εκατομμύρια κύτταρα τα οποία επιτελούν ποικίλες λειτουργίες, ο νευρωνικός αμφιβληστροειδής έχει τη μορφή λεπτής, διαφανούς μεμβράνης. Στον αμφιβληστροειδή πραγματοποιείται η μετατροπή της φωτεινής ενέργειας σε νευρωνικό σήμα. Περιέχει τα τρία πρώτα κύτταρα (φωτοϋποδοχείς, δίπολα και γαγγλιακά) στην οπτική οδό, τη διαδρομή μέσω της οποίας η οπτική πληροφορία από το περιβάλλον φτάνει στον εγκέφαλο για να αναγνωρισθεί. Οι φωτοϋποδοχείς μετατρέπουν τα φωτόνια φωτός σε νευρωνικό σήμα μέσω της διαδικασίας της φωτομετατροπής κι έπειτα το σήμα αυτό μεταβιβάζεται στα δίπολα κύτταρα, τα οποία με τη σειρά τους συνάπτονται με τα γαγγλιακά, τα οποία μεταδίδουν το σήμα από τον οφθαλμό. Τα υπόλοιπα κύτταρα του αμφιβληστροειδούς (οριζόντια, αμακρύινα) τροποποιούν και ολοκληρώνουν το σήμα πριν φύγει από τον οφθαλμό. Ο αμφιβληστροειδής διαιρείται σε κεντρικό και περιφερικό. Ο περιφερικός αμφιβληστροειδής συμμετέχει στην ανίχνευση της αδρής μορφής και της κίνησης, ενώ ο κεντρικός στην οπτική οξύτητα. Το μεγαλύτερο τμήμα του αμφιβληστροειδούς αποτελεί ο περιφερικός στον οποίο υπερτερούν τα ραβδία. Το κεντρικό τμήμα αποτελεί ένα σχετικά μικρό κομμάτι του συνολικού αμφιβληστροειδούς πλούσιο σε κωνία, ενώ χαρακτηρίζεται και από τη μέγιστη πυκνότητα γαγγλιακών κυττάρων. (Ψύλλας., 1994 , Kandel & Schwartz & Jessell., 2011)



Εικόνα 2: Οριζόντια τομή οφθαλμικού βολβού και θέση του αμφιβληστροειδή σε αυτόν (αριστερά), λειτουργικές κατηγορίες νευρώνων (δεξιά). (Kandel & Schwartz & Jessell., 2011)

### 1.1.3.1 Ωχρά κηλίδα

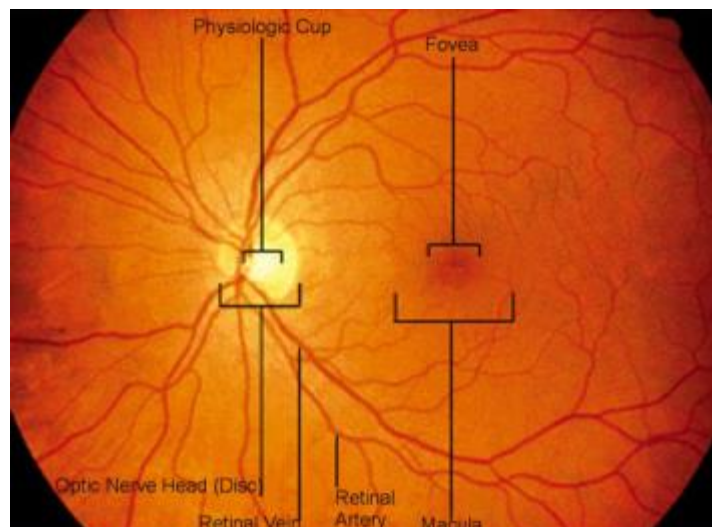
Η ωχρά κηλίδα (macula lutea) αποτελεί την περιοχή του οπίσθιου πόλου που συντελεί στην εντονότερη οπτική οξύτητα και χρωματική όραση. Η ωχρά κηλίδα εμφανίζεται ως μια σκούρα περιοχή στον κεντρικό αμφιβληστροειδή και φέρει μια κίτρινη απόχρωση εξαιτίας της ύπαρξης χρωστικών ξανθοφύλλης όπως η λουτεΐνη και η ζεαξανθίνη. (Remington., 2012, Park et al., 2000)

Οι χρωστικές αυτές απαντούν σε όλη την έκταση του αμφιβληστροειδούς, εμφανίζουν όμως μέγιστη συγκέντρωση στην ωχρά κηλίδα. Κατά κύριο λόγο εμφανίζονται στις εσωτερικές ίνες των φωτοϋποδοχέων αλλά και στα εξωτερικά τμήματα των ραβδίων. (Rapp et al., 2000, La., & Ehinger., 2006, Nussbaum et al., 1981)

Οι χρωστικές προσλαμβάνονται με τις τροφές και δρουν ως φίλτρα, απορροφώντας τα μικρού μήκους κύματα ορατού φωτός προκειμένου να περιορίζονται οι χρωματικές εκτροπές και ενώ έχει αναφερθεί ότι εμφανίζουν και αντιοξειδωτική δράση παίζοντας προστατευτικό ρόλο έναντι των επιπτώσεων της υπερϊώδους ακτινοβολίας. (Rapp et al., 2000)

Η ωχρά κηλίδα φέρει διάμετρο περί τα 5.5mm με το κέντρο της να βρίσκεται σε απόσταση περίπου 3.5mm πλευρικά του ορίου του οπτικού δίσκου και 1mm κάτωθεν του κέντρου του. Τα κύτταρα του μελάγχρου επιθηλίου είναι ψηλότερα και περιέχουν περισσότερη χρωστική από τα κύτταρα σε οποιαδήποτε άλλη περιοχή του αμφιβληστροειδούς, συνεισφέροντας έτσι στη σκοτεινότητα αυτής της περιοχής. Ωστόσο, η πυκνότητα της χρωστικής ποικίλλει σημαντικά από άτομο σε άτομο. Στην

έγχρωμη όραση συμμετέχει μια περιοχή διαμέτρου 9mm περίπου, το κέντρο της οποίας είναι η ωχρά κηλίδα. (Cohen.,1992)



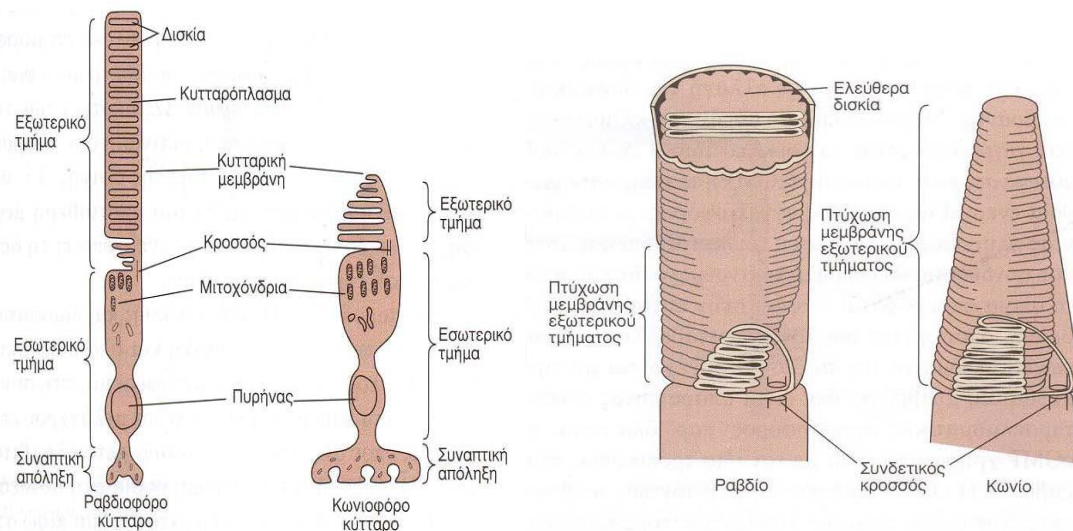
Εικόνα 3: Φωτογραφική απεικόνιση του βυθού του οφθαλμού. (Cohen.,1992)

### 1.1.3.2 Φωτοϋποδοχείς

Στα μέσα του 19ου αιώνα, ψυχοφυσικές μελέτες (π.χ. Hecht., 1937,Wald., 1945) έδειξαν ότι σχεδόν όλες οι δοκιμασίες αξιολόγησης της οπτικής απόδοσης μπορούν να διαχωριστούν σε δύο τμήματα: ένα τμήμα που ανταποκρίνεται σε χαμηλά επίπεδα φωτεινότητας (σκοτοπική όραση) και οφείλεται στη λειτουργία **των ραβδίων**, κι ένα τμήμα που ανταποκρίνεται σε υψηλά επίπεδα φωτεινότητας και οφείλεται στη λειτουργία **των κωνίων** (φωτοπική όραση). Επομένως, τα ραβδία λειτουργούν στο αμυδρό φως (ημίφως) και στο σκοτάδι, όταν τα περισσότερα ερεθίσματα είναι πολύ αδύνατα ώστε να διεγείρουν τα κωνία, αλλά στο έντονο φως χάνουν αυτήν την δυνατότητα. Αντιθέτως, τα κωνία είναι λιγότερο ευαίσθητα από τα ραβδία αλλά υπεύθυνα για την όραση στο φως. Σε αντίθεση με τους περισσότερους νευρώνες, τα ραβδία και τα κωνία δεν παράγουν δυναμικά ενέργειας, αλλά αποκρίνονται στο φως με διαβαθμισμένες αλλαγές του δυναμικού μεμβράνης. (Ψύλλας., 1994)

### 1.1.3.2.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά των φωτοϋποδοχέων

Τόσο τα ραβδία όσο και τα κωνία έχουν ένα εσωτερικό κι ένα εξωτερικό τμήμα τα οποία συνδέονται μ' έναν κροσσό. Τα ονόματά τους βασίζονται στο σχήμα του εξωτερικού τμήματός τους (το εξωτερικό τμήμα των κωνίων είναι ελαφρώς κωνικό, ενώ εκείνο των ραβδίων κυλινδρικό). Το εσωτερικό τμήμα περιέχει τον πυρήνα του κυττάρου και το μεγαλύτερο μέρος των βιοσυνθετικών οργανιδίων και βρίσκεται περισσότερο προς την εγγύς επιφάνεια του αμφιβληστροειδή. Το εξωτερικό τμήμα, μια περιοχή εξειδικευμένη στη φωτομετατροπή, αποτελείται από μια στήλη μεμβρανικών δισκίων, τα οποία περιέχουν τις οπτικές χρωστικές. (Ψύλλας., 1994 , Kandel & Schwartz & Jessell., 2011)

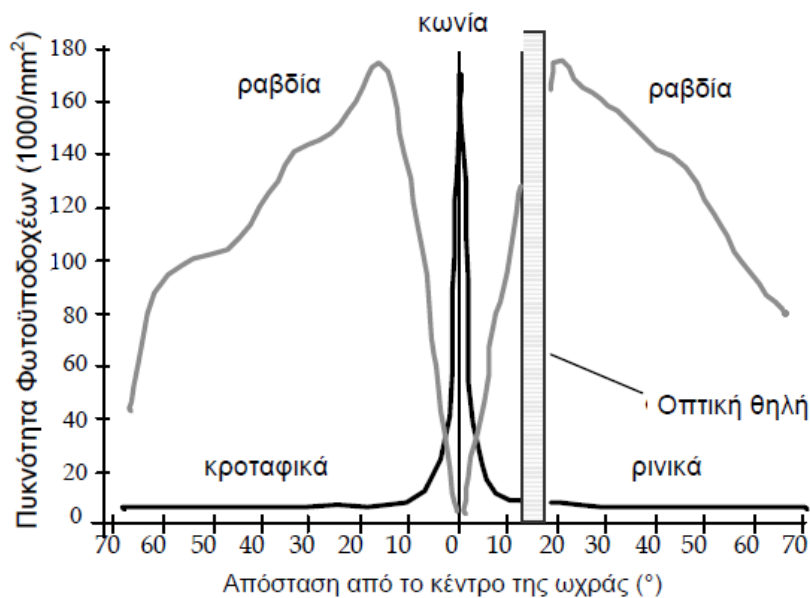


Εικόνα 4: Επιμέρους μορφολογικά χαρακτηριστικά των δύο τύπων φωτοϋποδοχέων, των ραβδίων και των κωνίων (αριστερά). Το εξωτερικό τμήμα των φωτοϋποδοχέων (δεξιά). (Ψύλλας., 1994 , Kandel & Schwartz & Jessell., 2011)



### 1.1.3.2.2 Κατανομή φωτοϋποδοχέων

Ο αμφιβληστροειδής περιέχει περίπου 5 εκατομμύρια κωνία και 120 εκατομμύρια ραβδία. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τα ραβδία και τα κωνία δεν διανέμονται ομοιόμορφα. Τα ραβδία, βρίσκονται επί το πλείστον στην περιφέρεια του αμφιβληστροειδή (μέγιστη πυκνότητα περίπου στις 20° από το κέντρο της ωχράς), ενώ τα κωνία είναι επί το πλείστον συγκεντρωμένα στο κεντρικό βοθρίο (όπου δεν υπάρχουν καθόλου ραβδία). Αυτή η σημαντική διαφορά απεικονίζει τους διαφορετικούς ρόλους των κεντρικών και περιφερικών περιοχών του αμφιβληστροειδή. Ο κεντρικός αμφιβληστροειδής είναι εξειδικευμένος για την αναγνώριση ενώ η περιφέρεια είναι εξειδικευμένη για την ανίχνευση ερεθισμάτων. (Kandel & Schwartz & Jessell., 2011)

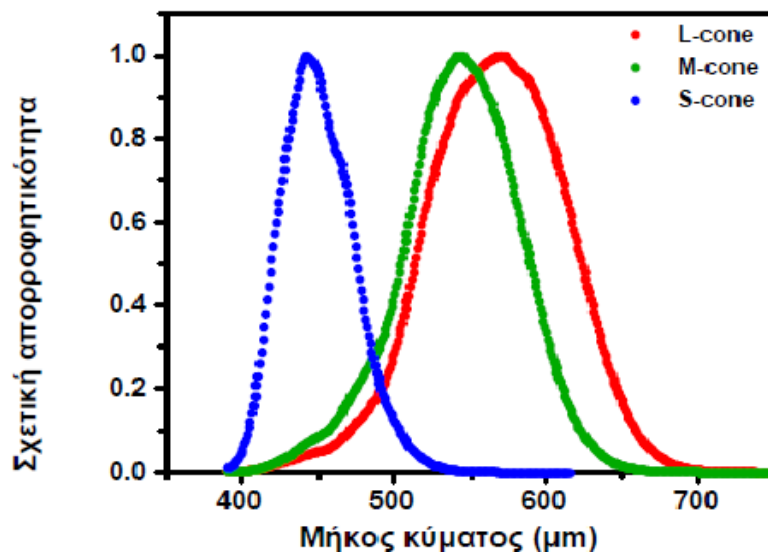


Εικόνα 5: Κατανομή των φωτοϋποδοχέων κατά μήκος ενός οριζόντιου άξονα στον αμφιβληστροειδή. Τα κωνία παρουσιάζουν την μέγιστη πυκνότητα στο κέντρο της ωχράς κηλίδας, ενώ τα ραβδία 20° κροταφικά και ρινικά. Στην κεντρική περιοχή (1°) δεν υπάρχουν καθόλου ραβδία, ενώ η οπτική θηλή (περιοχή από όπου αποφύεται το οπτικό νεύρο) στερείται φωτοϋποδοχέων. (Kandel & Schwartz & Jessell., 2011)

### 1.1.3.2.3 Φωτοϋποδοχείς και έγχρωμη όραση

Τέλος, τα κωνία διεκπεραιώνουν την **έγχρωμη όραση**. Υπάρχουν τρεις τύποι κωνίων, που περιέχουν, ο καθένας, μια οπτική χρωστική ευαίσθητη σε ένα διαφορετικό τμήμα του φάσματος. Ο εγκέφαλος αποκτά

πληροφορίες για τα χρώματα, συγκρίνοντας τις αποκρίσεις των τριών κωνίων. Αντιθέτως τα ραβδία περιέχουν μόνο ένα είδος χρωστικής (ροδοψίνη, 496nm), με αποτέλεσμα να απαντούν όλο με τον ίδιο τρόπο σε διαφορετικά μήκη κύματος. Για τον λόγο αυτό η όραση μέσω των ραβδίων δεν είναι έγχρωμη. Οι χρωστικές των κωνίων, όπως και η ροδοψίνη των ραβδίων, αποτελούνται από μια πρωτεΐνη, την οψίνη και την φωτοευαίσθητη ουσία 11-cis-ρετινάλη. Καθεμία από τις τρεις χρωστικές των κωνίων περιέχει διαφορετική οψίνη. Η πρώτη χρωστική (S κωνία) είναι ευαίσθητη κυρίως σε βραχέα μήκη κύματος, η δεύτερη (M κωνία) είναι επιλεκτική σε μεσαία μήκη κύματος και η τρίτη (L κωνία) αποκρίνεται σε μακρά μήκη κύματος (Σχ. 13). Όταν ένα κωνίο απορροφά ένα φωτόνιο, η ηλεκτρική του απόκριση είναι πάντοτε η ίδια, ανεξάρτητα από το μήκος κύματος του φωτονίου. Έτσι τα επιμέρους κωνία δεν διαβιβάζουν πληροφορίες για το μήκος κύματος ενός φωτεινού ερεθίσματος. Αυτό δεν σημαίνει ότι δεν ανταποκρίνονται κατά προτίμηση σε συγκεκριμένα μήκη κύματος. Αντιθέτως, εκείνο που μεταβάλλεται με το μήκος κύματος είναι η πιθανότητα απορρόφησης ενός φωτονίου, όχι η ηλεκτρική απόκριση αυτή καθ' αυτήν. (Kandel et al., 2011)



Εικόνα 6: Καμπύλες φασματικής ευαισθησίας των χρωστικών ουσιών των τριών κωνίων (Stockman and Sharpe, 2000). Φωτόνια με διαφορετικό μήκος κύματος έχουν διαφορετικές πιθανότητες να απορροφηθούν από τους τρεις τύπους κωνίων

## 1.2 Δακρυϊκή στιβάδα

Η δακρυϊκή στιβάδα έχει χαρακτηριστεί ως η πρώτη επιφάνεια του ματιού με διαθλαστικές ιδιότητες. Λόγω των διαφορών του δείκτη διάθλασης της επιφάνειας των δακρύων με τον αέρα, αναφέρεται συχνά ότι είναι η πιο ισχυρή διαθλαστική επιφάνεια. Η διεπιφάνεια των δακρύων και του κερατοειδή έχει διάμετρο 7,8 mm και έχει έναν δείκτη διάθλασης περίπου 1.336. Λόγω των ιδιοτήτων της επιφάνειας αυτού του ιστού, οποιαδήποτε μεταβολή στην οπτική ποιότητα της δακρυϊκής στιβάδας μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την ποιότητα της εικόνας του αμφιβληστροειδούς. (Lemp., & Snell., 1997, Ψύλλας., 1994)

### 1.2.1 Γήρανση και δακρυϊκή στιβάδα

Η δακρυϊκή στιβάδα έχει μεγάλη σημασία διότι αποτελεί την πρώτη διαθλαστική επιφάνεια του οφθαλμού. Η παραγωγή δακρύων ελαττώνεται με την αύξηση της ηλικίας και τα ποσοστά εξάτμισης είναι υψηλότερα σε ηλικίες (> 45 ετών). Αν δεν υπάρχει κάποιο παθολογικό πρόβλημα στη στιβάδα των δακρύων το δακρυϊκό φιλμ διατηρείται και προσφέρει συνήθως ικανοποιητική ποιότητα όρασης.

Age (years)	Males*	Females*
6-9	63	64
10-19	59	63
20-29	41	47
30-39	41	34
40-49	31	38
50-59	23	26
60-69	21	24
70-79	16	17
80+	11	16

\* mm of wetting of standard Schirmer strip 60mm long in five minutes

Εικόνα 7: Συσχέτιση ηλικίας και φύλλου με την παραγωγή δακρύων. (Guillon., & Maissa., 2010)

Με την πάροδο της ηλικίας η έκκριση των δακρύων μειώνεται. Οι περισσότεροι ασθενείς παραμένουν ασυμπτωματικοί παρά την μειωμένη έκκριση δακρύων. (Guillon., & Maissa., 2010)

## 1.3 Κερατοειδής Χιτώνας

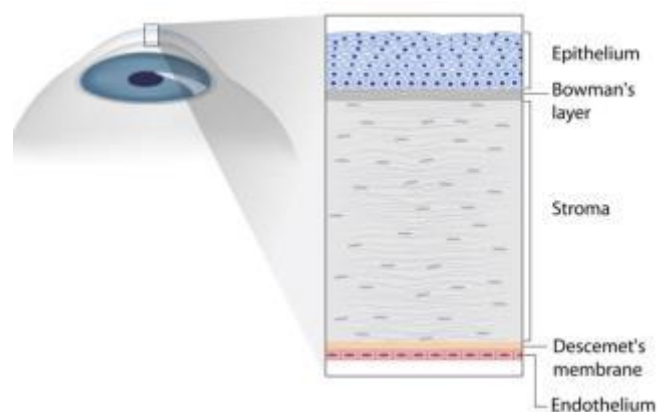
Ο κερατοειδής χιτώνας καταλαμβάνει το πρόσθιο και διαφανές τμήμα του ινώδη χιτώνα του οφθαλμικού βολβού και αποτελεί το κυριότερο διαθλαστικό μέσο του οπτικού συστήματος του οφθαλμού.

Η διαθλαστική του ισχύς ανέρχεται περίπου σε 45 διοπτρίες και η διαφάνειά του επιτρέπει την διόδο εντός του οφθαλμού των φωτεινών ακτίνων που προέρχονται από τα διάφορα αντικείμενα του περιβάλλοντος χώρου, για να ερεθίσουν τον αμφιβληστροειδή. Είναι ένας ανάγγειος ιστός, ο οποίος αποτελεί το πρόσθιο 1/6 τμήμα του βολβού του οφθαλμού, ενώ τα υπόλοιπα 5/6 αποτελούν τον αδιαφανή σκληρό χιτώνα του οφθαλμικού βολβού. Ο κυριότερος παράγοντας που συμβάλλει στη διαφάνεια του κερατοειδή είναι η ομοιόμορφη και κανονική διάταξη των ελασμάτων του στρώματος, αλλά και των κολλαγόνων ινιδίων που τα αποτελούν, καθώς και η ύπαρξη μικρού αριθμού κυττάρων στο στρώμα. Είναι γνωστό, ότι μικρές μεταβολές στην καμπυλότητα του επιφέρουν σημαντικές αλλαγές στη διαθλαστική του ισχύ. (Μόσχος., 2003)

### 1.3.1 Ιστολογική δομή του κερατοειδούς

Ο κερατοειδής αποτελείται από δύο επιφάνειες την πρόσθια και την οπίσθια, οι οποίες μεταξύ τους διαχωρίζονται από 5 στοιβάδες :

- a) Επιθήλιο.
- b) Μembrάνη του Bowman ή πρόσθιο αφοριστικό πέταλο.
- c) Ίδια ουσία ή στρώμα.
- d) Μembrάνη του Descemet ή οπίσθιο αφοριστικό πέταλο.
- e) Ενδοθήλιο.



Εικόνα 8: Στιβάδες κερατοειδούς. (Μόσχος., 2003)

### Επιθήλιο:

Το επιθήλιο του κερατοειδούς είναι πολύστιβο πλακώδες. Αποτελείται από την βασική μεμβράνη πάνω από την οποία στηρίζεται ένας τοίχος κυλινδρικών κυττάρων, που αποτελούν την μητρική ή βασική στιβάδα του επιθηλίου. (Μόσχος., 2003)

### Μεμβράνη του Bowman(ή πρόσθιο αφοριστικό πέταλο):

Είναι ένα ομοιόμορφα παχύ πέταλο πάχους 10-16 μm και βρίσκεται κάτω ακριβώς από την βασική μεμβράνη του κερατικού επιθηλίου. Αποτελείται από σύμπλεγμα κολλαγόνων ινιδίων χωρίς κύτταρα. (Μόσχος., 2003)

### Ιδία ουσία ή στρώμα:

Το στρώμα αποτελεί το 90% του πάχους του κερατοειδούς και σχηματίζεται από τις κολλαγόνες ίνες και τα κερατοκυττάρα. Οι κολλαγόνες ίνες έχουν χαρακτηριστική παράλληλη διάταξη μεταξύ τους και πολλές μαζί δημιουργούν ένα πέταλο. (Μόσχος., 2003)

### Μεμβράνη του Descemet(ή οπίσθιο αφοριστικό πέταλο):

Η μεμβράνη του Descemet αποτελεί ένα πέταλο πάχους 6-10 μm, πολύ ελαστικό, που βρίσκεται κάτω από το στρώμα του κερατοειδούς με το οποίο συνδέεται χαλαρά. Αποτελείται από πλέγμα κολλαγόνων ινιδίων και στερείται κυττάρων. (Μόσχος., 2003)

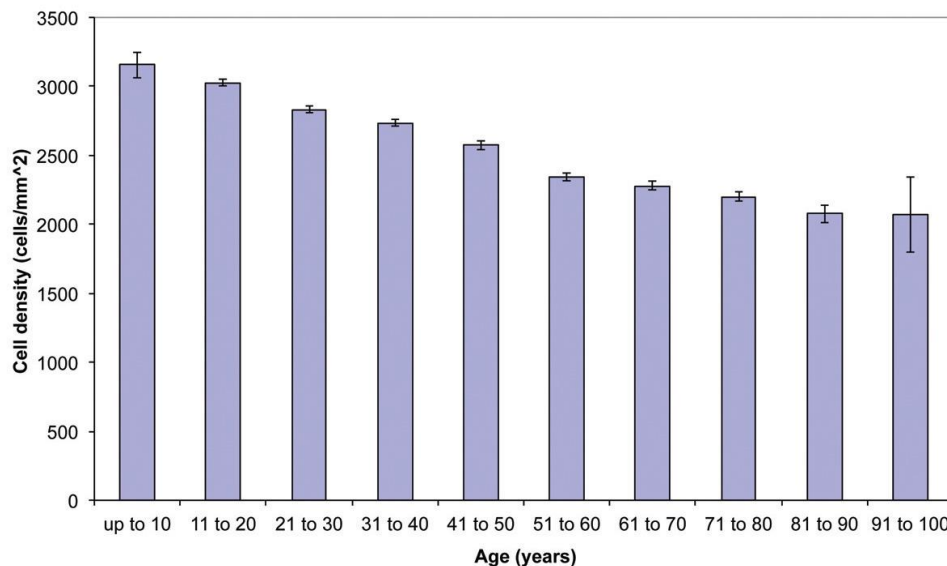
### Ενδοθήλιο:

Το ενδοθήλιο αποτελείται από μια στιβάδα αποπλατυσμένων εξαγωνικών κυττάρων, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με προεκβολές της κυτταρικής τους επιφάνειας. Τα ενδοθηλιακά κύτταρα, όταν καταστρέφονται δεν αναπαράγονται, ο αριθμός τους μειώνεται με την ηλικία και το κενό που δημιουργείται, καλύπτεται με εξάπλωση των διπλανών κυττάρων. Γι'αυτό στην παιδική ηλικία τα κύτταρα του ενδοθηλίου είναι υψηλά και κυβοειδή, ενώ στους ενήλικους είναι πιο επίπεδα. (Μόσχος., 2003)

### 1.3.1.1 Γήρανση και κερατοειδής

Ο κερατοειδής και οι δομές του δεν μεταβάλλονται σημαντικά με την αύξηση της ηλικίας. Παρ'όλα αυτά, θα υπάρξουν κάποιες οπτικές μεταβολές. Η κερατοειδική καμπυλότητα, το πάχος, και ο δείκτης διάθλασης δεν έχουν ουσιαστικές μεταβολές, αλλά υπάρχει αλλαγή του κερατοειδικού αστιγματισμού, αλλά συνήθως υπάρχει μια αργή μετατόπιση από τον επικρατέστερο άξονα σύμφωνα με τον κανόνα (οριζόντιος άξονας κερατοειδούς) προς τον αντίστροφο άξονα παρά τον κανόνα (κάθετος άξονας κερατοειδούς). (Lyle.,1971, &Saunders.,1988)

Η μετατόπιση αυτή οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην αύξηση της κλίσης στο οριζόντιο μεσημβρινό (Baldwin., & Mills., 1981) και μερική μεταβολή στην ασφαιρικότητα τόσο της πρόσθιας όσο και στην οπίσθια επιφάνεια (Dubbelman et al., 2006). Επιπροσθέτως, υπάρχει μια εξαρτώμενη από την ηλικία μείωση της ευαισθησίας του κερατοειδούς (Millodot., 1977) καθώς και μείωση στην πυκνότητα των ενδοθηλιακών κυττάρων (Abib., 2001). Τέλος, η σκέδαση του φωτός στον κερατοειδή αυξάνεται σε μικρό βαθμό με την αύξηση της ηλικίας (Allen., & Vos., 1967).



Εικόνα 9: Διάγραμμα μείωσης των ενδοθηλιακών κυττάρων συνάρτηση την ηλικίας. (Οι ράβδοι σφαλμάτων παριστάνουν τυπικά σφάλματα του μέσου όρου) (Abib., & Barreto.,2001).

## 1.4 Περιεχόμενο οφθαλμικού βολβού

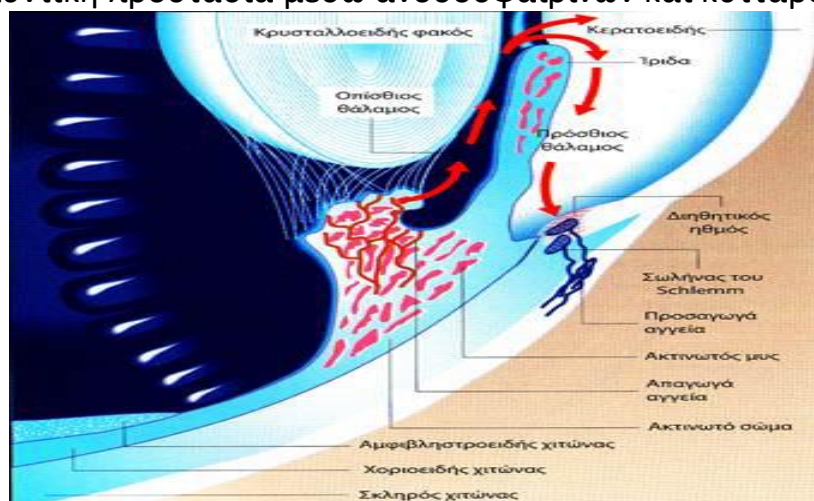
Το περιεχόμενο του βολβού μαζί με τον κερατοειδή αποτελεί την διαθλαστική συσκευή του βολβού. Το περιεχόμενα από τα οποία αποτελείται αναλύονται παρακάτω.

### 1.4.1 Υδατοειδές υγρό

Το υδατοειδές είναι άχρωμο και διαυγές υγρό, παράγεται από το ακτινωτό σώμα. Μέσω της κόρης μετακινείται από τον οπίσθιο θάλαμο στον πρόσθιο, από όπου αποχετεύεται μέσω του διηθητικού ηθμού. Στην γωνία του προσθίου θαλάμου προς το σωλήνα του Schlemm και τις επισκλήριες φλέβες. Συμμετέχει στην μηχανική σταθερότητα του βολβού, στην διατροφή του φακού και την απομάκρυνση των παραπροϊόντων του μεταβολισμού. Η σύσταση του είναι παρόμοια με αυτή του πλάσματος, αλλά περιέχει πολύ μικρότερο ποσό πρωτεϊνών. (Snell., 1992)

Οι λειτουργίες του υδατοειδούς υγρού είναι:

- a) Διατήρηση της ενδοφθάλμιας πίεσης και του όγκου του βολβού
- b) Διατροφή του φακού και του εσωτερικού τμήματος του κερατοειδή
- c) Αντιοξειδωτική προστασία στο πρόσθιο ημιμόριο μέσω ασκορβικού οξέος
- d) Αμυντική προστασία μέσω ανοσοσφαιρινών και κυτταροκινών



Εικόνα 10: Λειτουργία υδατοειδούς υγρού. (Snell., 1992)

## 1.4.2 Ίριδα

Η ίρις, κοινώς ίριδα, ονομάζεται στην ανατομία του οφθαλμού το δισκοειδές διάτρητο διάφραγμα στην πρόσθια μοίρα του οφθαλμού που βρίσκεται μεταξύ του κερατοειδή χιτώνα και του φακού και στο μέσον της οποίας βρίσκεται το άνοιγμα της κόρης.



Εικόνα 11: Η ίριδα του οφθαλμού. (Ψύλλας., 1994)

Η ίριδα μπορεί να έχει διάφορα χρώματα, όπως μαύρο, καφέ, γαλάζιο ή πράσινο. Σε μερικούς ανθρώπους η ίριδα του ενός ματιού έχει διαφορετικό χρώμα από του άλλου, μια κατάσταση που ονομάζεται ετεροχρωμία.



Εικόνα 12: Διαφορά χρώματος ίριδας, η λεγόμενη ετεροχρωμία. (Lemp & Snell., 1997)



Το χρώμα της ίριδας οφείλεται ουσιαστικά στην μελανίνη, την ουσία που χρωματίζει τα μαλλιά και το δέρμα. (Lemp & Snell., 1997, Ψύλλας., 1994)

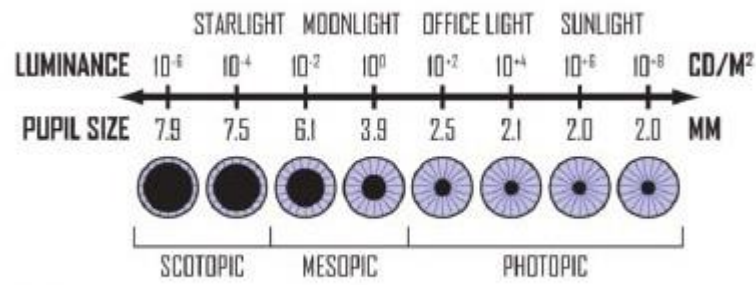
### 1.4.3 Κόρη

Η κόρη είναι το μεταβλητό σε μέγεθος άνοιγμα του ματιού στο κέντρο της ίριδας, στον άνθρωπο το σχήμα της είναι κυκλικό. Η κόρη ρυθμίζει την ποσότητα του φωτός που μπαίνει στο μάτι. Φαίνεται μαύρη επειδή το φως που τη διαπερνά απορροφάται από τους ιστούς στο εσωτερικό του ματιού. Συνήθως οι κόρες και των δύο ματιών έχουν το ίδιο μέγεθος. Η συστολή (μύση) και διαστολή (μυδρίαση) της κόρης είναι το πιο κλασικό και χειροπιαστό παράδειγμα της αλληλεπίδρασης νευρικού συστήματος και ερεθισμάτων στο ανθρώπινο σώμα. Η λειτουργία αυτή ρυθμίζεται μέσω της ισορροπίας ανάμεσα στο συμπαθητικό νευρικό σύστημα που νευρώνει το διαστολέα της κόρης και το παρασυμπαθητικό νευρικό σύστημα, που νευρώνει το σφιγκτήρα της κόρης που δρουν ανταγωνιστικά μεταξύ τους (η διαστολή της κόρης ελέγχεται από το συμπαθητικό, ενώ η συστολή από το παρασυμπαθητικό).

Το μέγεθος της κόρης ελέγχεται με ακούσια συστολή και διαστολή της ίριδας μέσω του φωτοανακλαστικού, έτσι ώστε να ρυθμίζεται η ποσότητα του φωτός που μπαίνει στο μάτι. Σε κανονικό φωτισμό, η κόρη του ανθρώπινου ματιού έχει διάμετρο περίπου 3-4 χιλιοστά, σε έντονο φως ή κόρη έχει διάμετρο περίπου 1,5 χιλιοστά, ενώ σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού διαστέλλεται σε διάμετρο περίπου 8 χιλιοστών. (Lemp & Snell., 1997, Ψύλλας., 1994)

#### Συστολή και διαστολή της κόρης

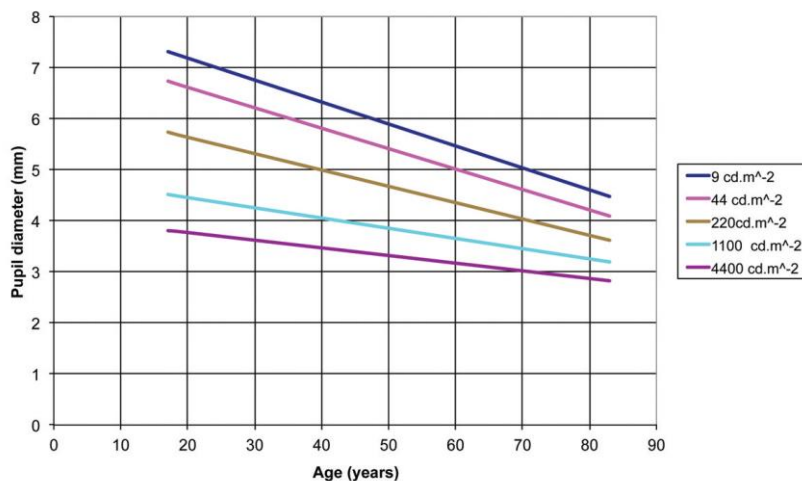
Όταν στο μάτι πέφτει δυνατό φως, η κόρη θα συσταλεί αυτόματα (μύση). Αυτή η αντίδραση είναι το λεγόμενο φωτοανακλαστικό, και η λειτουργία του ή μη αποτελεί σοβαρή ένδειξη για τον έλεγχο της λειτουργίας των βασικών εγκεφαλικών λειτουργιών. Επιπλέον, η κόρη συστέλλεται όταν βλέπουμε κοντινά αντικείμενα (αντανακλαστικό της προσαρμογής). Αντίθετα, η κόρη διαστέλλεται (μυδρίαση) αν κάποιος δει ένα αντικείμενο που προκαλεί ενδιαφέρον, ή αν αισθανθεί απειλή, κίνδυνο ή πόνο (ψυχοαισθητικό αντανακλαστικό). Επίσης, όταν μόνο το ένα μάτι φωτίζεται, συστέλλονται και οι δύο κόρες (συνεργές αντανακλαστικό). (Lemp & Snell., 1997, Ψύλλας., 1994)



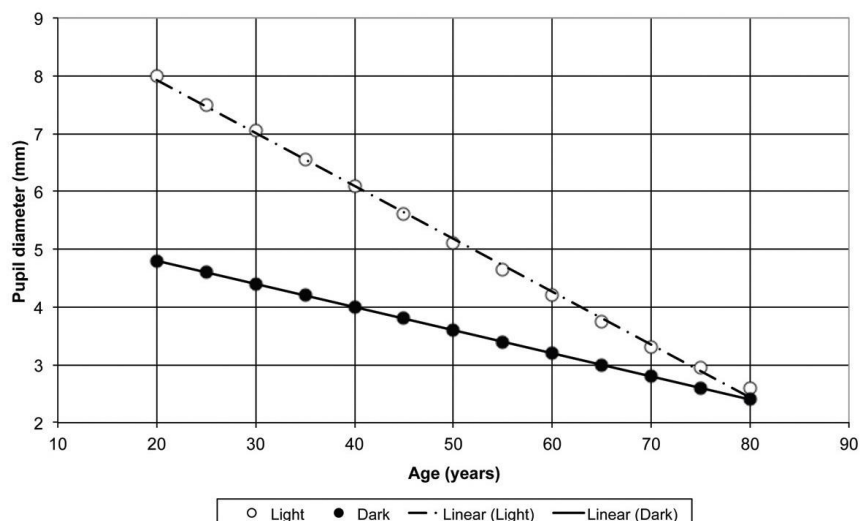
Εικόνα 13: Διάμετρος κόρης σε διάφορες συνθήκες φωτισμού. (Lemp & Snell., 1997)

### 1.4.3.1 Γήρανση και Κόρη

Η κόρη είναι η διαφραγματική οπή για το οπτικό σύστημα του οφθαλμού και, ως εκ τούτου, έχει μεγάλη σημασία για την εστίαση και την ποιότητα της εικόνας στον αμφιβληστροειδή. Όπως είναι γνωστό, η διάμετρος της κόρης υπό σταθερές συνθήκες φωτισμού μειώνεται προοδευτικά με την ηλικία σε όλα τα επίπεδα φωτεινότητας (γεροντική μίση), (εικόνα παρακάτω) και περαιτέρω στοιχεία για την αύξηση της κόρης σε φωτοπικές και σκοτοπικές συνθήκες συναρτήσει της ηλικίας φαίνονται στην εικόνα παρακάτω.



Εικόνα 14: Διάγραμμα μείωσης της κόρης εισόδου σε διαφορετικές φωτοπικές συνθήκες συναρτήσει της ηλικίας (Winn et al., 1994)



Εικόνα 15: Διάγραμμα της κόρης εισόδου σε φωτοπικές και σκοτοπικές συνθήκες συναρτήσει της ηλικίας (Kornzweig., 1954)

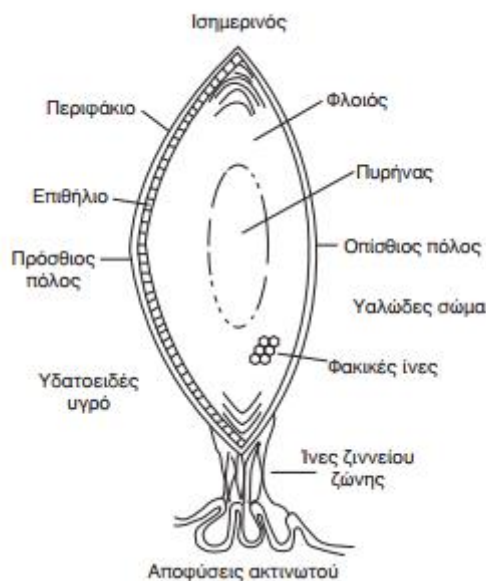
Θα πρέπει να αναφερθεί ότι για το ίδιο πεδίο φωτισμού και σε συνθήκες διόφθαλμης παρατήρησης η διάμετρο της κόρης είναι μικρότερη σε σχέση με την μονόφθαλμη παρατήρηση, αν και γίνονται οι ίδιες σε εξαιρετικά χαμηλά ή εξαιρετικά υψηλά επίπεδα φωτεινότητας.

Η μείωση αυτή είναι ουσιαστικά γραμμική με την ηλικία και ξεκινά από τα εφηβικά χρόνια και πολύ πριν από την έναρξη της πρεσβυωπίας. Η κόρη στην πρεσβυωπίας είναι <5 mm σε διάμετρο κάτω από τις περισσότερες συνθήκες καλού φωτισμού. Αυτό είναι σημαντικό στα μάτια όπου για την διόρθωση της πρεσβυωπίας έχουν δοθεί φακοί επαφής διπλεστακοί ή πολυεστιακοί φακοί ταυτόχρονη όραση ή την διόρθωση με ενδοφακούς, όπου η ποιότητα της όρασης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την αλληλεπίδραση της διαμέτρου της κόρης με τα οπτικά χαρακτηριστικά της διόρθωσης. Επιπρόσθετα η ταχύτητα και το εύρος των κορικών αντανακλαστικών μειώνονται με την πάροδο της ηλικίας. (Pallikaris., & Plainis., & Charman., 2012)

### 1.4.4 Κρυσταλοειδής φακός

Ο φακός του οφθαλμού έχει σχήμα αμφίκυρτο και βρίσκεται μεταξύ της οπίσθιας επιφάνειας της ίριδας και της πρόσθιας επιφάνειας του υαλοειδούς σώματος. Εμφανίζει δύο επιφάνειες (την πρόσθια και την οπίσθια), τον ισημερινό και δύο πόλους. Το κέντρο της πρόσθιας επιφάνειας καλείται πρόσθιος πόλος του φακού και το κέντρο της οπίσθιας οπίσθιος πόλος του φακού.

Η νοητή γραμμή που συνδέει τους δύο πόλους καλείται προσθιοπίσθιος άξονας του φακού και αντιστοιχεί στο πάχος αυτού.



Εικόνα 16 : Ο φακός του Οφθαλμού. ([http://www.ivo.gr/files/items/3/329/ophthalmologia-presbyopia\(05\).pdf](http://www.ivo.gr/files/items/3/329/ophthalmologia-presbyopia(05).pdf))

Η πρόσθια επιφάνεια είναι λιγότερο κυρτή από την οπίσθια. Ο φακός είναι διαφανής και ελαστικός, στερείται αγγείων και νεύρων, ενώ τρέφεται από τα υγρά που τον περιβάλλουν.

Συγκρατείται στη θέση του από το κυκλικό σώμα με τη ζώνη του Zinn. Η ζώνη του Zinn αποτελείται από ένα σύνολο λεπτών, ακτινοειδώς διατεταγμένων, διαφοροποιημένων κολλαγόνων ινών, που ξεκινούν από το επιθήλιο των ακτινοειδών προβολών και καταλήγουν στο περιφάκιο.

Ανατομικά ο φακός αποτελείται από τρία μέρη:

- a) το περιφάκιο

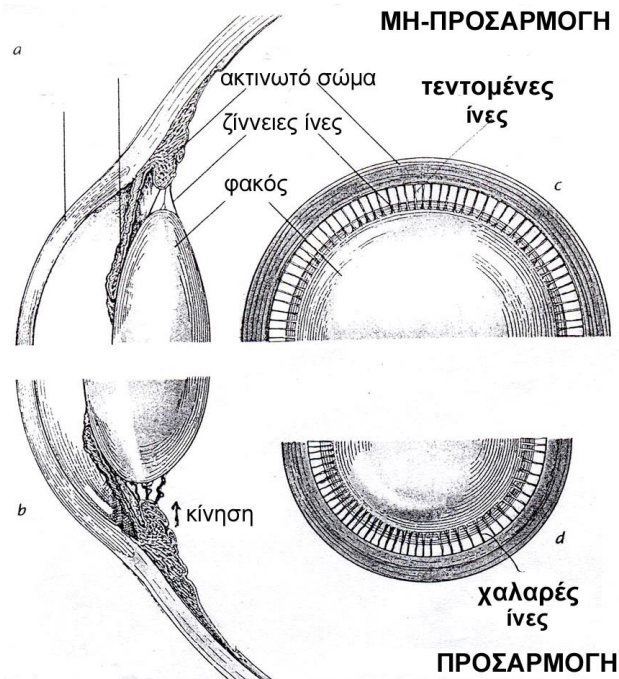
- b) το επιθήλιο του φακού και
- c) την ιδίως ουσία του φακού.

Ο δείκτης διάθλασης του κρυσταλλοειδούς φακού δεν είναι ομοιογενής. Είναι μεγαλύτερος στο κέντρο του φακού και μειώνεται στην περιφέρεια. Στην περιοχή του πυρήνα του φακού (κεντρική περιοχή) ο δείκτης διάθλασης είναι σχεδόν σταθερός, με τις σημαντικότερες μεταβολές να λαμβάνουν χώρα στο φλοιό (περιφέρεια του φακού). Αυτή η διαφοροποίηση του δείκτη διάθλασης έχει σαν αποτέλεσμα τη σταδιακή και συνεχή διάθλαση των εισερχόμενων ακτίνων στον οφθαλμό, μειώνοντας έτσι τις σφαιρικές εκτροπές (spherical aberrations), συμμετέχοντας έτσι στη βελτίωση της ποιότητας των αντιλαμβανόμενων εικόνων από τον οφθαλμό.

### Ο φακός και ο μηχανισμός προσαρμογής:

Η προσαρμογή είναι φαινόμενο αντανακλαστικό και εκλύεται όταν το σχηματιζόμενο αντικείμενο στον αμφιβληστροειδή δεν είναι σαφές. Ο οφθαλμός εφόσον κοιτάζει ένα αντικείμενο που βρίσκεται μακριά, βλέπει εκ κατασκευής ευκρινώς (εμμετρωπικός οφθαλμός). Όταν όμως κοιτάζει ένα αντικείμενο που βρίσκεται κοντά, για να το δει ευκρινώς πρέπει να προσαρμόσει. Η προσαρμογή γίνεται με την ενέργεια του ακτινωτού μυός που μεταδίδεται στις ίνες της Ζιννείου ζώνης και μέσω αυτών στο φακό.

Όταν το άτομο βλέπει ένα αντικείμενο μακριά, ο ακτινωτός μυς βρίσκεται σε χαλάρωση και οι ίνες της Ζιννείου ζώνης σε διάταση. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την κυκλωτερή και ομότιμο έλξη του περιφακίου στον ισημερινό και τη μείωση της καμπυλότητας του κρυσταλλοειδούς φακού. Αντίθετα, κατά τη διαδικασία της προσαρμογής, όταν ο οφθαλμός χρειάζεται να μεταβάλλει την εστίαση του από μακρινά σε κοντινά αντικείμενα, το ακτινωτό σώμα συσπάται και προκαλεί χαλάρωση των ινών της Ζιννείου ζώνης. Έτσι ο φακός γίνεται σφαιρικότερος, αυξάνει το πάχος του στο κέντρο καθώς και οι ακτίνες καμπυλότητας των επιφανειών του



Εικόνα 17: Μηχανισμός της προσαρμογής. Όταν κοιτάμε ένα μακρινό αντικείμενο, ο ακτινωτός μυς έχει τη μέγιστη διάμετρο και κρατάει τις ίνες της ζιννείου ζώνης τεντωμένες (c). Αυτές με τη σειρά τους ασκούν δυνάμεις τάνυσης που «επιπεδώνουν» τις επιφάνειες του φακού (a). Κατά την προσαρμογή, ο ακτινωτός μυς συσπάται (η διάμετρος του ακτινωτού σώματος μειώνεται) (d). Όταν ο μυς συσπάται, οι ίνες χαλαρώνουν με αποτέλεσμα ο φακός να ανακτά πιο «σφαιρική» μορφή και να αυξάνεται η διοπτρική του ισχύς (b). Παράλληλα, η πρόσθια επιφάνεια μετακινείται προς τον κερατοειδή, ενώ η οπίσθια επιφάνεια παραμένει σχεδόν στην ίδια θέση. ([http://www.ivo.gr/files/items/3/329/ophthalmologia-presbyopia\(05\).pdf](http://www.ivo.gr/files/items/3/329/ophthalmologia-presbyopia(05).pdf))

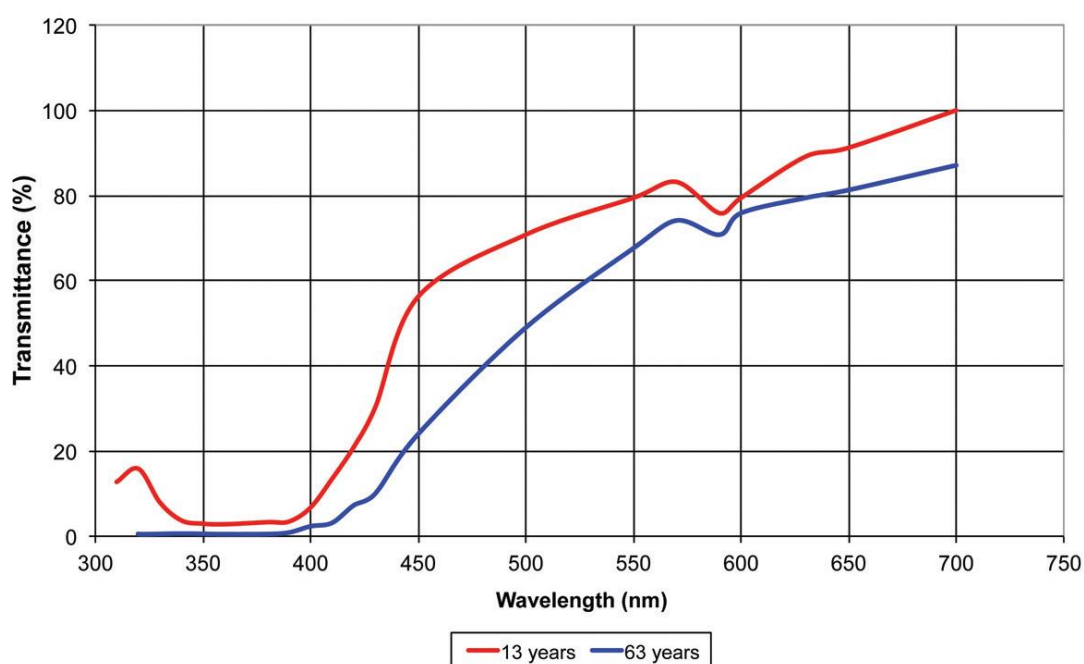
Όταν κοιτάμε ένα μακρινό αντικείμενο, ο ακτινωτός μυς έχει τη μέγιστη διάμετρο και κρατάει τις ίνες της Ζιννείου ζώνης τεντωμένες. Αυτές με τη σειρά τους ασκούν δυνάμεις τάνυσης που «επιπεδώνουν» τις επιφάνειες του φακού. Κατά την προσαρμογή, ο ακτινωτός μυς συσπάται (η διάμετρος του ακτινωτού σώματος μειώνεται). Όταν ο μυς συσπάται, οι ίνες χαλαρώνουν με αποτέλεσμα ο φακός να ανακτά πιο «σφαιρική» μορφή και να αυξάνεται η διοπτρική του δύναμη. Παράλληλα, η πρόσθια επιφάνεια μετακινείται προς τον κερατοειδή, ενώ η οπίσθια επιφάνεια παραμένει σχεδόν στην ίδια θέση.

#### 1.4.4.1 Γήρανση και Κρυσταλοειδής Φακός

Ο φακός υφίσταται μια σταδιακή αλλαγή στις διαστάσεις του, στις καμπυλότητες (πρόσθια και οπίσθια επιφάνεια) και στο δείκτη

διάθλασης γεγονός που οφείλεται στην προοδευτική προσθήκη νέων ινών καθώς γερνά.

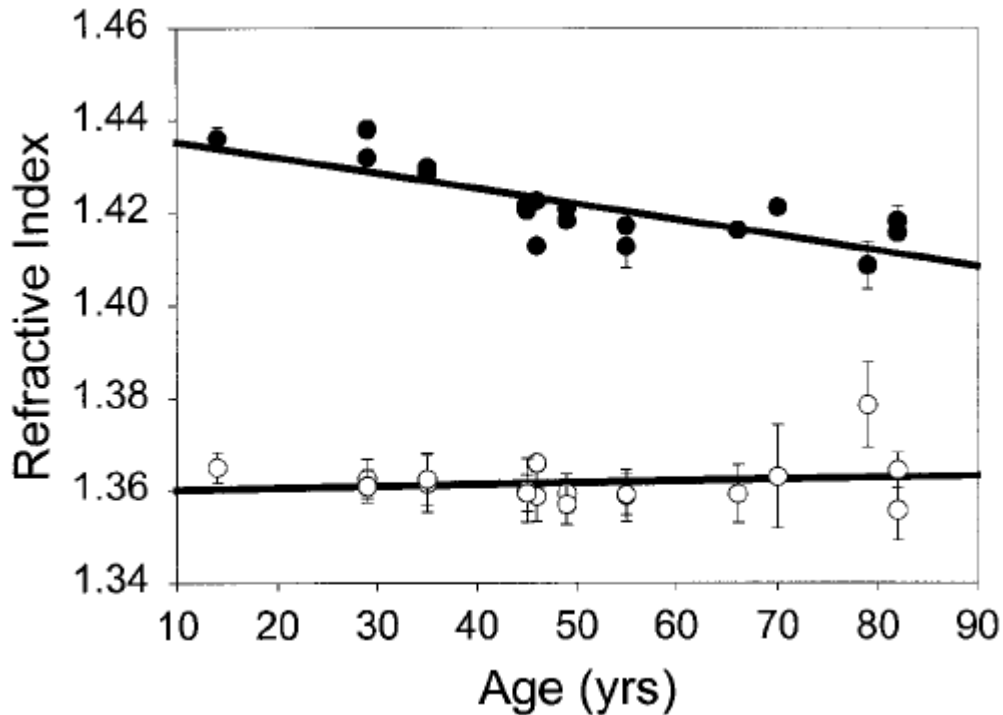
Η αύξηση στην πυκνότητα, η οποία βρίσκεται σε όλα τα μήκη κύματος, αλλά είναι περισσότερο αυξημένη κατά το μπλε άκρο του φάσματος, ξεκινά από τη γέννηση και συνεχίζεται καθ' όλη τη ζωή. Κατά την αύξηση της ηλικίας, η φασματική διαπερατότητα του φακού μειώνει το φως της ροής στον αμφιβληστροειδή (ο φωτισμός στον αμφιβληστροειδή στα 60 έτη είναι μόνο το 1/3 από ότι στα 10 έτη). Επιπλέον, η σκέδαση του φωτός από τους φακούς μεγαλύτερης ηλικίας είναι πολύ υψηλότερη σε σχέση με ένα άτομο νεαρής ηλικίας. (Weale., 1988 , Delori., & Burns., 1996)



Εικόνα 18 : Διάγραμμα φασματικής διαπερατότητας σε 2 ομάδες ηλικιών (Weale., 1988)

Αξίζει να σημειωθεί ότι μεταβάλλεται ο δείκτης διάθλασης του φακού, ο οποίος βαθμιαία ελαττώνεται από 1,435 στον πυρήνα σε 1,36 στον φλοιό. Πιο συγκεκριμένα μειώνεται ο δείκτης διάθλασης στον πυρήνα ενώ παραμένει σταθερός στον φλοιό με αποτέλεσμα την αντιστάθμιση της αύξησης της διαθλαστικής ισχύος που προέρχεται από τις αλλαγές στις καμπυλότητες του φακού, και την διατήρηση σταθερής

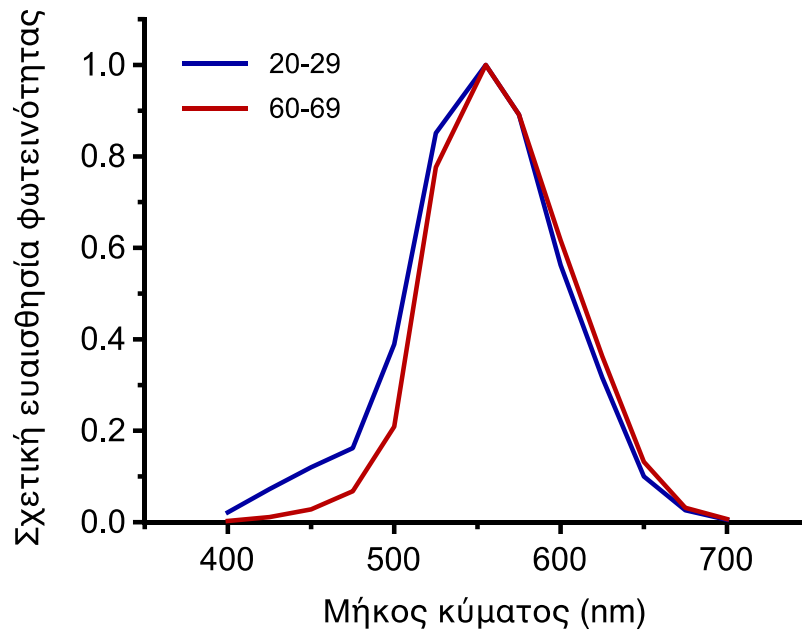
διαθλαστικής ισχύος του οφθαλμού. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται το <<παράδοξο του φακού>>. (Pallikaris., & Plainis., & Charman 2012)



Εικόνα 19: Μεταβολή του δείκτη διάθλασης στον πυρήνα (•) και στον φλοιό (o) του φακού με την ηλικία. Διαπιστώνεται μία σημαντική μείωση στον δείκτη διάθλασης στο κέντρο του φακού ( $n_0=1.440-0.00034*Ηλικία$ ), ενώ ο δείκτης διάθλασης στην περιφέρεια του φακού παραμένει σταθερός ( $n_e=1.365-0.00003*Ηλικία$ ) (Moffat et al., 2002)

Η καμπύλη φωτεινής (φασματικής) ευαισθησίας παρουσιάζει ένα μέγιστο περίπου στα 555nm σε φωτοπικές συνθήκες, όπου λειτουργούν τα κωνία, ενώ μειώνεται σημαντικά σε μεγαλύτερα και μικρότερα μήκη κύματος. Σε σκοτοπικές συνθήκες παρατηρείται μια μετατόπιση της κορυφής σε χαμηλότερα μήκη κύματος (μέγιστο στα 500 nm) λόγω της δραστηριότητας των ραβδίων. Η καμπύλη σχετικής φωτεινής ευαισθησίας είναι σχεδόν ίδια σε όλους τους ανθρώπους, ενώ μικρές είναι οι αλλαγές με την ηλικία, όπου παρατηρείται μια μικρή μείωση στα χαμηλά μήκη κύματος λόγω της αύξησης της απορροφητικότητας του «γηρασμένου» κρυσταλλοειδή φακού στα «μπλε» φωτόνια. Θα πρέπει να τονιστεί ότι έχει καθοριστικό ρόλο το μέγεθος της κόρης του οφθαλμού για την καμπύλη.

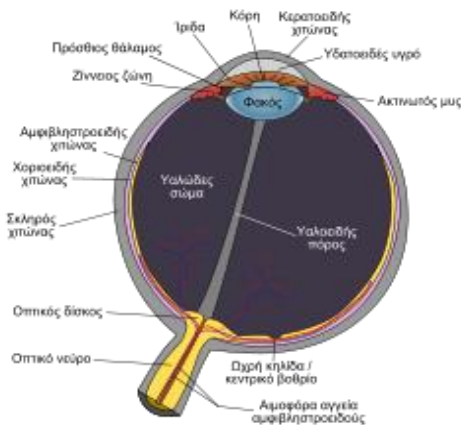




Εικόνα 20: Σχετική φωτεινή (φασματική) ευαισθησία για δύο ηλικιακές ομάδες (Sagawa., & Takahashi., 2001)

### 1.4.5 Υαλώδες σώμα

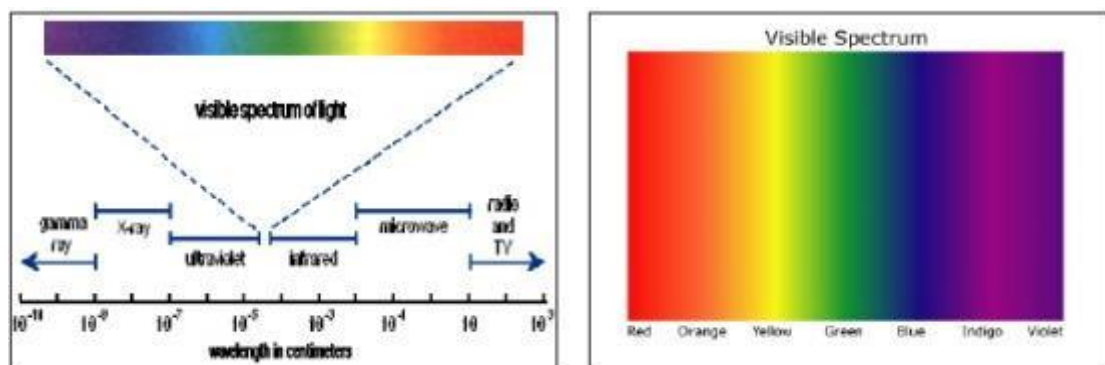
Είναι διαφανής ζελατινώδης ουσία και γεμίζει τον χώρο ανάμεσα στην οπίσθια επιφάνεια του φακού και τον αμφιβληστροειδή, ο οποίος αποτελεί τα 4/5 του οφθαλμού. Το υαλοειδές σώμα αποτελεί μια διαφανή γέλη με περισσότερο πυκνό φλοιό και πιο ρευστό κέντρο. Ο φλοιός του είναι προσκολλημένος στις γειτονικές δομές σε διάφορα σημεία όπως στην πριονωτή περιφέρεια (βάση υαλοειδούς), στο χείλος του οπτικού νεύρου και πίσω από τον φακό περιφερειακά. Αποτελείται κατά 98% περίπου από νερό και έχει ένα σκελετό από ινίδια κολλαγόνου τύπου II. Ο δείκτη διάθλασης του είναι 1,33, ίσο περίπου με του υδατοειδούς και μικρότερο από αυτόν του φακού, συνεισφέροντας με αυτόν τον τρόπο στην διάθλαση του φωτός. Κύριος ρόλος του είναι η διατήρηση των τοιχωμάτων του αμφιβληστροειδή στην θέση του και η συμμετοχή στον μεταβολισμό του λειτουργώντας ως αποθήκη ουσιών. (Snell., 1992)



Εικόνα 21: Ανατομία οφθαλμού. (Μόσχος., 2003)

## 1.5 Οπτική και διαθλαστική λειτουργία του οφθαλμού

Ο οφθαλμός είναι το αισθητήριο όργανο που μετατρέπει την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε νευρωνικό σήμα. Το κομμάτι του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος στο οποίο είναι ευαίσθητος ο ανθρώπινος οφθαλμός, το ορατό, είναι η ακτινοβολία με μήκος κύματος περίπου από 400nm μέχρι 700nm. Κάθε φωτόνιο που φτάνει στον αμφιβληστροειδή ανάλογα με την συχνότητα του έχει διαφορετική πιθανότητα να προκαλέσει αντίδραση σε κάθε μία από τις κατηγορίες των φωτοϋποδοχέων, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, και να γίνει αντιληπτό ως φως συγκεκριμένου χρώματος



Εικόνα 22: Στις εικόνες φαίνεται το ορατό κομμάτι της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και τα χρώματα στα οποία αντιστοιχεί. (<https://www2.palomar.edu/anthro/primate/color.htm>)

Τα οπτικά μέσα του οφθαλμού έχουν κατασκευη τέτοια ώστε να είναι διαπερατά στην ορατή ακτινοβολία και μέσω του φαινόμενου της διάθλασης να την εστιάζουν στο επίπεδο του αμφιβληστροειδούς. Όπως είναι γνωστό το φως διαθλάται όταν διέρχεται από διεπιφάνειες διάφανων μέσων με διαφορετικό δείκτη διάθλασης.

Οι διεπιφάνειες αυτές για τον οφθαλμό είναι:

- 1) μεταξύ ατμοσφαιρικού αέρα και πρόσθιας επιφάνειας κερατοειδούς
- 2) μεταξύ οπίσθιας επιφάνειας κερατοειδούς και υδατοειδούς υγρού
- 3) μεταξύ υδατοειδούς και πρόσθιας επιφάνειας κρυσταλλοειδούς φακού
- 4) μεταξύ οπίσθιας επιφάνειας φακού και υαλώδους σώματος.

Ο δείκτης διάθλασης του κερατοειδούς είναι μεγαλύτερος από αυτόν του υδατοειδούς, όπως και ο μέσος δείκτης διάθλασης του φακού, ο οποίος είναι μεγαλύτερος και από αυτόν του υαλώδους. Επιπλέον, στο εσωτερικό του φακού υπάρχει μία διαβάθμιση του δείκτη διάθλασης, η οποία συνεισφέρει στην συνολική εστίαση του φωτός. Όλη αυτή η διάταξη είναι έτσι φτιαγμένη ώστε να επιτυγχάνει την δημιουργία του ειδώλου πάνω ακριβώς στην νευροαισθητήρια στοιβάδα του αμφιβληστροειδή χιτώνα.

Οι κύριοι παράμετροι που καθορίζουν την επίτευξη της εστίασης στον αμφιβληστροειδή είναι:

- 1) οι δείκτες διάθλασης
- 2) οι καμπυλότητες των επιφανειών
- 3) οι αποστάσεις των επιφανειών μεταξύ τους και με τον αμφιβληστροειδή.

Τα κύρια διαθλαστικά μέσα του οφθαλμού είναι:

- 1) ο κερατοειδής
- 2) ο φακός

Αυτό ισχύει γιατί το μεγαλύτερο μέρος της διοπτρικής δύναμης του οφθαλμού οφείλεται στην πρόσθια επιφάνεια του κερατοειδούς και το υπόλοιπο στην πρόσθια και την οπίσθια επιφάνεια του φακού.

Τέλος, ο φακός έχει μέχρι μία ηλικία την ευθύνη της προσαρμογής χάρη στην δυνατότητα του να μεταβάλλει τις καμπυλότητες των επιφανειών του και την θέση του τόσο όσο χρειάζεται για την τελειοποίηση της εστίασης του ειδώλου ανάλογα με την απόσταση του αντικειμένου από τον οφθαλμό.

## **1.6 Απορρόφηση και μετάδοση του φωτός από τις επιφάνειες του οφθαλμού.**

Όταν η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία διέρχεται μέσω ενός μέσου, πολλά πράγματα μπορούν να συμβούν στην ακτινοβολία όπως:

- 1) Μπορεί να περάσει απευθείας μέσω του μέσου (που ονομάζεται άμεση μετάδοση στην παρούσα έκθεση).
- 2) Μπορεί να αντανακλάται από το μέσο.
- 3) Μπορεί να σκεδάζεται από το μέσο.
- 4) Μπορεί να απορροφηθεί από το μέσο, στην οποία περίπτωση χρησιμοποιείται η ενέργεια για τον ιονισμό ατόμων, να θερμανθούν τα άτομα, για να τους προκαλέσει να φθορίζουν, κ.λπ.

Και τα τέσσερα από αυτά τα φαινόμενα λαμβάνουν χώρα όταν η ακτινοβολία περνά μέσα από το μάτι. Ένα μέρος της ενέργειας περνά απευθείας μέσα από τον οφθαλμό για να σχηματιστεί μια εικόνα στον αμφιβληστροειδή. Ένα μέρος της διαχέεται από τα μέσα, με αποτέλεσμα ένα γενικό φωτισμό μέσα στο μάτι. Ένα άλλο μέρος απορροφάται και κάποιο άλλο επανακτινοβολείται σε μεγαλύτερα μήκη κύματος. Μία μικρή ποσότητα ανακλάται από τις επιφάνειες, διαφορετικών δεικτών διάθλασης. Το μεγαλύτερο μέρος της ανάκλασης λαμβάνει χώρα στη πρόσθια επιφάνεια του κερατοειδούς, η οποία είναι το όριο με τη μεγαλύτερη μεταβολή του δείκτη διάθλασης. (Boettner., & Wolter., 1962)

Πριν τα φωτόνια φθάσουν στον αμφιβληστροειδή και «ενεργοποιήσουν» τους φωτοϋποδοχείς, σκεδάζονται και απορροφούνται από τις δομές του οφθαλμού, δηλαδή από την δακρυϊκή στιβάδα, τον κερατοειδή χιτώνα, το υδατοειδές υγρό, τον κρυσταλλοειδή φακό και το υαλώδες σώμα. Επίσης, ένα σημαντικό μέρος της «μπλε» ακτινοβολίας φιλτράρεται από τη χρωστική της ωχράς (macular pigment), που βρίσκεται στους νευρίτες των φωτοϋποδοχέων στο κέντρο της ωχράς κηλίδας.

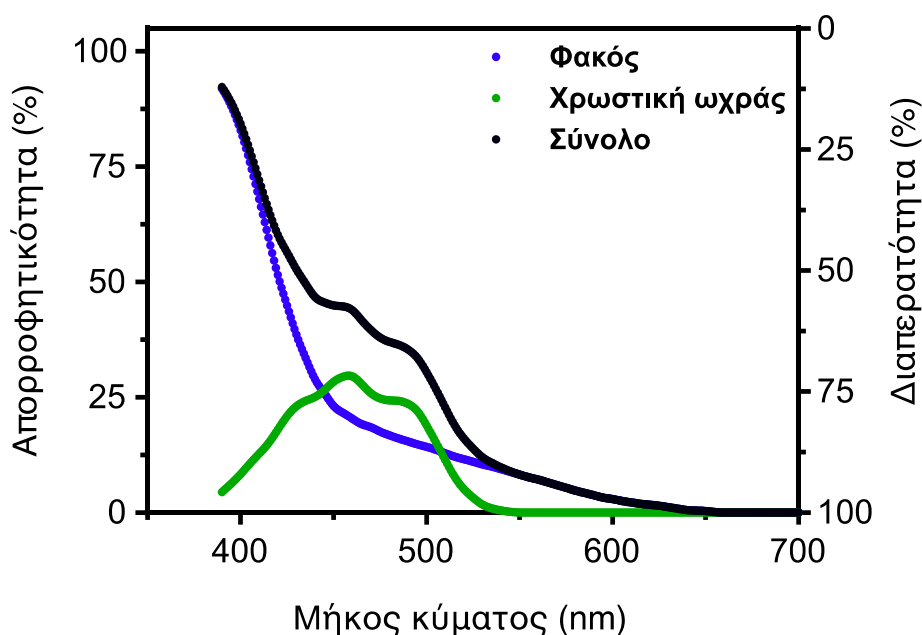
### 1.6.1 Κερατοειδής

Ο ανθρώπινος κερατοειδής τυπικά αντιδρά στην UV ακτινοβολία στα 220-310 nm. Για τον κερατοειδή η χαμηλότερη τιμή είναι στα 270 nm. Στον κερατοειδή, που αποτελεί την πρόσθια κι επομένως και την πιο εκτεθειμένη επιφάνεια του οφθαλμού, προσπίπτει (και σχεδόν απορροφάται εξ ολοκλήρου) περίπου το 2-15% της UVB ακτινοβολίας. Ο κερατοειδής απορροφά UVB με ένα μέγιστο αποτέλεσμα στα 270nm. (Πλαϊνής., & Φελώνη., 2015)

Τόσο το επιθήλιο του κερατοειδούς και του ενδοθηλίου (που δεν μπορούν να αναγεννηθούν) είναι ευάλωτα σε ακτινοβολία UV. Η αυξημένη έκθεση στην UVB προκαλεί βλάβη στο αντιοξειδωτικό προστατευτικό μηχανισμό, με αποτέλεσμα βλάβη στον κερατοειδή χιτώνα και σε άλλα μέρη του ματιού. (Čejková et al., 2004). Μία σημαντική ποσότητα UVB απορροφάται από το στρώμα του κερατοειδούς, έτσι λεπτύνσεις του κερατοειδή λόγω κερατόκωνου ή διαθλαστικής χειρουργικής επιτρέπουν περισσότερη UVB ακτινοβολία να φθάσει στο φακό. Το επιθήλιο του κερατοειδούς και η μεμβράνη του Bowman απορροφούν περίπου διπλάσιο ποσοστό UV-B ακτινοβολίας από τα οπίσθια στρώματα του κερατοειδούς. (Kolozsvari et al., 2002).

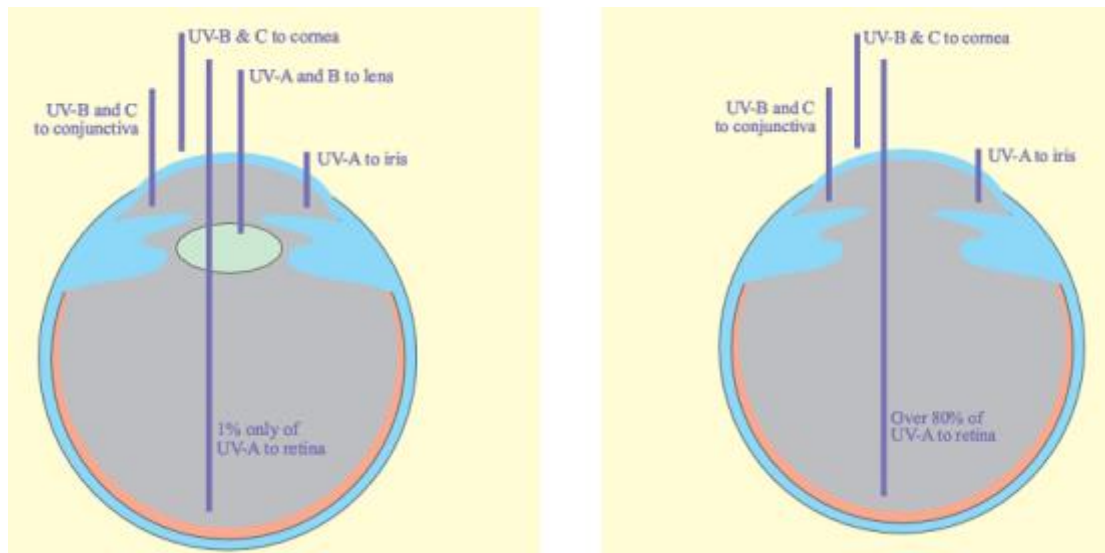
## 1.6.2 Κρυσταλοειδής φακός

Στον κρυσταλλοειδή φακό προσπίπτει ένα μικρό ποσοστό (έως 2%) της UVB και περίπου το 40-60% της UVA ακτινοβολίας. Ο φακός περιέχει μόρια χρωστικών ουσιών που απορροφούν όλα τα φωτόνια με μήκη κύματος στην υπεριώδη περιοχή του χρωματικού φάσματος και ένα μεγάλο ποσοστό από εκείνα στην ιώδη περιοχή. (Stockman.,& Sharpe., 2000)



Εικόνα 23: Διάγραμμα απορροφητικότητας / διαπερατότητας του κρυσταλλοειδή φακού (μπλε γραμμή, δεδομένα από van Norren and Vos, 1974) και της χρωστικής της ωχράς (πράσινη γραμμή, δεδομένα από Stockman and Sharpe, 2000). Είναι εμφανές ότι ένα μεγάλο ποσοστό φωτονίων χαμηλού μήκους κύματος (< 450 nm) απορροφάται πριν φτάσει στον αμφιβληστροειδή (βλ. μαύρη γραμμή) από τον κρυσταλλοειδή φακό και τη χρωστική της ωχράς. Ο αμφιβληστροειδής απορροφά σχεδόν όλα τα φωτόνια με μήκος κύματος < 400nm.

Η χρόνια απορρόφηση επιταχύνει την εμφάνιση του καταρράκτη, πάθηση που μειώνει την όραση του ασθενή, αλλά και το παράλληλο «κιτρίνισμα» του φακού, βοηθά στην απορρόφηση της υπεριώδους αλλά και μπλε ακτινοβολίας. (Stockman.,& Sharpe., 2000)



Εικόνα 24: Ποσότητα απορρόφηση της UVA ακτινοβολίας στον αμφιβληστροειδή χιτώνα με και χωρίς τον κρυσταλλοειδή φακό. (Stockman.,& Sharpe., 2000)

### 1.6.3 Ωχρά κηλίδα

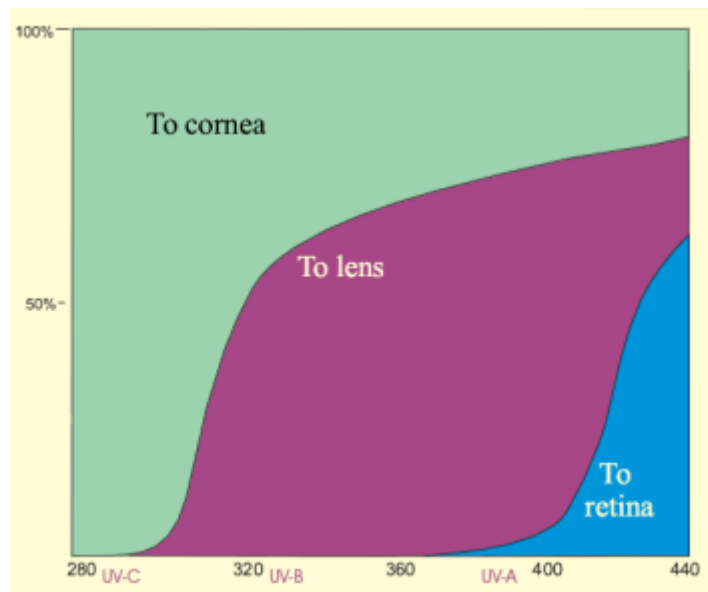
Η χρωστική της ωχράς, αν και διαφέρει από άνθρωπο σε άνθρωπο σε πυκνότητα, απορροφά κατά μέσο όρο τα μισά από τα φωτόνια στο μπλε-ιώδες τμήμα του ορατού φάσματος, παρουσιάζοντας μέγιστη απορροφητικότητα στα 460nm. (Πλαϊνής., & Φελώνη., 2015)

### 1.6.4 Αμφιβληστροειδής χιτώνας

Η εκλεκτική απορρόφηση των φωτονίων χαμηλού-μήκους κύματος που έχουν υψηλή ενέργεια, προστατεύει τον αμφιβληστροειδή. Μια μικρή ποσότητα UVA ακτινοβολίας ίσως φτάνει στον αμφιβληστροειδή, ιδιαίτερα σε μικρές ηλικίες όπου ο κρυσταλλοειδής φακός εμφανίζει αυξημένη διαπερατότητα και η κόρη του οφθαλμού είναι σχετικά μεγάλη, επιτρέποντας την είσοδο περισσότερου φωτός.

Όταν η απορρόφηση ενός φωτονίου γίνεται από ένα μόριο, όλη του η ενέργεια του μεταφέρεται στο μόριο. Όσο υψηλότερη ενέργεια έχει ένα φωτόνιο, τόσο μεγαλύτερη η πιθανότητα του μορίου να διασπαστεί. Ως συνέπεια αυτού είναι ότι, οι χρωστικές ουσίες στο φακό και την ωχρά προστατεύουν τον αμφιβληστροειδή από φωτο-οξειδωτική βλάβη. Να σημειωθεί, όμως, ότι η υπέρυθη ακτινοβολία, μέχρι περίπου 900nm,

φτάνει «αφιλτράριστη» στον αμφιβληστροειδή. (Πλαϊνής., & Φελώνη., 2015)



Εικόνα 25: Απορρόφηση της UV ακτινοβολίας από τον κερατοειδή, κρυσταλλοειδή φακό και αμφιβληστροειδή χιτώνα. (Stockman.,& Sharpe., 2000)

## 1.7 Σκέδαση φωτός

Η επίδραση που προκαλείται από μια ποικιλία περιθλαστικών και διαθλαστικών επιδράσεων από εμπρός σκέδαση έχει ως αποτέλεσμα την σκέδαση φωτός ευρείας γωνίας να λαμβάνει χώρα στα οπτικά μέσα, ιδιαίτερα στον κερατοειδή και τον φακό. Επιπλέον, σκέδαση φωτός μπορεί να πηγάζει από τον αμφιβληστροειδή. Η σκέδαση παραμένει σχετικά σταθερή στην ενήλικη ζωή (Harrison et al., 1993), αλλά αυξάνεται αρκετά γρήγορα μετά την ηλικία των 45 χρόνων περίπου (Van., 1995 , Hennelly et. al., 1998). Το περιπλανώμενο φως μειώνει την αντίθεση του κάθε ειδώλου πάνω στον αμφιβληστροειδή, ως εκ τούτου την ευαισθησία αντίθεσης και προκαλεί προβλήματα σε ισχυρές πηγές φωτός, όπως ο ήλιος σε χαμηλά υψόμετρα ή οι προβολείς των αυτοκινήτων κατά την διάρκεια της νύχτας. (Pallikaris., & Plainis., & Charman 2012)



## 1.8 Συνολική Οφθαλμική Διαπερατότητα

Το σύνολο της διαπερατότητας του οφθαλμού εξαρτάται από τις μεταβολές της φακικής διαπερατότητας σε μεγάλο βαθμό. Η μειωμένη οφθαλμική διαπερατότητα μειώνει τον φωτισμό στον αμφιβληστροειδή, επηρεάζοντας έτσι αρνητικά την όραση σε μεσοπικές και σκοτοπικές συνθήκες. Περαιτέρω, οι σχετικά μεγαλύτερες απώλειες στο μπλε άκρο του φάσματος επηρεάζουν δυσμενώς την απόδοση της φωτεινότητας και της έγχρωμης όρασης.

Ωστόσο, η μείωση σε μικρότερο μήκος κύματος που προκαλείται από την γήρανση του φακού, σε συνδυασμό με την επίδραση της απορρόφησης της χρωστικής της ωχράς κηλίδας, μπορεί να μειώσει τις επιπτώσεις της θολερότητας λόγω της διαμήκης χρωματικής εκτροπής και να προσφέρουν ορισμένη προστασία στον αμφιβληστροειδή από τις επιδράσεις του φωτός σε μικρότερα μήκη κύματος.

Μειώνοντας την φακοειδική διαπερατότητα σε μπλε φως μπορεί να έχει σημασία σε σχέση με τα προβλήματα του κίρκαδικού ρυθμού στους ηλικιωμένους. Τα γαγγλιακά κύτταρα του αμφιβληστροειδούς περιέχουν ροδοψίνη η οποία είναι οπτική χρωστική που έχει κορυφή ευαισθησία περίπου στα 460 nm. Λόγω της γήρανση στην κόρη του οφθαλμού προκαλείται μύση και σε συνδυασμό με μειωμένη διαπερατότητα στο μπλε χρώμα έχει ως αποτέλεσμα την ανεπαρκή ροή φωτονίων στη σχετική ζώνη συχνοτήτων που φτάνει στον αμφιβληστροειδή, προκαλώντας προβλήματα στον κίρκαδιανό ρυθμό και ως συνέπεια στις συνήθειες του ύπνου (Pallikaris., & Plainis., & Charman 2012)

## 1.9 Απορροφητικότητα, διαπερατότητα και ανακλαστικότητα

Επειδή η ποσότητα του φωτός που μεταδίδεται μέσω ενός υλικού μειώνεται εκθετικά καθώς «ταξιδεύει» μέσω αυτού, η απορροφητικότητα ( $A$ , absorbance) και η διαπερατότητα ( $T$ ,

transmittance) ενός υλικού συσχετίζεται με την οπτική του πυκνότητα (OD, optical density) με την παρακάτω σχέση:

$$OD = -\log_{10}T \text{ (και } OD = \log_{10}A) \text{ (1)}$$

Δηλαδή ένα υλικό με οπτική πυκνότητα 0.0 σε ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος αφήνει να περάσει το 100% των αντίστοιχων φωτονίων, με οπτική πυκνότητα 1.0 αφήνει να περάσει το 10% των φωτονίων (απορροφώντας το 90%) και με οπτική πυκνότητα 2.0 αφήνει να περάσει το 1% των φωτονίων (απορροφώντας το 99%).

Βέβαια, όταν μιλάμε για οφθαλμικούς φακούς, η μειωμένη διαπερατότητα μπορεί να οφείλεται σε μεγαλύτερη απορρόφηση αλλά επίσης και σε αυξημένη ανακλαστικότητα (R, reflectance) από τις δύο επιφάνειές του. Επομένως η σχέση που συνδέει την ανακλαστικότητα, διαπερατότητα και την απορροφητικότητα είναι:

$$R+T+A=1 \text{ ή } R+T+A=100\% \text{ (2)}$$

Η ανάκλαση των επιφανειών του φακού υπολογίζεται από το δείκτη διάθλασης (n) του υλικού. Όταν το φως προσπίπτει κάθετα σε μια επιφάνεια του φακού στον αέρα (και σε περιπτώσεις που ο αριθμός Abber είναι μεγάλος - οπότε εξαλείφεται από τη σχέση), το ποσοστό της ανάκλασης στην κάθε επιφάνεια του φακού υπολογίζεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$R = [(n-1) / (n+1)]^2 \text{ (3)}$$

Επομένως, σε ένα υλικό με δείκτη διάθλασης (n) 1.50, το ποσοστό του φωτός που ανακλάται είναι  $(0.5 / 2.5)^2 = 4\%$  ανά επιφάνεια. Έτσι, το 4% του προσπίπτοντος φωτός χάνεται από ανάκλαση στην πρώτη επιφάνεια (και το 96 % εισέρχεται στο φακό), με ένα 4% να χάνεται από ανάκλαση στη δεύτερη επιφάνεια (3.8%), έτσι ώστε το ποσοστό του φωτός που διαπερνάει το φακό να είναι 92.2% σε σχέση με το αρχικό. Να σημειωθεί ότι στους παραπάνω υπολογισμούς δεν συνυπολογίζονται τυχόν απώλειες λόγω πολλαπλών εσωτερικών ανακλάσεων εντός του φακού (λόγω του πάχους του). (Πλαϊνης., & Φελώνη., 2015)

## Κεφάλαιο 2

### 2.1 Οφθαλμικοί φακοί από πλαστικό

Το υλικό CR-39 αποτελεί το τυπικό είδος πλαστικού φακού 1,50 που κατασκευάζονται οι οφθαλμικοί φακοί. Ένα μεγάλο πλεονέκτημα είναι ότι λόγω του υλικού τους είναι πολύ ελαφρύ. Τέλος, οι φακοί από πλαστικό έχουν το πλεονέκτημα ότι έχουν μεγάλο αριθμό Abbe από όλα τα υλικά των οφθαλμικών φακών, πράγμα που υποδηλώνει μείωση κατά πολύ της χρωματικής εκτροπής. (Δαμανάκης., 1999)

### 2.2 Φωτοχρωμικοί φακοί

Οι φακοί αυτοί περιέχουν ιόντα αργύρου και εκτιθέμενοι στο φως σκουραίνουν γιατί τα ιόντα αργύρου υπό την επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας μετατρέπονται σε στοιχειακό άργυρο. Οι φωτοχρωμικοί φακοί υπό την επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας σκουραίνουν προοδευτικά. Με την μείωση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας ο φακός αποχρωματίζεται σε γρήγορο χρονικό διάστημα εξασφαλίζοντας αφενός διαύγεια στην όραση σε ένα κλειστό χώρο αλλά αφετέρου και σταδιακή αύξηση της κόρης του οφθαλμού από ένα εξωτερικό σε ένα εσωτερικό χώρο. Θα πρέπει να τονιστεί ότι υπάρχουν 2 τύπο φωτοχρωμικών φακών ανάλογα με το ποσοστό της σκουρότητας τους. Ο τύπος 1 αφορά τον φακό που όταν έρχεται σε επαφή με την υπεριώδη ακτινοβολία σκουραίνει σε ποσοστό 70% ενώ όταν μειωθεί η προσπίπτουσας ακτινοβολίας ο φακός δεν αποχρωματίζεται εντελώς αλλά έχει 2% σκουρότητα. Ο τύπος 2 αφορά τον φακό που όταν έρχεται σε επαφή με την υπεριώδη ακτινοβολία σκουραίνει σε ποσοστό 90% ενώ όταν μειωθεί η προσπίπτουσας ακτινοβολίας ο φακός δεν αποχρωματίζεται εντελώς αλλά έχει 5% σκουρότητα. (Δαμανάκης., 1999)

Οι συνήθεις πληροφορίες που δημοσιεύονται για το υλικό ενός φακού περιλαμβάνουν:

- Δείκτη διάθλασης
- Πυκνότητα
- Αριθμός Abbe (constringence ή V-value)

## 2.3 Δείκτης διάθλασης

Ο δείκτης διάθλασης εκφράζει το πηλίκο της ταχύτητας του φωτός μέσο ενός διάφανου υλικού προς την ταχύτητα του φωτός στον αέρα. Καθώς ο δείκτης διάθλασης αυξάνεται, μειώνεται το πάχος του φακού για μια δεδομένη διαθλαστική δύναμη. (Δαμανάκης., 1999)

Βάσει του BS 7394 : Part 2:1994 Specification for complete spectacles ", τα υλικά ταξινομούνται σε όρια τιμών δείκτη διάθλασης ως εξής:

Κανονική δείκτης  $n \geq 1.48$  αλλά  $<1.54$

Μέσος δείκτης  $n \geq 1.54$  αλλά  $<1.64$

Υψηλός δείκτης  $n \geq 1.64$  αλλά  $<1.74$

Πολύ υψηλός δείκτης  $n \geq 1,74$

## 2.4 Πυκνότητα (density)

Η πυκνότητα εξηγεί πόσο βαρύ είναι το υλικό και η τιμή που δίνεται είναι το βάρος σε γραμμάρια  $1\text{cm}^3$  του υλικού. Η σύγκριση των πυκνοτήτων μπορεί να δώσει την πιθανή αλλαγή στο βάρος που θα πρέπει να αναμένονται χρησιμοποιώντας το υλικό. Πυκνότητες σε υλικά με υψηλό δείκτη διάθλασης φαίνεται να είναι μεγαλύτερες από εκείνη του κρυστάλλου (περίπου 2.5), αλλά για την σύγκριση του βάρους των φακών που γίνονται σε διαφορετικά υλικά είναι επίσης απαραίτητο να εξεταστεί η εξοικονόμηση σε όγκο.

## 2.5 Αριθμός Abbe

Ο αριθμός Abbe μας πληροφορεί για τις οπτικές ιδιότητες του υλικού και όχι τα μηχανικά χαρακτηριστικά του. Ο αριθμός Abbe είναι το αντίστροφο της διασποράς δύναμης του υλικού και δείχνει τον βαθμό της εγκάρσιας χρωματικής εκτροπής (EXE), την οποία θα βιώσει ο χρήστης.

$$V_d = (n_d - 1) / (n_f - n_c)$$

Όπου  $n_c$  είναι ο δείκτης διάθλασης του υλικού για το μήκος κύματος, το κόκκινο υδρογόνο, C (656.27nm) και  $n_f$  είναι ο δείκτης για το μήκος κύματος, μπλε υδρογόνο, F (486.13nm). Αυτά τα δύο μήκη κύματος επιλέγονται για να δηλώνουν το κόκκινο και μπλε άκρο του ορατού φάσματος.

Τα αποτελέσματα της χρωματικής εκτροπής είναι γνωστά. Όταν το φως από ένα μικρό λευκό αντικείμενο διαθλάται από ένα πρίσμα, αυτό διασπείρεται σε μονοχρωματικά συστατικά του, το μπλε μήκος κύματος αποκλίνει περισσότερο από ό, τι το κόκκινο.



Εικόνα 26: Διασπορά μέσα από ένα πρίσμα. Σε περίπτωση ενός φακού, η διασπορά οφείλεται στην πρισματική επίδραση του φακού στο σημείο.  
([https://www.todogrowled.com/gb/blog-todogrowled/9\\_Full-spectrum-light](https://www.todogrowled.com/gb/blog-todogrowled/9_Full-spectrum-light))

Σε ένα μάτι που κοιτάζει μέσα από το πρίσμα, η εικόνα του αντικειμένου εμφανίζεται πλαισιωμένη με μπλε στην κορυφή πλευρά του πρίσματος. Κάτω από συνθήκες χαμηλής αντίθεσης, το χρώμα των κροσσών μπορεί να μην είναι ορατό. Αντί αυτού, η επίδραση της ΧΕ μπορεί να προκαλέσει μείωση της οπτικής οξύτητας (πέρα από τον άξονα-θολερότητα). Αυτό παρουσιάζει συχνά ως παράπονο από τους χρήστες.

Σύμφωνα με BS 7394: Part 2, "Specification for complete spectacles" η ταξινόμηση των υλικών με τον αριθμό Abbe γίνεται ως εξής:

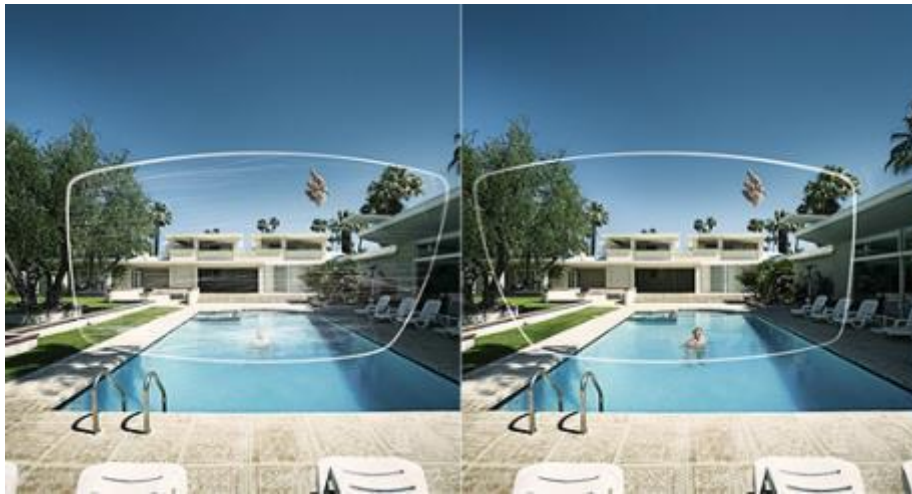
- Χαμηλή διασπορά  $V \geq 45$
- Μέση διασποράς  $V \geq 39$  αλλά  $< 45$
- Μεγάλη διασπορά  $V < 39$

## 2.6 Επιστροφές

Οι φακοί που επιλέγει ο κάθε διοπτροφόρος, καλό θα ήταν να είναι επιστρωμένοι. Με αυτό τον τρόπο, επιτυγχάνεται η «μακροζωία» των φακών και η άνετη και διαυγή όρασή του, αποφεύγοντας δυσκολίες κατά την όραση σε όλα τα επίπεδα. (Δαμανάκης., 1999)

### 2.6.1 Αντιχαρακτικές επιστρώσεις

Οι φακοί είναι ευαίσθητοι στην χάραξη και γι' αυτό φθείρονται γρήγορα. Με κατάλληλη επεξεργασία στην επιφάνεια τους μπορεί να αυξηθεί η αντοχή τους στην χάραξη. (Δαμανάκης., 1999)



Εικόνα 27: Δείγμα ανεπίστρωτου και επιστρωμένου φακού για αντιχάραξη.  
(<http://www.crizal.gr>)

## 2.6.2 Υδρόφοβες επιστρώσεις

Η υδρόφοβη επίστρωση, η οποία βοηθάει στο να μην μένει νερό στην επιφάνεια του φακού και λερώνεται εύκολα. (Δαμανάκης., 1999)



Εικόνα 28: Δείγμα ανεπίστρωτου και επιστρωμένου φακού για την απομάκρυνση νερού και λιπιδίων από την επιφάνεια των γυαλιών. (<http://www.crizal.gr>)

## 2.6.3 Λιπόφοβες επιστρώσεις

Η λιπόφοβη επίστρωση συμβάλλει στην μείωση της δημιουργίας αποτυπωμάτων αν ακουμπήσουμε το φακό. Ή αν λερωθεί ο καθαρισμός να γίνει ακόμη πιο εύκολος. (Δαμανάκης., 1999)



Εικόνα 29: Δείγμα ανεπίστρωτου και επιστρωμένου φακού για την μακρόχρονη διάρκεια των λιπόφοβων ιδιοτήτων. (<http://www.crizal.gr>)

## 2.6.4 Αντιστατική επίστρωση

Βοηθάει στο να μη μαζεύει εύκολα σκόνη με αποτέλεσμα να μην χρειάζεται να καθαρίζετε συνέχεια τα γυαλιά. (Δαμανάκης., 1999)



Εικόνα 30 : Δείγμα ανεπίστρωτου και επιστρωμένου φακού που απομακρύνει τη σκόνη από την επιφάνεια των γυαλιών. (<http://www.crizal.gr>)

## 2.6.5 Αντιανακλαστικές επιστρώσεις

Το φως που προσπίπτει σε έναν άχρωμο διαυγές φακό, δεν τον διαπερνά πλήρως. Ένα μέρος αυτού του φωτός ανακλάται από την επιφάνεια του και αυτό κάνει τον φακό ορατό. Το ανακλώμενο φως από τους φακούς των διορθωτικών γυαλιών προκαλεί ανακλάσεις από τον περιβάλλοντα χώρο που είναι ιδιαίτερα ενοχλητικές στον ασθενή. Οι ανακλάσεις αυτές είναι ιδιαίτερα αισθητές σε χώρους με πολλά φώτα και κατά την νυχτερινή οδήγηση σε δρόμους με άπλετο φωτισμό. Οι αντιανακλαστικές επιστρώσεις μειώνουν αυτές τις ανακλάσεις και παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα, αυξάνοντας την διαύγεια των φακών από 92% σε 98% και καθιστά τους φακούς σχεδόν άορατους. (Δαμανάκης., 1999)





Εικόνα 31: Δείγμα ανεπίστρωτου και επιστρωμένου φακού που μειώνει τις αντανακλάσεις. (<http://www.crizal.gr>)

Όλα τα υλικά με κανονικό δείκτη διάθλασης μπορούν να επιστρωθούν για να προσφέρουν πολυστρωματικές και αντανακλαστικές επιφάνειες . Η μετάδοση των λευκών αντι-ανακλαστικών φακών μπορεί να είναι υψηλή έως και 99%, προσφέροντας βελτιωμένη αντίθεση και ελευθερία από θολές εικόνες που συχνά βιώνουν οι χρήστες ανεπίστρωτων . Οι οργανικοί φακοί μπορούν να ενισχυθούν με σκληρυντική , αντι-χαρακτική επίστρωση σε διάφορους τύπους. Η σκληρή επίστρωση μπορεί να εφαρμοστεί στο φακό υπό τη μορφή ενός βερνικιού μέσω μιας διαδικασίας εμβίθυσης. (Δαμανάκης., 1999)

### **2.6.6 Επιστρώσεις για την UV προστασία**

Αξίζει να σημειωθεί ότι ακόμη και όταν δεν εκτιθέμεθα άμεσα στο φως του ήλιου, εισπράττουμε αρκετά υψηλό ποσοστό της ακτινοβολίας UV, η ανάγκη συνεχούς προστασίας είναι επιτακτική. Επιστημονικές έρευνες έδειξαν πως έως και 50% της ακτινοβολίας UV εισέρχεται στα μάτια πλευρικά, αλλά και από τις ανακλάσεις στην εσωτερική επιφάνεια των φακών. (Schnider.,2006)

Μέχρι σήμερα οι μετρήσεις αποκοπής της ακτινοβολίας UV στους φακούς οράσεως και ηλίου λάμβαναν υπ' όψιν μόνο την απορρόφηση της ακτινοβολίας που εισέρχεται από την εξωτερική επιφάνεια του φακού. Για τον σκοπό αυτό, αναπτύχθηκαν ειδικές επιστρώσεις που εκτός από τις ακτίνες UV που μέχρι σήμερα απορροφούνταν από την εξωτερική επιφάνεια του φακού, ενισχύουν την προστασία, αποτρέποντας και την ακτινοβολία UV που ανακλάται και από την εσωτερική επιφάνειά του.

### **2.6.7 Προστασία από την μπλε ακτινοβολία**

Το μπλε φως ανήκει στο φάσμα του ορατού φωτός το οποίο συνορεύει με την αόρατη υπεριώδη ακτινοβολία. Η ακτινοβολία αυτή διακρίνεται σε δυο μέρη, το μπλε-μωβ φως (κοντά στην υπεριώδη ακτινοβολία) και το πιο μακρινό, το μπλε-γαλάζιο. Δεν είναι όμως και οι δυο συχνότητες το ίδιο ωφέλιμες για τους οφθαλμούς. Το μπλε-μωβ φως είναι έντονα διαπεραστικό και επικίνδυνο για την υγεία των ματιών. Μπορεί να βλάψει τον αμφιβληστροειδή χιτώνα και να δημιουργήσει μακροπρόθεσμα μόνιμες βλάβες στο οπτικό σύστημα όπως η εκφύλιση της ωχράς κηλίδας. Για την αποφυγή προβλημάτων υπάρχουν επιστρώσεις που στοχεύουν στην προστασία από την μπλε-μωβ ακτινοβολία.

### **2.7 Εκτίμηση του δείκτη διάθλασης του υλικού του φακού**

Με τη μεγάλη ποικιλία φακών οράσεων που διατίθενται σήμερα, μερικές φορές είναι δύσκολο στην πράξη να προσδιοριστεί με ακρίβεια το υλικό από το οποίο ένας φακός οράσεως έχει κατασκευαστεί. Είναι αρκετά εύκολο να διαπιστωθεί αν το υλικό είναι από γυαλί ή πλαστικό. Κάποια σειρά φακών ενσωματώνουν ένα εμπορικό σήμα στην πρόσθια επιφάνεια τους.

## Κεφάλαιο 3

### 3.1 Ηλιακή ακτινοβολία

Ο ήλιος αποτελεί πηγή ζωής και ενέργειας, εμπλουτίζοντας τον οπτικό μας κόσμο με χρώματα και σημαντικές αισθητικές εμπειρίες. Τα φωτόνια με μήκη κύματος μεταξύ 400 και 700nm αποτελούν το «ορατό» μέρος του φάσματος γιατί συμμετέχουν στην αντίληψη της όρασης και κυρίως στη χρωματική όραση.

Εκτός από το ορατό φως ο ήλιος εκπέμπει:

- υπέρυθρη ακτινοβολία (infrared-IR), υπεύθυνη για τη θερμότητα.
- υπεριώδη ακτινοβολία (Ultraviolet-UV), η οποία δεν είναι ορατή, αλλά σε πολύ υψηλή ένταση είναι πιθανόν να γίνει.

Η υπεριώδης ακτινοβολία χωρίζεται σε τρεις περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος:

- Πρώτη είναι η UVA (από 315nm μέχρι 400 nm)
- Δεύτερη είναι η UVB (από 280nm μέχρι 315 nm)
- Τρίτη είναι η UVC (από 100nm μέχρι 280 nm)

#### 3.1.2 Μπλε Ακτινοβολία

Η μπλε ακτινοβολία παρουσιάζεται στα 440 nm με 500 nm του ορατού φωτός και απορροφάται από την χρωστική ουσία της ωχράς (macular pigment - μια χρωστική ουσία που είναι ιδιαίτερα πυκνή στους νευρίτες των φωτοϋποδοχέων στο κέντρο της ωχράς κηλίδας και απορροφά σημαντικό μέρος της «μπλε» ακτινοβολίας, με μέγιστη απορροφητικότητα στα 460nm). Η εκπομπή δεν γίνεται μόνο από τον ήλιο αλλά και από τεχνητές πηγές φωτός, όπως LED, υπολογιστές ή smartphones. Ωστόσο, μια συγκεκριμένη ζώνη αυτού του φωτός μπορεί να έχει βλαβερές συνέπειες για τα μάτια. Επιπλέον, υπάρχει σήμερα ένα σημαντικό δίλημμα στην επιστημονική κοινότητα όσον αφορά τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από το φιλτράρισμα της «μπλε» ακτινοβολίας. Αν και είναι γνωστό ότι τα μπλε φωτόνια περιέχουν υψηλή ενέργεια που είναι πιθανόν σε χρόνια έκθεση να προκαλέσει οφθαλμικές αλλοιώσεις, η εκλεκτική απορρόφηση του μπλε παραμορφώνει τη χρωματική αντίληψη. Ακόμα, γνωρίζουμε ότι ο κίρκαδιανός ρυθμός, το βιολογικό ρολόι του ανθρώπινου οργανισμού που βασίζεται στην ημερήσια διακύμανση του φωτός, συντονίζεται από κύτταρα στον

αμφιβληστροειδή που δείχνουν «προτίμηση» στο μπλε φως. (Πλαϊνής., & Φελώνη., 2015)

## **3.2 Κίνδυνοι Έκθεσης**

### **3.2.1 Η καταστροφή του όζοντος**

Το ατμοσφαιρικό όζον παρέχει ζωτική σημασία και προστατευτικό φράγμα από την ακτινοβολία μικρότερου μήκους κύματος. Όχι μόνο φιλτράρει την επιβλαβή UV-C και τμημάτων του φάσματος αλλά εξασθενεί και την αναλογία της UV-B που φτάνει στη γη. Η λέπτυνση του στρώματος του όζοντος είναι ιδιαίτερα σημαντικό κατά τη συζήτηση της έκθεσης στην υπεριώδη ακτινοβολία και θα οδηγήσει σε αύξηση του UVB που φτάνει στη γη. (Walsh., 2009)

### **3.2.2 Υψόμετρο και το γεωγραφικό πλάτος**

Τα επίπεδα της υπεριώδους ακτινοβολίας επηρεάζονται από το υψόμετρο, καθώς η ατμόσφαιρα είναι πιο λεπτή σε υψηλότερα υψόμετρα και απορροφά λιγότερη ακτινοβολία UV (αυξημένη έκθεση). Η UV ακτινοβολία αυξάνεται με την μείωση γεωγραφικού πλάτους. (Walsh., 2009)

### **3.2.3 Αθροιστικά αποτελέσματα**

Είναι χρήσιμο να κατανοήσουμε πότε είμαστε πιο εκτεθειμένοι στην ακτινοβολία UV. Για να γίνει αυτό, είναι σημαντικό να αναγνωρίσουμε πολλά βασικά σημεία. Πρώτον, η επίδραση της UV ακτινοβολίας είναι αθροιστική κατά τη διάρκεια ζωής μας. Επίσης, πολλοί άνθρωποι έχουν περισσότερο ελεύθερο χρόνο και επιλέγουν να τον περάσουν σε εξωτερικούς χώρους. Αυτό, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι το προσδόκιμο ζωής αυξάνεται, αυξάνει την ευκαιρία για την έκθεση και δίνει χρόνο για την ανάπτυξη αλλαγών των ιστών. Οι μεγαλύτερες σε διάμετρο κόρες καθώς και η διαύγεια των οφθαλμικών μέσων καθιστούν ιδιαίτερα ευάλωτη την υπεριώδη ακτινοβολία. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας αναφέρει ότι «έως και 80% της έκθεσης ενός ατόμου στην υπεριώδη ακτινοβολία επιτυγχάνεται πριν από την ηλικία των 18 ετών». (Walsh., 2009)

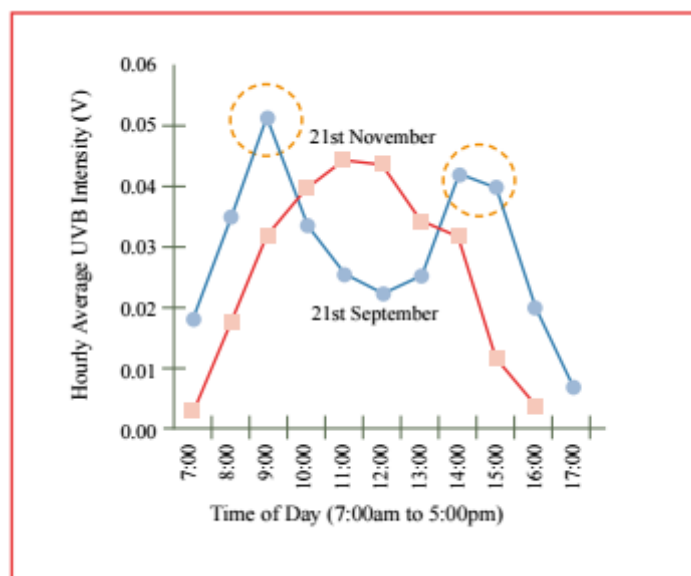
### 3.2.4 Πηγές έκθεσης

Πριν από δέκα χρόνια, ο Voke επέστησε την προσοχή στην κοινή πεποίθηση ότι ο κύριος κίνδυνος της υπεριώδους ακτινοβολίας είναι από το άμεσο ηλιακό φως (Voke., 1999). Η έκθεση από δύο διασκορπισμένες πηγές όπως η UV περνά μέσα από την ατμόσφαιρα, και αντανακλάται από πηγές όπως το χιόνι, τα κτίρια και το νερό είναι πιθανώς η πιο σημαντική. Η ποσότητα διάχυσης ή ανάκλασης της ακτινοβολίας UV εξαρτάται από τον τύπο της επιφάνειας, για παράδειγμα, το χιόνι αντανακλά 80% έως 94% των ακτινών UVB σε σύγκριση με το νερό που αντανακλά 5% έως 8%. Δεν είναι μόνο αυτό το είδος έμμεσης έκθεσης, αυτό αφορά το 50% της υπεριώδους ακτινοβολίας που δεχόμαστε (Meyler., & Schnider., 2002) αλλά αποτελεί επίσης μια μορφή έκθεσης, που μπορεί να μην είναι προφανής στο ευρύ κοινό. Ομοίως, τα περισσότερα σύννεφα δεν προστατεύουν από την υπεριώδη ακτινοβολία, καθιστώντας μέρες με συννεφιά αρκετά επικίνδυνες, μιας και οι άνθρωποι δεν λαμβάνουν τα απαραίτητα μέτρα για να προστατέψουν τα μάτια τους (Voke., 1999). Έρευνες έχουν δείξει ότι ακόμα και σε συννεφιασμένη ημέρα ο δείκτης της UV ακτινοβολίας είναι εξασθενημένος ελαφρώς σε 0,9 αντί για την πλήρη 1,0 όταν δεν υπάρχουν σύννεφα . Μόνο η βροχή, η ομίχλη και η χαμηλή συννεφιά μειώνει σημαντικά την έκθεση στην υπεριώδη ακτινοβολία. (Vanicek et al., 2000)

### 3.2.5 Έκθεση σε απίθανο χρόνο

Είναι γνωστό ότι περίπου το 80% της υπεριώδους ακτινοβολίας φθάνει στην επιφάνεια της γης μεταξύ των ωρών 10:00πμ και 2:00μμ , με τα επίπεδα να είναι ιδιαίτερα υψηλά κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (Meyler., & Schnider., 2002). Πιο πρόσφατες έρευνες μέτρησαν την οφθαλμική έκθεση σε UV-B ακτινοβολία στην διάρκεια της ημέρας και σε διαφορετικές χρονικές στιγμές του έτους (Sasaki., 2007). Αυτή η μελέτη διαπίστωσε ότι η οφθαλμική έκθεση στην υπεριώδη ακτινοβολία είναι μεγαλύτερη νωρίς το πρωί και αργά το απόγευμα για όλες τις εποχές εκτός από το χειμώνα. Κατά τη διάρκεια της άνοιξης, το καλοκαίρι και το φθινόπωρο, η έκθεση σε αυτές τις περιόδους αιχμής, νωρίς το πρωί και

αργά το απόγευμα ήταν σχεδόν διπλάσιο από αυτό που παρατηρείται στη μέση της ημέρας όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 32 : Διάγραμμα έκθεσης της υπεριώδους ακτινοβολίας σε δυο διαφορετικές εποχές του χρόνου και σε συγκεκριμένες ώρες της ημέρας. (Sasaki., 2007)

Το συμπέρασμα που μπορεί να εξαχθεί από αυτό είναι να αναγνωρίσουμε την δυσκολία του ευρύ κοινού για το πότε είναι περισσότερο εκτεθειμένο στην υπεριώδη ακτινοβολία. Υπάρχει μια ευκαιρία για την εκπαίδευση σχετικά με την ανάγκη για συνεχή προστασία της UV ακτινοβολίας όταν βρίσκονται στο ύπαιθρο, τόσο στη διάρκεια της ημέρας και κατά τη διάρκεια όλων των μηνών του έτους. (Walsh., 2009)

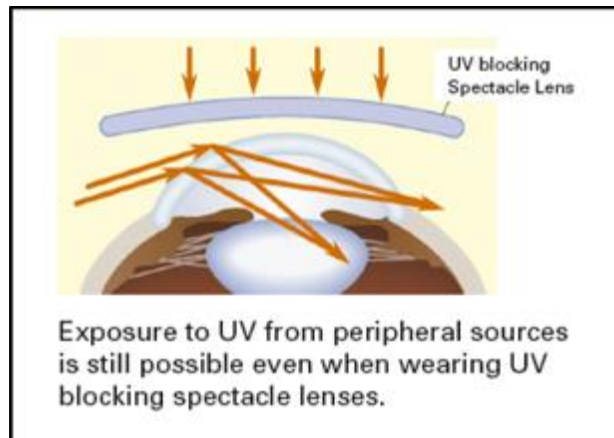
### **3.3 Προστασία από UV ακτινοβολία**

Το σχήμα των οφθαλμών και των φρυδιών παρέχουν κάποια ανατομική προστασία από την άμεση ακτινοβολία UV. Έχει αποδειχθεί όμως, ότι το φως που αντανακλάται μπορεί ακόμα να προσπίπτει στα μάτια (Urbach.,1969). Έχει αποδειχθεί πειραματικά ότι η χρήση ενός καπέλου μπορεί να μειώσει την έκθεση της UV ακτινοβολίας στα μάτια (Rosenthal., & Taylor., 1985). Η συχνή χρήση γυαλιών ηλίου έχει συσχετισθεί με μείωση κατά 40% στον κίνδυνο εμφάνισης οπίσθιου υποκαψικού καταρράκτη (Delcourt et al., 2000). Παροχή συμβουλών σχετικά με τη χρήση των καπέλων και γυαλιών ηλίου είναι σαφώς σημαντική, αλλά υπάρχουν δύο ακόμη γεγονότα που πρέπει να εξεταστούν.

Πρώτον, η χρήση των γυαλιών ηλίου ποικίλλει στον πληθυσμό. Μια έρευνα δείχνει ότι η πλειοψηφία των ανθρώπων δεν φορούν προστασία για περισσότερο από το 30% του χρόνου τους σε εξωτερικούς χώρους. Επιπλέον, σχεδόν το ένα τέταρτο αυτών ποτέ δεν φορούν γυαλιά ηλίου. (Vistakon., 2005) Δεύτερον, η πλειονότητα των γυαλιών ηλίου δεν εμποδίζει περιφερειακές ακτίνες να φτάσουν το μάτι. Επίσης, τα παιδιά είναι ιδιαίτερα ευάλωτα σε βλάβες υπεριώδους ακτινοβολίας, δεδομένου ότι έχουν κόρες μεγαλύτερης διαμέτρου, πιο διαυγείς φακούς και περνούν περισσότερο χρόνο σε εξωτερικούς χώρους, αν και μόνο το 3% φορούν τακτικά τα γυαλιά ηλίου τους. (Walsh., 2009)

#### **3.3.1 Προστασία από τις πλάγιες περιφερικές ακτίνες**

Έχει αποδειχθεί ότι οι περιφερειακές ακτίνες φωτός συμβαίνουν σε ένα εύρος γωνιών πρόσπτωσης. Καθώς καλοφτιαγμένα γυαλιά ηλίου εμποδίζουν σχεδόν ολόκληρη την UV ακτινοβολία που εισέρχεται μέσω του φακού, (Schneider.,2006) τα περισσότερα σχέδια παρέχουν ανεπαρκή πλάγια προστασία. Στην πραγματικότητα έχει αποδειχθεί ότι τα γυαλιά ηλίου που δεν καλύπτουν την γύρω περιοχή των οφθαλμών παρέχουν μικρή ή καθόλου προστασία από περιφερειακά εστιασμένα ακτινοβολία UV.



Εικόνα 33 : Η έκθεση στην υπεριώδη ακτινοβολία από περιφερικές πηγές είναι πιθανή ακόμη και μετά την εφαρμογή φακών οράσεως με προστασία από την UV. (Sasaki., 2007)

### 3.3.2 Αποτέλεσμα Περιφερικών ακτινών φωτός

Υποστηρίζεται ότι οι περιφερειακές ακτίνες UV είναι στην πραγματικότητα οι πιο επικίνδυνες και ενοχοποιείται για την σχηματισμών ρινικών πτερυγίων και φλοιώδους καταρράκτη (Schnider.,2006).

### 3.4 Φακοί ηλίου και απορροφητικότητα στο ορατό φως

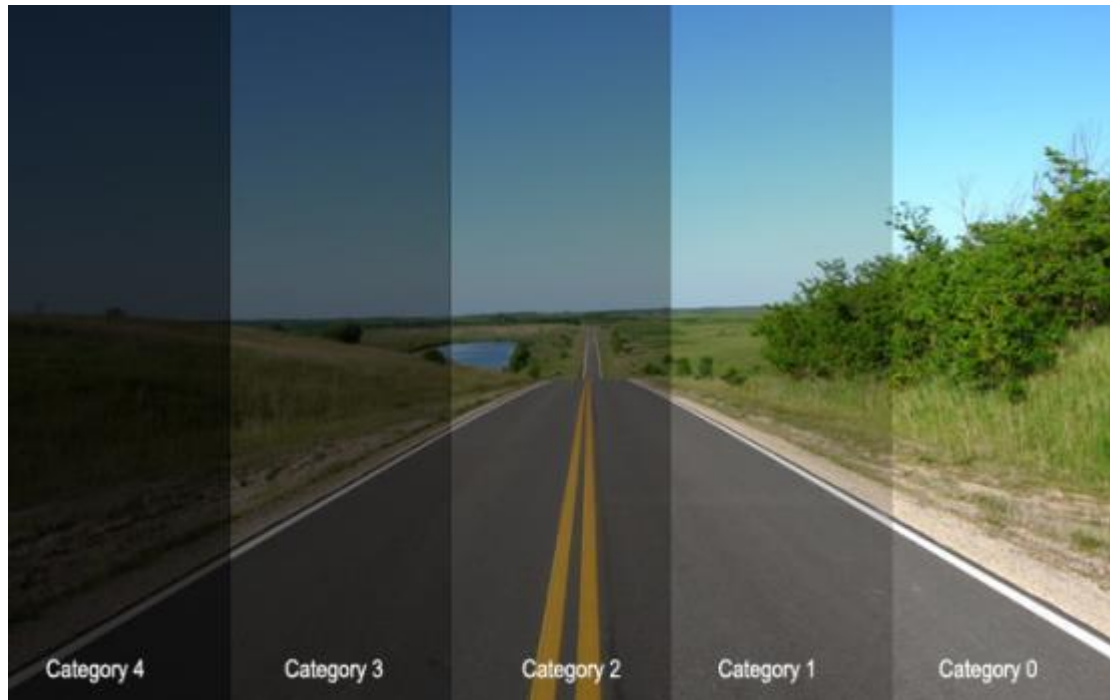
Όσον αφορά την απορροφητικότητα στο ορατό φως, αυτή ως επί το πλείστον καθορίζει την σκουρότητα του φακού. Η επιλογή της σκουρότητας εξαρτάται από το περιβάλλον που κινείται (π.χ. θάλασσα, χώροι με σκίαση) και τις ανάγκες του κάθε χρήστη, π.χ. είναι γνωστό ότι ασθενείς με ανοιχτόχρωμη ίριδα παρουσιάζουν φωτοφοβία. Επίσης, επιτακτική είναι η χρήση φακών με υψηλή «σκουρότητα» σε ασθενείς που έχουν εγχειριστεί για καταρράκτη ή σε ασθενείς με εκφυλιστικές παθήσεις του αμφιβληστροειδή, ιδιαίτερα όταν ο ασθενής διαμαρτύρεται για φωτοφοβία.

Ανάλογα με τη διαπερατότητα (κι επομένως σκουρότητα) οι φακοί ηλίου κατατάσσονται σε κατηγορίες από «0» (πολύ υψηλή διαπερατότητα) μέχρι «4» (πολύ χαμηλή διαπερατότητα).

- «0»: 80%-100% (πολύ μικρή απόχρωση, για χρήση σε κλειστούς χώρους / συννεφιά)
- «1»: 43%-80% (ελαφριά απόχρωση, για συνθήκες χαμηλής ηλιοφάνειας, σε σκίαση)



- «2»: 18%-43% (μεσαία απόχρωση, για χρήση στο μέσο το φως του ήλιου)
- «3»: 8%-18% (σκούρα απόχρωση, έντονο ηλιακό φως)
- «4»: 3%-8% (πολύ σκούρα απόχρωση, για εξαιρετικά έντονο φως ήλιου – μη κατάλληλα για οδήγηση, βλ. παρακάτω)



Εικόνα 34: Οι κατηγορίες στους φακούς ηλίου σύμφωνα με την διαπερατότητα.  
(<http://www.amosunglasses.com/latest/blog/item/232-sunglasses-for-running-in-the-blazing-sun>)

Είναι σημαντικό να μη συγχέεται η σκουρότητα ενός φακού, δηλαδή η απορροφητικότητα/διαπερατότητα στο ορατό, με την απορροφητικότητα/διαπερατότητα στο υπεριώδες. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω μπορεί ένας φακός να είναι σχεδόν διαφανής (Κατ. 1) και να απορροφά, λόγω του υλικού του και κατάλληλων επιστρώσεων, όλο το υπεριώδες. Από την άλλη, ένας σκούρος φακός (Κατ. 4) με διαπερατότητα < 8% μπορεί να απορροφά το ορατό, μειώνοντας τη φωτοφοβία, αλλά δεν εξασφαλίζει πάντα πλήρη απορρόφηση του υπεριώδους. Βέβαια, η απορροφητικότητα στο ορατό αναφέρεται στις μέσες τιμές σε όλα τα μήκη κύματος μεταξύ 400 και 700 nm. Αλλά οι περισσότεροι φακοί ηλίου παρουσιάζουν κάποια «χρωματικότητα», π.χ

γκρι, πράσινο, καφέ, μπλε, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του φάσματος διαπερατότητάς τους. (Πλαϊνής., & Φελώνη., 2015)

Υπάρχει και μία άποψη, που αναφέρει ότι είναι καλύτερο να μην γίνεται καθόλου χρήση γυαλιά ηλίου από το να φοράμε ηλίου αγνώστου ποιότητας. Η συγκεκριμένη άποψη βασίζεται στην παρατήρηση ότι η κόρη διαστέλλεται όσο μειώνεται ο περιβαλλοντικός φωτισμός και ότι ένα σκούρο γυαλί ηλίου θα προκαλούσε διαστολή της κόρης του οφθαλμού και είσοδο περισσότερου φωτός. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ποσότητας του φωτός που διέρχεται στον οφθαλμό που είναι ανάλογο με το εμβαδό της “κυκλικής” κόρης  $(X)^2$ , δηλαδή κατά περίπου 2 φορές. Ακόμα και μεγαλύτερη να είναι η μυδρίαση, δεν αναμένεται η αύξηση να είναι πάνω από 3 φορές. Στην περίπτωση που κάποιος δε φοράει καθόλου γυαλιά, αναμένεται το 100% του UVA που διαπερνά την ατμόσφαιρα να διέρχεται στον αμφιβληστροειδή.

### **3.4.1 Προστασία των φακών στα γυαλιά ηλίου**

Οι φακοί των γυαλιών ηλίου θα πρέπει να προσφέρουν προστασία σε κάθε άτομο, οπότε είναι αναγκαίο:

- 1) να μειώνουν ικανοποιητικά το ορατό φως ώστε να μειώνεται αισθητά η δυσφορία στην αντηλιά
- 2) να μειώνουν σε σημαντικά επίπεδα την υπεριώδη ακτινοβολία που εισέρχεται στον οφθαλμό, συμπεριλαμβανομένης και εκείνης από πλάγιες κατευθύνσεις, ιδιαίτερα σε περιβάλλοντα με αυξημένη ένταση ηλιακής ακτινοβολίας
- 3) να είναι απαλλαγμένοι από οπτικές παραμορφώσεις και οποιαδήποτε διαθλαστική ισχύ έτσι ώστε να μην επηρεάζουν την οξύτητα της όρασης, προκαλώντας δυσφορία. Βέβαια, υπάρχουν ανοχές στη διαθλαστική ισχύ, αντίστοιχες με τις ανοχές που θεωρούνται αποδεκτές για συνταγογραφημένα γυαλιά οράσεως.
- 4) να είναι απαλλαγμένοι από πρισματική ισχύ, καθώς η ύπαρξή της θα μπορούσε να προκαλέσει λανθασμένη εκτίμηση αποστάσεων, διπλωπία ή ζαλάδα. Αντίστοιχα με τη διαθλαστική ισχύ, υπάρχουν ανοχές και για την πρισματική ισχύ.
- 5) να έχουν πολωτικούς φακούς, όταν απαιτείται εξασθένηση της εκθαμβωτικής αντανάκλασης που προκαλείται από οριζόντιες επιφάνειες.

- 6) να μην έχουν υπερβολική σκουρότητα: Είναι γνωστό ότι οι υπερβολικά σκουρόχρωμοι φακοί είναι επικίνδυνοι κατά τη διάρκεια της οδήγησης, καθώς περιορίζουν την ικανότητα του οδηγού να διακρίνει τα αντικείμενα στη συννεφιά και στη σκιά, σε μεγάλες αποστάσεις καθώς και στα τούνελ. Παρά το γεγονός ότι δεν υπάρχουν μελέτες που να αποδεικνύουν πειραματικά πόση πρέπει να είναι η διαπερατότητα ενός ηλίου για να είναι ασφαλές για χρήση μέσα στο αυτοκίνητο (ειδικά όταν ο ήλιος οδηγείται προς τη δύση του), σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό πρότυπα, τα γυαλιά ηλίου με διαπερατότητα της τάξης του 8% και λιγότερο (Κατ. 4) θεωρούνται ακατάλληλα στην οδήγηση. Επειδή η φωτεινή ακτινοβολία που φτάνει στη θέση του οδηγού είναι περίπου 10% από αυτή που προσπίπτει στον ανεμοθώρακα του αυτοκινήτου, ίσως και τα γυαλιά ηλίου Κατ. 3 να μην αποτελούν ιδανική επιλογή. Ωστόσο, φακοί ηλίου με διαβάθμιση σκουρότητας (degrade) μπορούν να διευκολύνουν την όραση και τις αντιδράσεις του οδηγού. Σε αυτό, βέβαια, θα πρέπει να συμβάλλει και η επιλογή ενός σκελετού χωρίς πλατιούς βραχίονες που περιορίζουν την πλαϊνή και περιφερειακή όραση. Αντίστοιχα, οι ιδιαίτερα σκουρόχρωμοι φακοί είναι επικίνδυνοι για ασθενείς με «χαμηλή όραση», καθώς μειώνουν επιπρόσθετα την εναπομένουσα οπτική τους οξύτητα. Σε αυτές τις περιπτώσεις προτείνονται φακοί με φίλτρα «συντονισμένα» σε μήκη κύματος με μεγάλη ευαισθησία στην όραση (δηλαδή, επιτρέπουν μέγιστη διαπερατότητα στα 550 nm και γειτονικά μήκη κύματος).
- 7) να μην εισάγουν δευτερεύοντες κινδύνους που παρεμποδίζουν την άνεση στην όραση ή προκαλούν κάποιο τραυματισμό εξαιτίας του σχεδιασμού τους. Οι φακοί οφείλουν να είναι ανθεκτικοί ώστε να αποκλείονται κίνδυνοι που προκαλούνται με τη φθορά ή την καταστροφή τους. Ο σχεδιασμός των γυαλιών πρέπει να είναι κατάλληλος και απαλλαγμένος από προεξοχές και αιχμηρές γωνίες που θα μπορούσαν να προκαλέσουν τραυματισμό ή ενόχληση. (Πλαϊνης., & Φελώνη., 2015)

### **3.5 Είναι ασφαλή τα γυαλιά ηλίου με πιστοποίηση CE;**

Η πλειοψηφία των χρηστών γυαλιών ηλίου, άρα και του αγοραστικού κοινού, έχει την πεποίθηση ότι όλα τα γυαλιά ηλίου που φέρουν πιστοποίηση CE είναι ασφαλή. Δυστυχώς, δεν είναι σπάνιο φαινόμενο να συναντάμε περιπτώσεις όπου τα γυαλιά είναι μεν κατασκευασμένα σύμφωνα με τις Ευρωπαϊκές προδιαγραφές, αλλά δεν είναι ασφαλή. Στην Αυστραλία υπάρχει ένας φορέας, το Εργαστήριο Οπτικής και Ραδιομετρίας (The OpQcs and Radiometry Laboratory - ORLAB) που παρέχει υπηρεσίες αξιολόγησης για την Αυστραλιανή βιομηχανία γυαλιών ηλίου, ώστε να βοηθήσει στη συμμόρφωσή της με το υποχρεωτικό πρότυπο ασφαλείας καταναλωτικών προϊόντων. Με τον τρόπο αυτό, έχει τη δυνατότητα να πραγματοποιεί ελέγχους σε γυαλιά ηλίου που φέρουν το σήμα CE, ενώ στην Ευρώπη ο έλεγχος της απόδοσης των γυαλιών ηλίου δεν είναι υποχρεωτικός, η βιομηχανία γυαλιών ηλίου θεωρείται αυτοελεγχόμενη. Τέλος, θα πρέπει να τονιστεί ότι το κριτήριο για το Ευρωπαϊκό πρότυπο πιστοποίησης είναι στα 380nm η διαπερατότητα να είναι μικρότερη της τάξεως του 5% ενώ για το Αμερικάνικο πρότυπο θα πρέπει στα 400nm η διαπερατότητα να είναι μικρότερη της τάξεως του 1%

### **3.6 Κατακλείδα**

Είναι προφανές ότι για την πλήρη προστασία του οφθαλμού από τη χρόνια έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία είναι απαραίτητη η χρήση γυαλιών ηλίου με κατάλληλους φακούς που ιδανικά θα απορροφούσαν όλη την υπεριώδη (UVA και UVB) και την υπέρυθρη ακτινοβολία και θα άφηναν να περάσει ένα ποσοστό του ορατού φάσματος (ανάλογα με τα επίπεδα περιβαλλοντικών αναγκών) καθώς, και αυξημένη απορροφητικότητα στο μπλε. Επίσης, απαραίτητη κρίνεται και η χρήση φακών οράσεως με ίδια επίπεδα απορρόφησης υπέρυθρης και υπεριώδους ακτινοβολίας, με αυξημένη φυσικά διαπερατότητα στο ορατό, μιας και η χρήση τους δεν περιορίζεται σε εσωτερικούς χώρους. (Πλαϊνης., & Φελώνη., 2015)

# Πειραματικό μέρος

## Κεφάλαιο 4

### 4.1 Σκοπός μελέτης

Στην συγκεκριμένης εργασίας έγινε φασματοσκοπική ανάλυση μιας σειράς οφθαλμικών φακών οράσεως, φακών ηλίου (σκουρότητας 50% και 90%) και φακών ηλίου (άγνωστης σκουρότητας). Σκοπός της μελέτης ήταν ο έλεγχος της υπόθεσης αν οι φακοί (οράσεως και ηλίου) που κυκλοφορούν στην αγορά πληρούν την προδιαγραφή πιστοποίησης του Ευρωπαϊκού προτύπου πιστοποίησης (CE) η οποία έχει ως προϋπόθεση την αποκοπή συχνοτήτων μέχρι 380nm σε ποσοστό μικρότερο από 5%. Για τον έλεγχο αυτό πραγματοποιήθηκε φασματοσκοπική μέτρηση της διαπερατότητας σε κάθε δείγμα φακού και ακολούθησε στατιστική ανάλυση για την αξιολόγηση των μετρήσεων.

### 4.2 Λειτουργία φασματοφωτομέτρου

Όπως και όλα τα όργανα μέτρησης της ακτινοβολίας, ένα φασματοφωτόμετρο μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελείται από τρία κύρια μέρη:

- 1) Το τμήμα εισόδου του φωτός (συλλέκτης της ακτινοβολίας)
- 2) Τη διάταξη ανάλυσης του φωτός (η οποία ονομάζεται και μονοχρωμάτορας)
- 3) Τη διάταξη ανίχνευσης και καταγραφής της ακτινοβολίας

Λόγω προβλημάτων, οι μετρήσεις των φακών έγιναν με 2 μηχανήματα.

Το πρώτο φασματοφωτόμετρο που χρησιμοποιήθηκε στην συγκεκριμένη μελέτη είναι το Lambda 950 (εταιρία PerkinElmer, Shelton, USA). Η δυνατότητα των μετρήσεων είναι η διαπερότητα(T) και η Ανακλαστικότητα(R).



Εικόνα 35: Φασματοφωτόμετρο Lambda 950 που χρησιμοποιήθηκε.

Το φασματοφωτόμετρο Lambda 950 διαθέτει δύο πηγές ακτινοβολίας:

- 1) Ένα λαμπτήρα δευτερίου (DL)
- 2) Μια λάμπα αλογόνου (HL)

οι οποίες συμβάλουν για την περιοχή του μήκους κύματος του φασματομέτρου.

- Για τη λειτουργία στο εγγύς υπέρυθρο (NIR) και ορατό (VIS) φάσμα, η απεικονιζόμενη πηγή στον καθρέφτη M1 αντανακλά την ακτινοβολία από το λαμπτήρα αλογόνου πάνω στον καθρέφτη M2. Ταυτόχρονα αναστέλλεται η ακτινοβολία από τον λαμπτήρα δευτερίου.
- Για τη λειτουργία στην περιοχή της υπεριώδους ακτινοβολίας (UV), ο καθρέφτης M1 ανυψώνεται ώστε να επιτρέπει την ακτινοβολία από τη λάμπα δευτερίου να πέσει πάνω στον καθρέφτη M2. Η αλλαγή της πηγής είναι αυτόματη διαδικασία κατά τη διάρκεια της περιστροφής του μονοχρωμάτορα. Η ακτινοβολία από την αντίστοιχη πηγής ανακλάται από τον καθρέφτη M2 μέσω του καθρέφτη M3 μέσω ενός οπτικού φίλτρου στο συγκρότημα του τροχού φίλτρου (FW) να αντανακλά στον καθρέφτη M4.

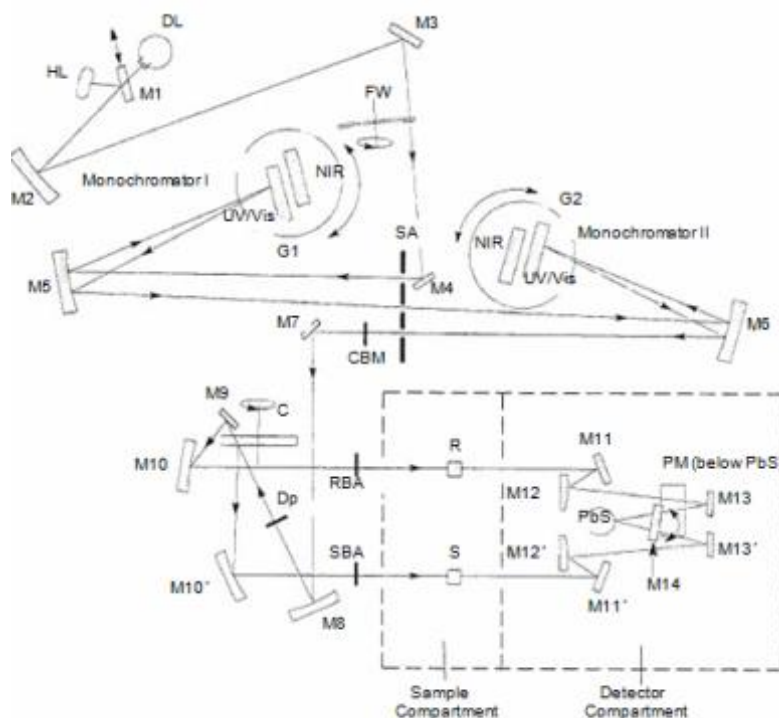
- Ο τροχός του φίλτρου οδηγείται από ένα βηματικό κινητήρα για να είναι συγχρονισμένος με τον μονοχρωμάτορα. Ανάλογα με το μήκος κύματος που παράγεται, το κατάλληλο οπτικό φίλτρο που βρίσκεται στη διαδρομή της δέσμης ώστε να προφιλτράρει την ακτινοβολία πριν αυτή εισέρθει στον μονοχρωμάτορα. Η αλλαγή του φίλτρου γίνεται αυτόματα κατά τη διάρκεια περιστροφής του μονοχρωμάτορα.
- Από τον καθρέπτη M4 η ακτινοβολία ανακλάται μέσω μια σχισμής εισόδου του Μονοχρωμάτορα I . Όλες οι σχισμές είναι τοποθετημένες στο συγκρότημα σχισμών (SA). Η ακτινοβολία ευθυγραμμίζεται στον καθρέπτη M5 και ανακλάται στο περιστρεφόμενο τραπέζι G1. Βασιζόμενη από το παρόν μήκος κύματος, η ευθυγραμμιζόμενη δέσμη ακτινοβολίας χτυπάει είτε στη υπεριώδη-ορατή πλάκα είτε στην εγγύς υπέρυθρη πλάκα (επίσης τραχεία).
- Η διασκορπισμένη ακτινοβολία από το τρίψιμο παράγει ένα φάσμα. Η περιστρεφόμενη θέση του τριψίματος επιλέγει αποτελεσματικά ένα τμήμα του φάσματος, ανακλώντας αυτό το τμήμα στον καθρέπτη M5 και τότε μέσα από την σχισμή εξόδου. Η σχισμή εξόδου περιορίζει το τμήμα του φάσματος σε μια σύντομη-μονοχρωματική δέσμη ακτινοβολίας. Η αλλαγή τριβής είναι αυτόματα κατά την διάρκεια περιστροφής του μονοχρωμάτορα.
- Η σχισμή εξόδου του μονοχρωμάτορα I χρησιμεύει ως σχισμή εισόδου στον μονοχρωμάτορα II. Η ακτινοβολία ανακλάται μέσω του καθρέπτη M6 στη κατάλληλη πλάκα τριβής G2 και επιστρέφει πίσω μέσω του καθρέπτη M6 μέσω της σχισμής εξόδου στον καθρέπτη M7. Η περιστρεφόμενη θέση της πλάκας τριβής G2 συγχρονίζεται με αυτήν της G1. Η ακτινοβολία που αναδύεται από την σχισμή εξόδου, εκθέτει υψηλή φασματική καθαρότητα με εξαιρετικά χαμηλή περιεκτικότητα σε άσκοπη ακτινοβολία.
- Στο υπεριώδες/ορατό και εγγύς υπέρυθρο φάσμα, μια επιλογή παρέχεται ανάμεσα σε ένα σταθερό πλάτος σχισμής, μιας σχισμής servo, και ένα πρόγραμμα σχισμής. Όταν η σχισμή servo επιλέγεται, η σχισμή σταθερού πλάτος αλλάζει αυτόματα κατά τη

διάρκεια σάρωσης ώστε να διατηρηθεί σταθερή ενέργεια στον ανιχνευτή.

- Από καθρέφτη M7 η δέσμη ακτινοβολίας ανακλάται μέσω του σπειροειδούς καθρέφτη M8 με το σύστημα έλικα C. Καθώς ο έλικας περιστρέφεται, τμήμα του καθρέφτη, τμήμα του παραθύρου και δύο σκοτεινά τμήματα φέρονται εναλλάξ στην δέσμη ακτινοβολίας.
- Όταν ένα τμήμα παραθύρου εισέρχεται στην δέσμη, ακτινοβολία περνά μέσα από τον καθρέφτη M9 και στη συνέχεια ανακλάται μέσω του καθρέφτη M10 για να δημιουργήσει τη δέσμη αναφοράς (R).
- Όταν ένα τμήμα καθρέφτη εισέρχεται στην δέσμη, η ακτινοβολία ανακλάται μέσω του καθρέφτη M10 για να σχηματίσουν τη δέσμη δείγματος (S).
- Όταν ένα σκοτεινό τμήμα είναι στη διαδρομή της δέσμης, καμία ακτινοβολία δεν φθάνει στον ανιχνευτή, επιτρέποντας του να δημιουργήσει σκοτεινό σήμα.
- Η ακτινοβολία που διέρχεται εναλλάξ διαμέσου των δεσμών δείγματος και αναφοράς ανακλάται από τους καθρέπτες M11, M12, M13, M11 και M11', M12', M13', αντίστοιχα των οπτικών στο σύστημα ανιχνευτή σε κατάλληλο ανιχνευτή. Ο καθρέφτης M14 περιστρέφεται για να επιλέξει τον απαιτούμενη ανιχνευτή. Ένας φωτοπολλαπλασιαστής (PM) χρησιμοποιείται στο υπεριώδες/ορατόUV / Vis φάσμα, ενώ ένας ανιχνευτής από μόλυβδο-σουλφίδιο (PBS) χρησιμοποιείται για το φάσμα στο εγγύς υπέρυθρο φάσμα. Η αλλαγή του ανιχνευτή είναι αυτόματη κατά τη διάρκεια περιστροφής του μονοχρωμάτορα.
- Κατά τη διάρκεια όλων των εργασιών σάρωσης, οι μονοχρωμάτορες σταματούν να περιστρέφονται, ενώ ένα φίλτρο, μια πηγή, και η αλλαγή του ανιχνευτή βρίσκονται σε εξέλιξη.
- Αξίζει να σημειωθεί ότι μπορεί να γίνει η επιλογή πηγής ή μήκους κύματος της αλλαγής του ανιχνευτή μέσα σε ένα καθορισμένο εύρος μήκους κύματος.



- Αυτή η δυνατότητα είναι χρήσιμη εάν ένα χαρακτηριστικό των ειδικών φασματικών ενδιαφερόντων βρίσκεται σε ένα από τα προεπιλεγμένα μήκη κύματος για αλλαγή.



Εικόνα 36: Οπτική διάταξη του φασματοφωτόμετρου Lambda 950. (πηγή: εγχειρίδιο χρήσης)

Στο φασματοφωτόμετρο Lambda 950 τοποθετείται ως πρόσθετο και η σφαίρα ολοκλήρωσης για την μέτρηση της ανακλαστικότητα(R).

Η σφαίρα ολοκλήρωσης είναι ένα εσωτερικό εξάρτημα διάχυτης ανάκλασης, διαμέτρου 150mm που τοποθετείται απευθείας στο σύστημα του ανιχνευτής της σειράς PerkinElmer. Αυτή η συσκευή διευρύνει την ικανότητα μέτρησης του φασματόμετρου ώστε να συμπεριλάβει σύνολο και διάχυτη ανάκλαση των δύο κατοπτρικών και διάχυτων δειγμάτων.

Το εξάρτημα της ανάκλασης αποτελείται από δύο βασικά μέρη:

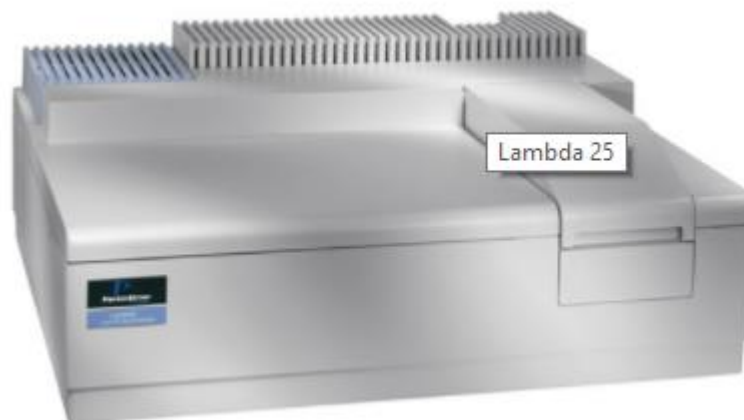
- 1) Ένα οπτικό θάλαμο. Ο οπτικός θάλαμος περιέχει την οπτική μεταφορά που καθοδηγούν το δείγμα του οργάνου και τη δέσμη αναφοράς στις αντίστοιχες θύρες εισόδου τους στη σφαίρα ολοκλήρωσης.

2) Μια σφαίρα ολοκλήρωσης. Η σφαίρα ενσωμάτωσης είναι 150 mm σε διάμετρο και είναι κατασκευασμένη από Spectralon, ένα ιδιαίτερα διάχυτο ανακλαστικό υλικό. Ενσωματωμένα στα εσωτερικά τοιχώματα της σφαίρας ολοκλήρωσης είναι δύο ανιχνευτές:

- a) Έναν θερμοηλεκτρικά ψυχόμενο ανιχνευτή οποίος αποτελείται από σουλφίδιο το μολύβδου (PBS)
- b) Ένα σωλήνα εκτεταμένου φάσματος φωτοπολλαπλασιαστή (PMT).

Κατά τις μετρήσεις ανάκλασης ή μετάδοσης, η σφαίρα ενσωμάτωσης συλλέγει και ανιχνεύει την είσοδο της ακτινοβολίας από τις δέσμες του φασματοφωτόμετρου και στέλνει την πληροφορία στο λογισμικό UV WinLab.

Το δεύτερο φασματοφωτόμετρο που χρησιμοποιήθηκε στην συγκεκριμένη μελέτη είναι το Lambda 25 (εταιρία PerkinElmer, Shelton, USA). Η δυνατότητα των μετρήσεων είναι η διαπερατότητα(T). Η αρχή λειτουργίας του είναι ίδια με του φασματοφωτόμετρου Lambda 950 αλλά δεν υπάρχει η σφαίρα ολοκλήρωσης για καταγραφή της ανακλαστικότητας



Εικόνα 36: Φασματοφωτόμετρο Lambda 25.

(<http://www.labwrench.com/?equipment.view/equipmentNo/2948/PerkinElmer/LAMBDA-25-35-45/>)

## 4.3 Δειγματοληψία

Μετρήθηκαν 32 οφθαλμικοί φακοί οράσεως 4 εταιριών (3 από αυτές είναι μεγάλες εταιρίες ενώ η 4 δεν την γνωρίζουμε και αφορά τα έτοιμα πρεσβυωπικά γυαλιά) σε 3 διαφορετικούς δείκτες διάθλασης 1,50 , 1,60 και 1,67 καθώς και διαφορετικών επιστρώσεων σε κάθε δείκτη διάθλασης.

Επίσης, μετρήθηκαν 15 φακοί ηλίου με 3 εταιριών με διαφορετική σκουρότητα (50% και 90%) σε 2 διαφορετικούς δείκτες διάθλασης 1,50 και 1,60 καθώς και διαφορετικών επιστρώσεων σε κάθε δείκτη διάθλασης.

Τέλος μετρήθηκαν και 9 φακοί ηλίου της εταιρίας 4 όπου έγινε συλλογή από πλανόδιους σε διαφορετικές περιοχές της Αθήνας άγνωστης σκουρότητας. Το χρώμα των φακών ηλίου είναι το γκρι.

Θα πρέπει να τονιστεί ότι οι 4 εταιρίες είναι οι ίδιες και στους φακούς οράσεως και στους φακούς ηλίου.

Οι κατηγορίες των φακών που μετρήθηκαν ήταν:

- 1) Η κατηγορία 1 αποτελείται από επίστρωση όπου, είναι η βασική όλων των φακών.
- 2) Η κατηγορία 2 είναι αντι-ανακλαστική και αντοχή στην χάραξη.
- 3) Η επίστρωση 3 είναι κυρίως για την προστασία της UV ακτινοβολίας καθώς αντι-ανακλαστική και αντοχή στην χάραξη.
- 4) Η επίστρωση 4 είναι κυρίως για την προστασία την μπλε ακτινοβολίας λεγόμενη blue Control καθώς, αντι-ανακλαστική και αντοχή στην χάραξη
- 5) Η κατηγορία 5 αποτελείται από ένα φωτοχρωμικό φακό 70% όταν χρωματίζεται όπου όταν αποχρωματιστεί το ποσοστό αυτό μειώνεται στο 2% με την επίστρωση 3.
- 6) Η κατηγορία 6 αποτελείται από ένα φωτοχρωμικό φακό 90% όταν χρωματίζεται όπου όταν αποχρωματιστεί το ποσοστό αυτό μειώνεται στο 5% με την επίστρωση 3.

- 7) Η επίστρωση 7 είναι για την προστασία του οφθαλμού από πλάγιες αντανάκλασεις και από αντανάκλασεις που προέρχονται από το έδαφος. Τοποθετείτε μόνο στο εσωτερικό μέρος του φακού και αφορά τους φακούς ηλίου για την πλήρη προστασία του οφθαλμού από την υπεριώδη ακτινοβολία.
- 8) Δεν υπάρχουν στοιχεία, αφορά τα έτοιμα πρεσβυωπικά γυαλιά
- 9) Δεν υπάρχουν στοιχεία, αφορά φακούς ηλίου από πλανόδιους.

Η διαδικασία των μετρήσεων έγινε ως εξής :

- Κάθε φορά μου γινόταν μέτρηση είτε διαπερατότητας είτε ανάκλασης, γινόταν calibration του μηχανήματος με την μέτρηση που ονομαζόταν Auto-Zero.
- Στην συνέχεια, γινόταν μέτρηση χωρίς κανένα δείγμα όπου η δέσμη φωτός δεν έβρισκε κανένα εμπόδιο στην διαδρομή της μέχρι να φτάσει στον τελικό ανιχνευτή. Αυτό γινόταν και στην διαπερατότητα T-100 και στην ανακλαστικότητα R-100.
- Η τελική μέτρηση γινόταν με την τοποθέτηση του δείγματος στο σημείο αναφοράς.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι το εύρος του μήκος κύματος που μελετήθηκε ήταν από 800nm-250nm.

Τέλος, αφού ολοκληρωνόταν η διαδικασία μετρήσεων των δειγμάτων κάθε φορά, αποθηκευόντουσαν στο αρχείο του μηχανήματος. Αυτό είχε ως στόχο όλες οι μετρήσεις που συγκεντρώθηκαν, να αναλυθούν αριθμητικά με αποτέλεσμα να πραγματοποιηθεί μία στατιστική ανάλυση, η οποία παραθέτεται παρακάτω.

## Κεφάλαιο 5

### 5.1 Στατιστική Ανάλυση

Το διαθέσιμο δείγμα φακών αποτελείται τόσο από φακούς οράσεως όσο και από φακούς ηλίου, η στατιστική ανάλυσή τους έγινε ξεχωριστά. Παράγοντες που μελετήθηκαν ως προς την διαπερατότητα ήταν οι 9 διαφορετικοί τύποι φακών στις οποίες περιλαμβάνονταν διαφορετικές επιστρώσεις, καθώς και προσθήκη φωτοχρωμικών φακών με επιστρώσεις ενώ ένα μέρος του δείγματος αποτελείται από φακούς άγνωστου τύπου.

Επίσης, οι διάφοροι τύποι φακών μελετήθηκαν και ως προς τον δείκτη διάθλασης (υπήρχαν διαθέσιμοι 3 διαφορετικοί δείκτες διάθλασης 1,50, 1,60 και 1,67) καθώς και ως προς την εταιρία η οποία παρείχε τους φακούς. Οι φακοί ηλίου μελετήθηκαν επιπλέον και ως προς την σκουρότητα τους (διαθέσιμη σκουρότητα 50% και 90%), το χρώμα των φακών που μελετήθηκε ήταν μόνο το γκρι.

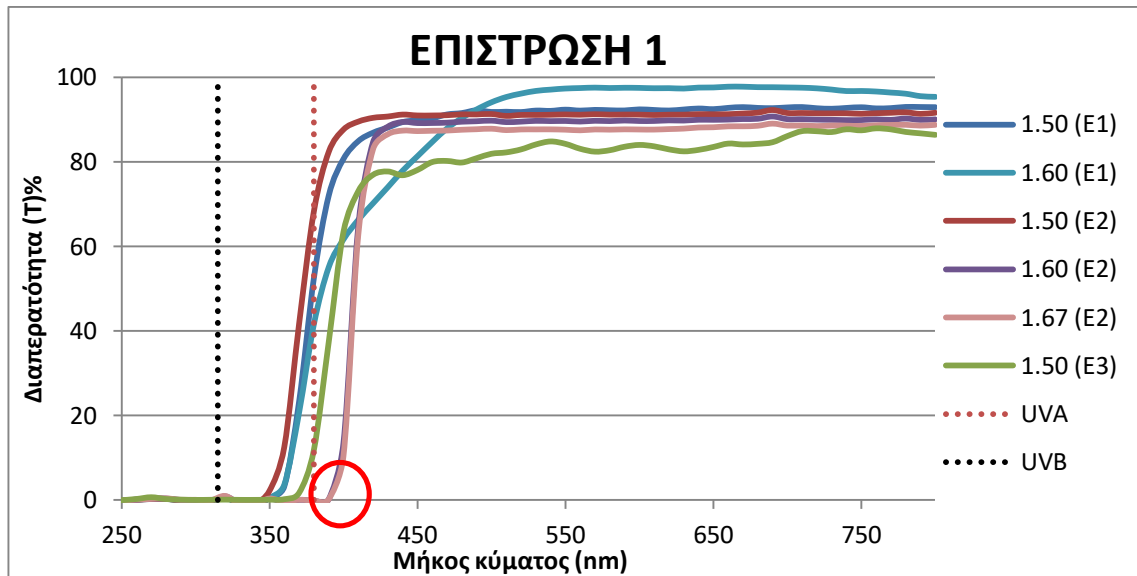
Τέλος, χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα από την μελέτη του Sagawa (Sagawa., & Takahashi., 2001) ως προς την σχετική ευαισθησία αντίληψης του ανθρώπινου οφθαλμού στο ορατό φάσμα (400nm με 750nm) σε δύο ηλικιακές ομάδες (20-29 χρόνων και 60-69 χρόνων) έχει γίνει ποσοτικοποίηση του ποσοστού διαφοροποίησης της σχετικής ευαισθησίας όταν μπροστά από τον οφθαλμό έχουν τοποθετηθεί 2 φακοί ηλίου. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι και στις δυο ομάδες ηλικιών η κόρη του οφθαλμού ήταν τεχνητά φτιαγμένη και η διάμετρος της ήταν 3,00mm

Αναλυτικά το δείγμα φαίνεται στον παρακάτω πίνακα όπου σημειώνεται με (x) ο κάθε διαθέσιμος φακός που μετρήθηκε με το φασματοφωτόμετρο αναλύεται στη συνέχεια.

ΔΕΔΟΜΕΝΑ													
	Εταιρία	Αριθμός δειγμάτων	Δείκτης διάθλασης	Σκουρότητα	Κατηγορίες επιστρώσεων								
					1	2	3	4	5	6	7	8	9
Οράσεως	Ε1	13	1,50		x	x	x	x	x	x			
			1,60		x	x	x	x					
			1,67			x	x	x					
	Ε2	9	1,50		x		x	x					
			1,60		x		x	x					
			1,67		x		x	x					
	Ε3	5	1,50		x		x	x					
			1,60				x						
			1,67				x						
	Ε4	5	1,50									x	
Ηλίου	Ε1	7	1,50	50%	x								
				90%	x						x		
			1,60	50%	x						x		
				90%	x						x		
	Ε2	6	1,50	50%	x						x		
				90%	x								
			1,60	50%	x						x		
				90%	x								
	Ε3	2	1,50	50%	x								
				90%	x								
Ε4	9	1,50	?								x		

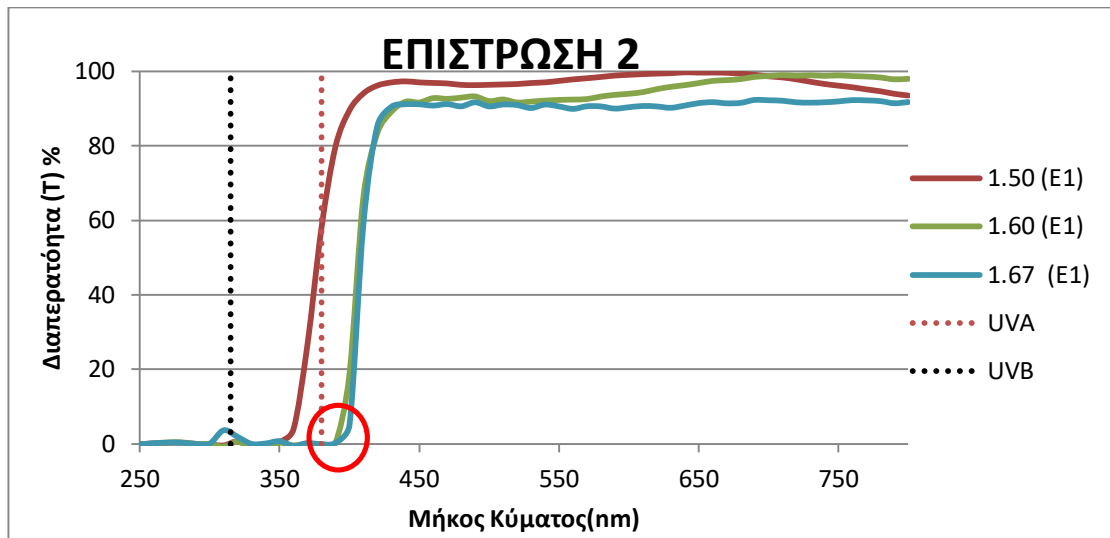
Πίνακας 1: Περιλαμβάνει τις μετρήσεις που έχουν γίνει για κάθε εταιρία

## 5.1.1 Οφθαλμικοί Φακοί οράσεως



ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ 1						
Δείκτης διάθλασης (n)	1.50	1.60	1.50	1.60	1.67	1.50
Εταιρία	1	1	2	2	2	3
T-400nm (%)	80,67	61,65	87,63	13,56	10,49	88,62
T-380nm (%)	52,49	41,60	68,29	0,00	0,00	58,01
T-315nm (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

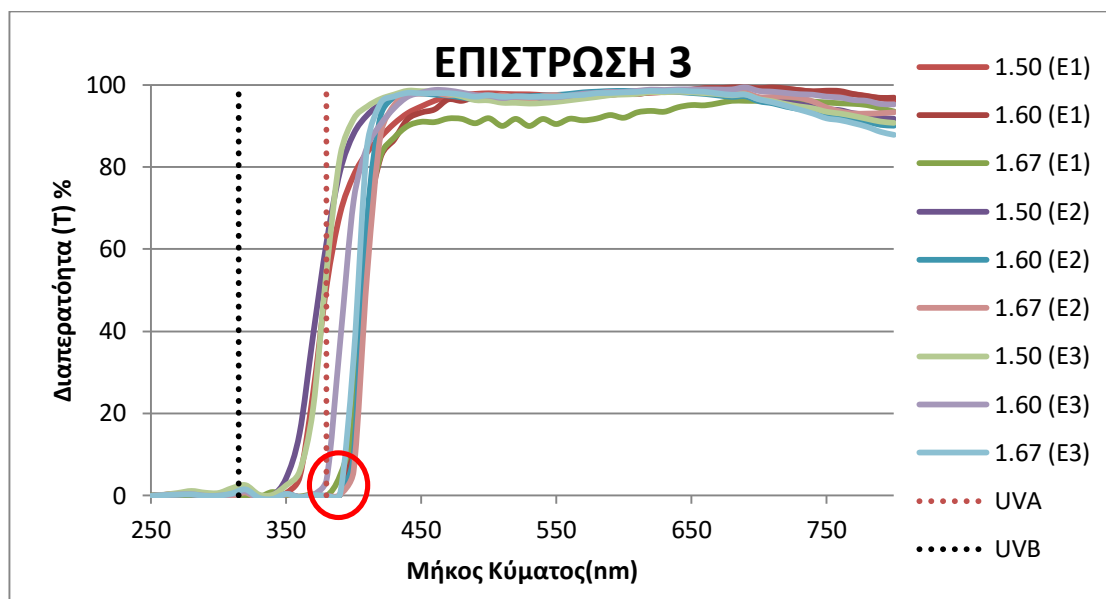
Πραγματοποιήθηκε σύγκριση της επίστρωσης (1) για φακούς διαφορετικών δεικτών διάθλασης (1,50 , 1,60 και 1,67) στην εταιρία (1), εταιρία (2) και εταιρία (3). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, από τους 6 φακούς αυτοί που πληρούν το Ευρωπαϊκό πρότυπο πιστοποίησης (Transmittance <5% στα 380nm) και προστατεύουν τον οφθαλμό από την διέλευση της υπεριώδους ακτινοβολίας (UV-A) είναι μόνο 2 φακοί δεικτών διάθλασης 1,60 και 1,67. Για το Αμερικάνικο πρότυπο πιστοποίησης (Transmittance <1% στα 400nm) κανένας φακός δεν πληρεί το κριτήριο. Τέλος , όταν αρχίζει η UV-B(315nm) όλοι οι φακοί έχουν φτάσει στο 0% διαπερατότητα για την πλήρη προστασία του οφθαλμού. Στο ορατό φάσμα(400nm-700nm) όλοι οι φακοί έχουμε μεγάλη διαπερατότητα όπου ήταν αναμενόμενο.



	ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ 2		
Δείκτης διάθλασης (n)	1.50	1.60	1.67
ΕΤΑΙΡΙΑ	1	1	1
T-400nm (%)	89,48	18,58	17,15
T-380nm (%)	57,96	0,00	0,00
T-315nm (%)	0,00	0,00	0,00

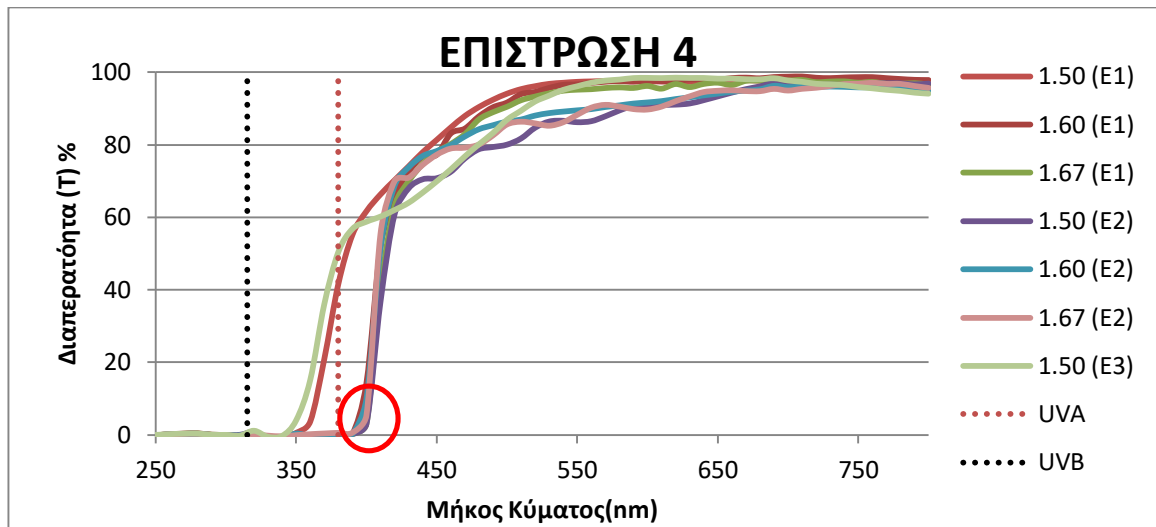
Πραγματοποιήθηκε σύγκριση της επίστρωσης (2) για φακούς διαφορετικών δεικτών διάθλασης (1,50 , 1,60 και 1,67) μόνο στην μια εταιρία. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, από τους 3 φακούς αυτοί που πληρούν το Ευρωπαϊκό πρότυπο πιστοποίησης (Transmittance <5% στα 380nm) και προστατεύουν τον οφθαλμό από την διέλευση της υπεριώδους ακτινοβολίας (UV-A) είναι μόνο 2 φακοί δεικτών διάθλασης 1,60 και 1,67. Για το Αμερικάνικο πρότυπο πιστοποίησης (Transmittance <1% στα 400nm) 1 φακός δεν πληρεί το κριτήριο. Τέλος , όταν αρχίζει η UV-B(315nm) όλοι οι φακοί έχουν φτάσει στο 0% διαπερατότητα για την πλήρη προστασία του οφθαλμού. Στο ορατό φάσμα(400nm-700nm) όλοι οι φακοί έχουμε μεγάλη διαπερατότητα που είναι και το ζητούμενο.





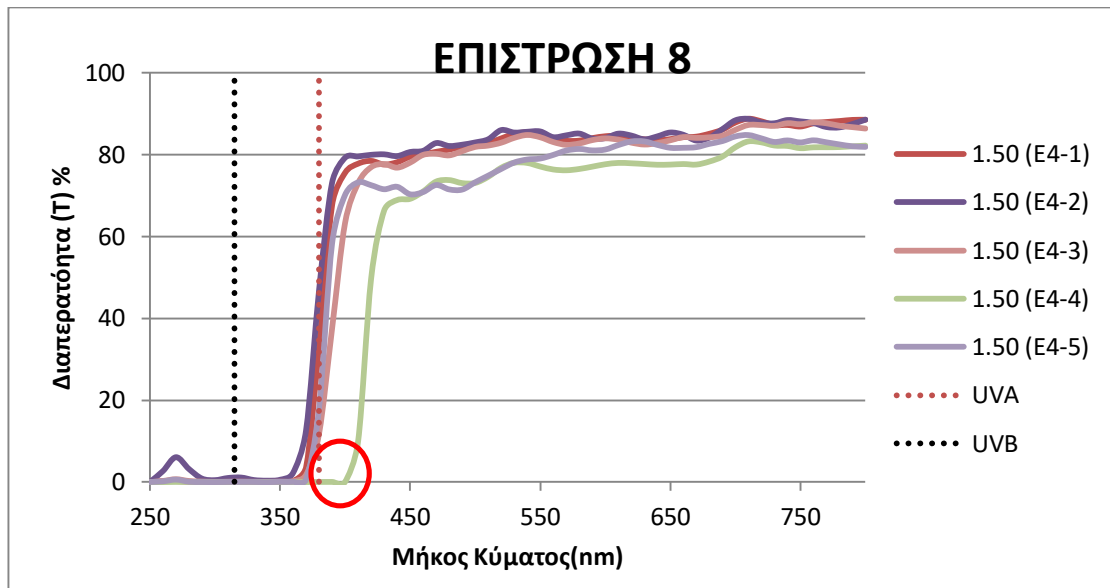
ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ 3									
Δείκτης διάθλασης (n)	1.50	1.60	1.67	1.50	1.60	1.67	1.50	1.60	1.67
ΕΤΑΙΡΙΑ	1	1	1	2	2	2	3	3	3
T-400nm (%)	77,91	17,42	4,94	88,03	9,51	5,90	91,65	71,66	33,38
T-380nm (%)	51,02	0,00	0,00	61,65	0,00	0,00	54,80	3,86	0,00
T-315nm (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Πραγματοποιήθηκε σύγκριση της επίστρωσης (3) για φακούς διαφορετικών δεικτών διάθλασης (1,50 , 1,60 και 1,67) σε κάθε εταιρία. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, από τους 9 φακούς αυτοί που πληρούν το Ευρωπαϊκό πρότυπο πιστοποίησης (Transmittance <5% στα 380nm) και προστατεύουν τον οφθαλμό από την διέλευση της υπεριώδους ακτινοβολίας (UV-A) είναι 6 φακοί, κυρίως οι μεγάλοι δείκτες διάθλασης 1,60 και 1,67 σε όλες τις εταιρίες. Για το Αμερικάνικο πρότυπο πιστοποίησης (Transmittance <1% στα 400nm) κανένας φακός δεν πληρεί το κριτήριο. Τέλος , όταν αρχίζει η UV-B(315nm) όλοι οι φακοί έχουν φτάσει στο 0% διαπερατότητα για την πλήρη προστασία του οφθαλμού. Στο ορατό φάσμα(400nm-700nm) όλοι οι φακοί έχουμε μεγάλη διαπερατότητα που είναι και το ζητούμενο.



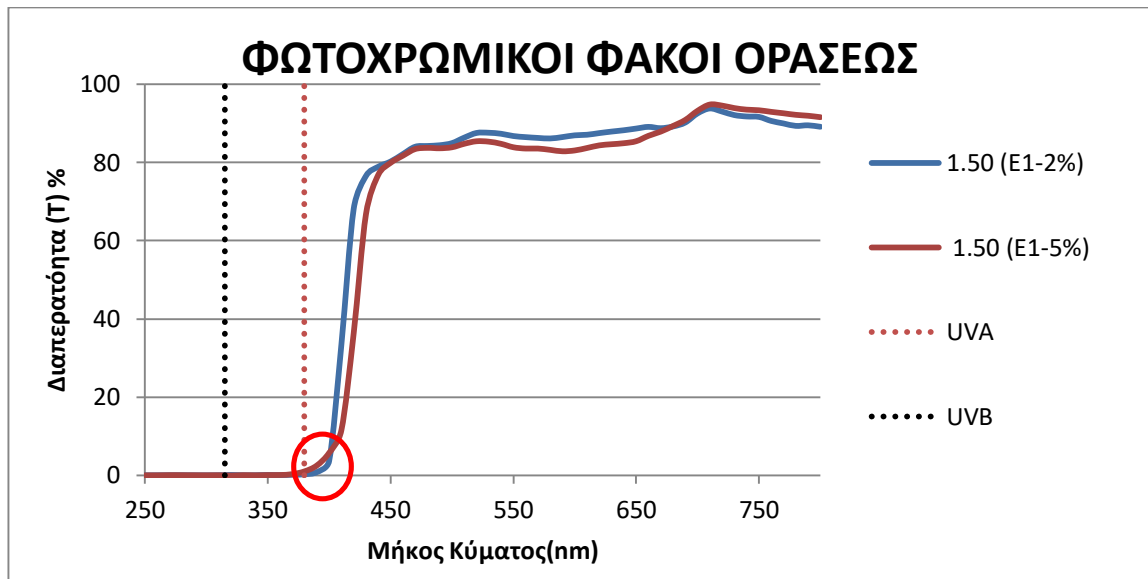
ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ 4							
Δείκτης διάθλασης (n)	1.50	1.60	1.67	1.50	1.60	1.67	1.50
Εταιρία	1	1	1	2	2	2	3
T-400nm (%)	61,65	14,31	3,04	3,00	9,94	5,40	58,76
T-380nm (%)	41,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,54	50,41
T-315nm (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Πραγματοποιήθηκε σύγκριση της επίστρωσης (4) για φακούς διαφορετικών δεικτών διάθλασης (1,50 , 1,60 και 1,67) της εταιρίας (1), εταιρίας (2) και εταιρίας (3). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, από τους 6 φακούς αυτοί που πληρούν το Ευρωπαϊκό πρότυπο πιστοποίησης (Transmittance <5% στα 380nm) και προστατεύουν τον οφθαλμό από την διέλευση της υπεριώδους ακτινοβολίας (UV-A) είναι 5 φακοί. Δύο φακοί της εταιρίας(1) δείκτη διάθλασης 1,60 και 1,67 και 3 φακοί της εταιρίας (2) δείκτη διάθλασης 1,50, 1,60 και 1,67. Για το Αμερικάνικο πρότυπο πιστοποίησης (Transmittance <1% στα 400nm) κανένας φακός δεν πληρεί το κριτήριο. Τέλος , όταν αρχίζει η UV-B(315nm) όλοι οι φακοί έχουν φτάσει στο 0% διαπερατότητα για την πλήρη προστασία του οφθαλμού. Στο ορατό φάσμα(400nm-700nm) όλοι οι φακοί έχουμε μεγάλη διαπερατότητα που είναι και το ζητούμενο.



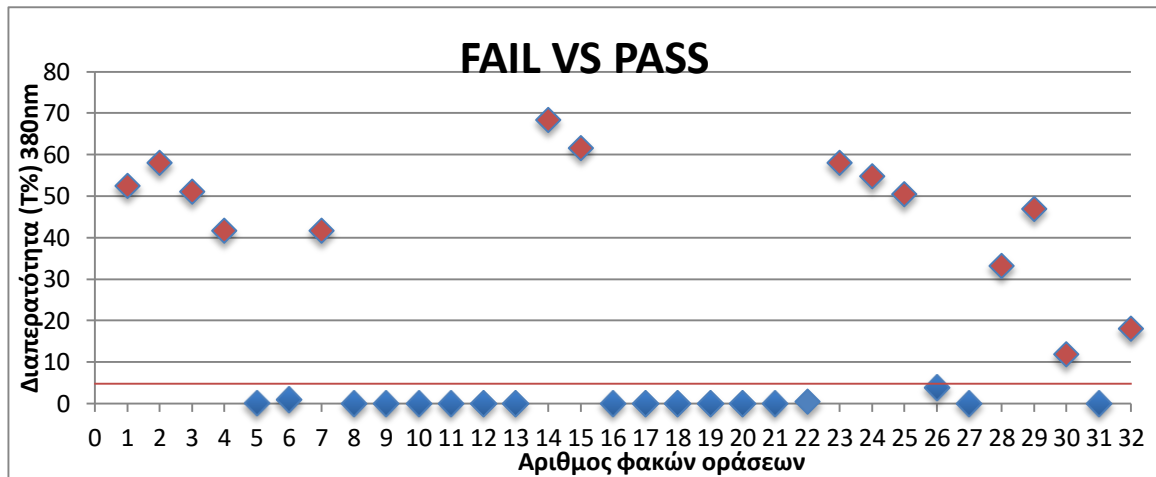
		ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ 8				
Δείκτης διάθλασης (n)		1.50				
ΕΤΑΙΡΙΑ		4				
T-400nm (%)		75,56	79,28	63,37	0,06	70,19
T-380nm (%)		33,12	46,93	11,87	0,04	18,05
T-315nm (%)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Πραγματοποιήθηκε σύγκριση της επίστρωσης (8) για φακούς δείκτη διάθλασης 1,50 για την εταιρία (4). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, από τους πέντε φακούς αυτοί που πληρούν το Ευρωπαϊκό πρότυπο πιστοποίησης (Transmittance <5% στα 380nm) και προστατεύουν τον οφθαλμό από την διέλευση της υπεριώδους ακτινοβολίας (UV-A) είναι μόνο 1 φακός. Για το Αμερικάνικο πρότυπο πιστοποίησης (Transmittance <1% στα 400nm) μόνο ένας φακός πληρεί το κριτήριο. Τέλος, όταν αρχίζει η UV-B(315nm) όλοι οι φακοί έχουν φτάσει στο 0% διαπερατότητα για την πλήρη προστασία του οφθαλμού. Στο ορατό φάσμα(400nm-700nm) όλοι οι φακοί έχουμε μεγάλη διαπερατότητα που είναι και το ζητούμενο.

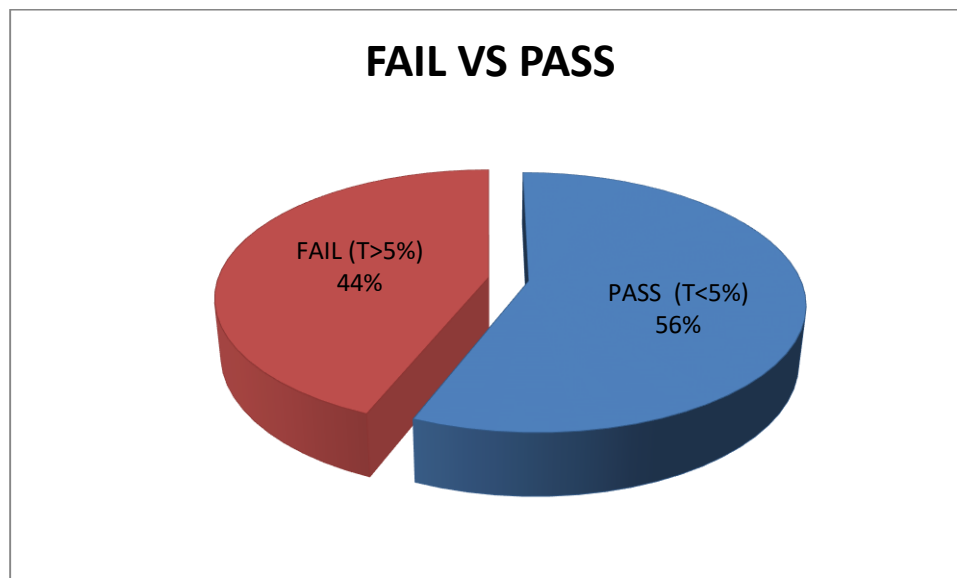


ΦΩΤΟΧΡΩΜΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ		
Δείκτης διάθλασης (n)	1.50 (2%)	1.50 (5%)
ΕΤΑΙΡΙΑ	1	
T-400nm (%)	5,72	3,65
T-380nm (%)	1,00	0,25
T-315nm (%)	0,00	0,00

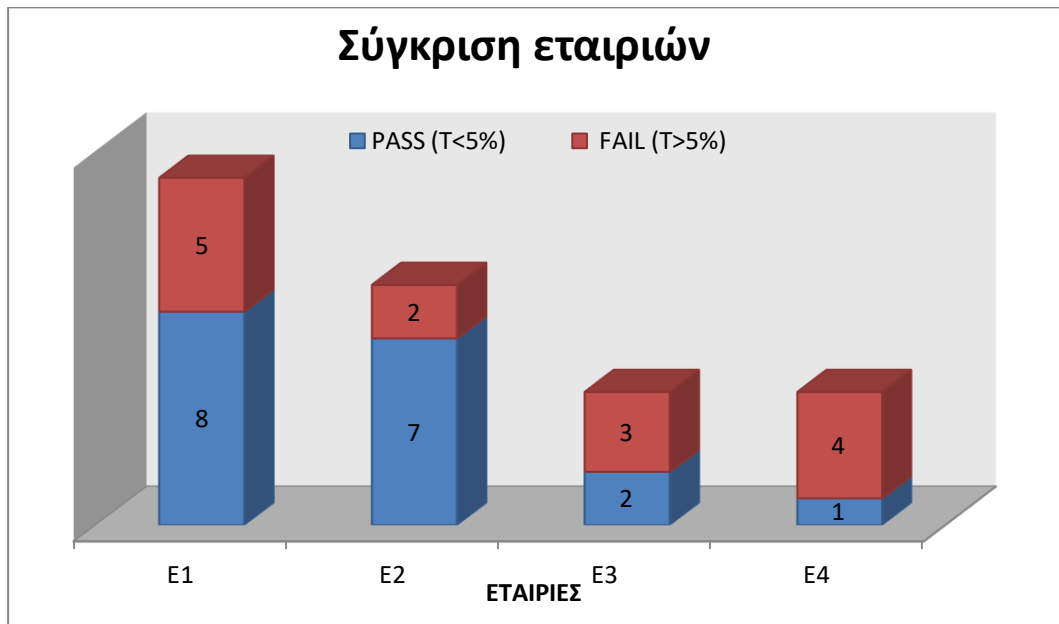
Πραγματοποιήθηκε σύγκριση των φωτοχρωμικών φακών της εταιρίας (1) για φακούς δείκτη διάθλασης 1,50. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, από τους δύο φακούς αυτοί που πληρούν το Ευρωπαϊκό πρότυπο πιστοποίησης (Transmittance <5% στα 380nm) και προστατεύουν τον οφθαλμό από την διέλευση της υπεριώδους ακτινοβολίας (UV-A) είναι και οι δύο φακοί. Για το Αμερικάνικο πρότυπο πιστοποίησης (Transmittance <1% στα 400nm) κανένας φακός δεν πληρεί το κριτήριο. Τέλος, όταν αρχίζει η UV-B(315nm) και οι δύο φακοί έχουν φτάσει στο 0% διαπερατότητα για την πλήρη προστασία του οφθαλμού. Στο ορατό φάσμα(400nm-700nm) και οι δύο φακοί έχουμε μεγάλη διαπερατότητα που είναι και το ζητούμενο.



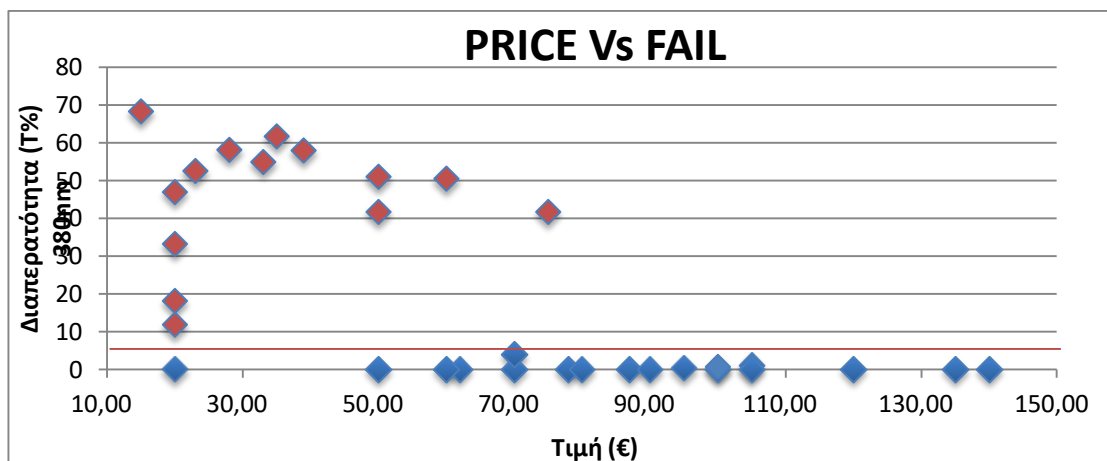
Πραγματοποιήθηκε σύγκριση τις ομάδας των φακών οράσεων (όλων των εταιριών και των επιστρώσεων) όπου στο σύνολο τους είναι 32 για το αν πληρούν τις προδιαγραφές του Ευρωπαϊκού πρότυπου πιστοποίησης δηλαδή η διαπερατότητα τους να είναι <5% για ακτινοβολία μήκους κύματος μικρότερου από 380nm. Τα αποτελέσματα από το διάγραμμα διασποράς δείχνει ότι 14 φακοί (PASS) πληρούν το κριτήριο του Ευρωπαϊκού προτύπου έναντι 18 φακών (FAIL) όπου δεν τα πληρούν.



Τα αποτελέσματα μέσω της πίτας έδειξε ότι 56% (PASS) των φακών πληρούν το κριτήριο του Ευρωπαϊκού προτύπου έναντι ποσοστού 44% (FAIL) όπου δεν τα πληρούν.

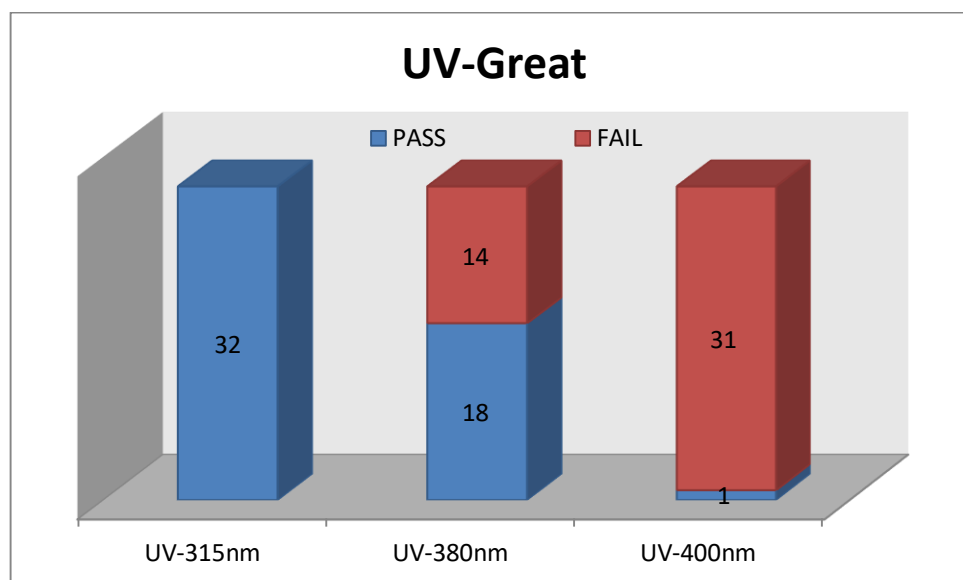


Πραγματοποιήθηκε σύγκριση των 4 εταιριών με το Ευρωπαϊκό πρότυπο πιστοποίησης PASS (T<5%) και FAIL (T>5%) στα 380nm. Τα αποτελέσματα από το διάγραμμα των στηλών είναι ότι στην εταιρία (1) 8 φακοί (PASS) στους 13 πληρούν το κριτήριο του Ευρωπαϊκού προτύπου, στην εταιρία (2) 7 φακοί (PASS) στους 9, στην εταιρία (3) 2 φακοί (PASS) στους 3 και τέλος στην εταιρία (4) 1 φακός (PASS) στους 5.

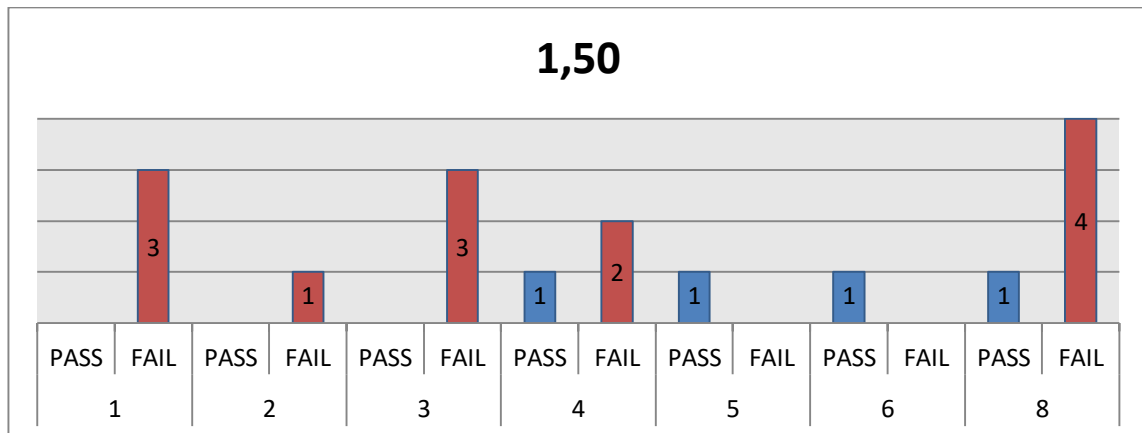


Πραγματοποιήθηκε σύγκριση των τιμών (€) σε όλους τους φακούς (εταιριών και επιστρώσεων) όπου στο σύνολο τους είναι 32 για το αν πληρούν την προδιαγραφή του Ευρωπαϊκού πρότυπου πιστοποίησης PASS (T<5%) και FAIL (T>5%) στα 380nm. Τα αποτελέσματα από το διάγραμμα διασποράς δείχνουν ότι, παίζει ένα σημαντικό ρόλο η τιμή για το κριτήριο της πιστοποίησης. Για τιμή άνω των 50,00€ υπάρχει

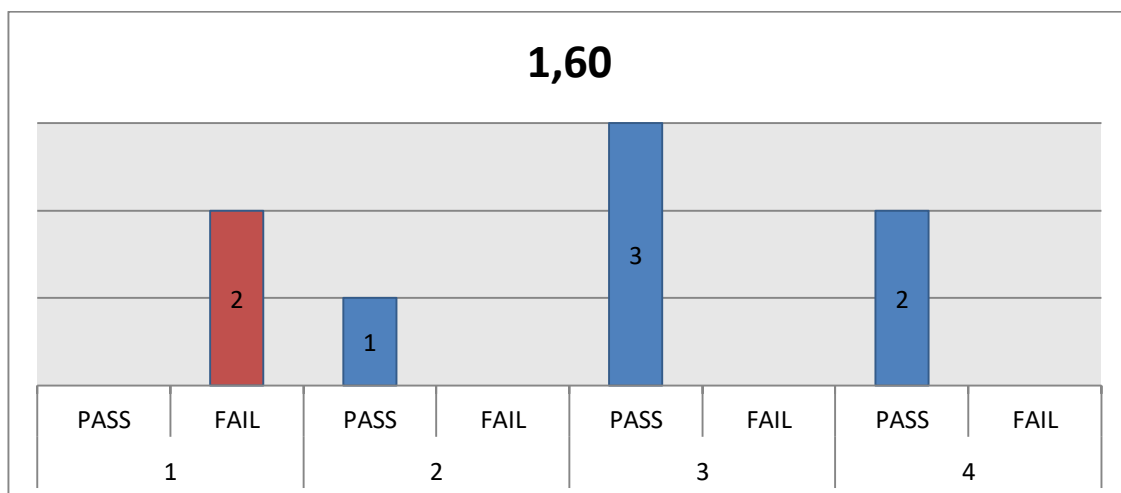
πιθανότητα 14,2% ο φακός να μην πληρεί τις προδιαγραφές του Ευρωπαϊκού προτύπου.



Πραγματοποιήθηκε σύγκριση 3 περιοχών της UV ακτινοβολίας με το Ευρωπαϊκό πρότυπο πιστοποίησης PASS ( $T < 5\%$ ) και FAIL ( $T > 5\%$ ) στα 380nm. Από το διάγραμμα των στηλών φαίνεται ότι, στην περιοχή UV-315nm και οι 32 φακοί (PASS) παίρνουν την Ευρωπαϊκή πιστοποίηση, στην περιοχή UV-380nm 18 φακοί (PASS) στους 32 παίρνουν την πιστοποίηση. Για την περιοχή UV-400nm όπου είναι το Αμερικάνικο πρότυπο θα πρέπει η διαπερατότητα είναι μικρότερη από 1% μόνο 1 φακός (PASS) στους 32 παίρνουν την πιστοποίηση.

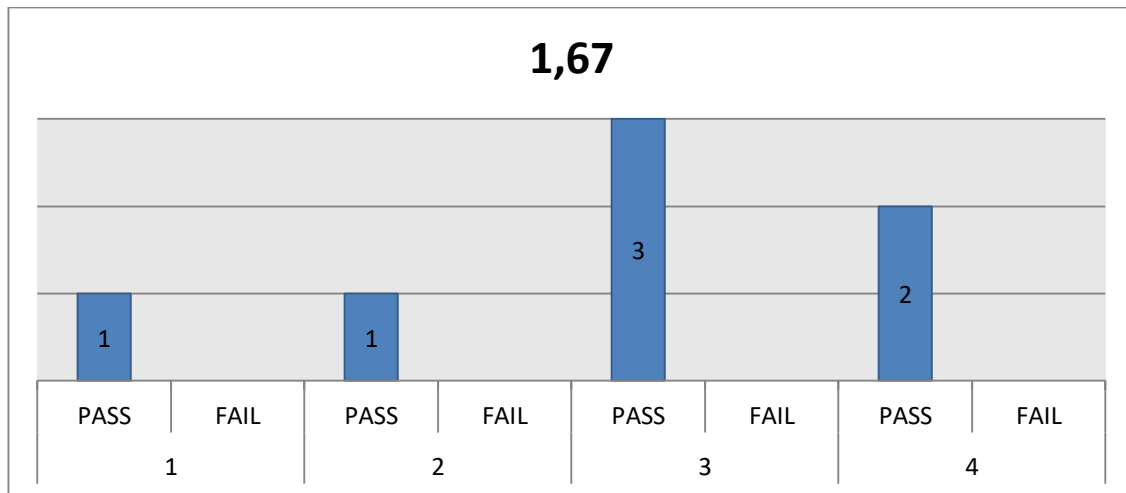


Πραγματοποιήθηκε σύγκριση του δείκτη διάθλαση του υλικού από το οποίο κατασκευάζονται οι φακοί οράσεως με την ομάδα της κατηγορίας των επιστρώσεων για το αν πληρούν την προδιαγραφή του Ευρωπαϊκού πρότυπου πιστοποίησης PASS ( $T < 5\%$ ) και FAIL ( $T > 5\%$ ) στα 380nm. Τα αποτελέσματα από το διάγραμμα των στηλών δείχνουν ότι, οι 3 πρώτες επιστρώσεις δεν πληρούν την προδιαγραφή. Οι φωτοχρωμικοί φακοί 5 και 6 πληρούν την προδιαγραφή. Τέλος, από την επίστρωση (8) μόνο 1 φακός στους 5 πληρεί το κριτήριο.



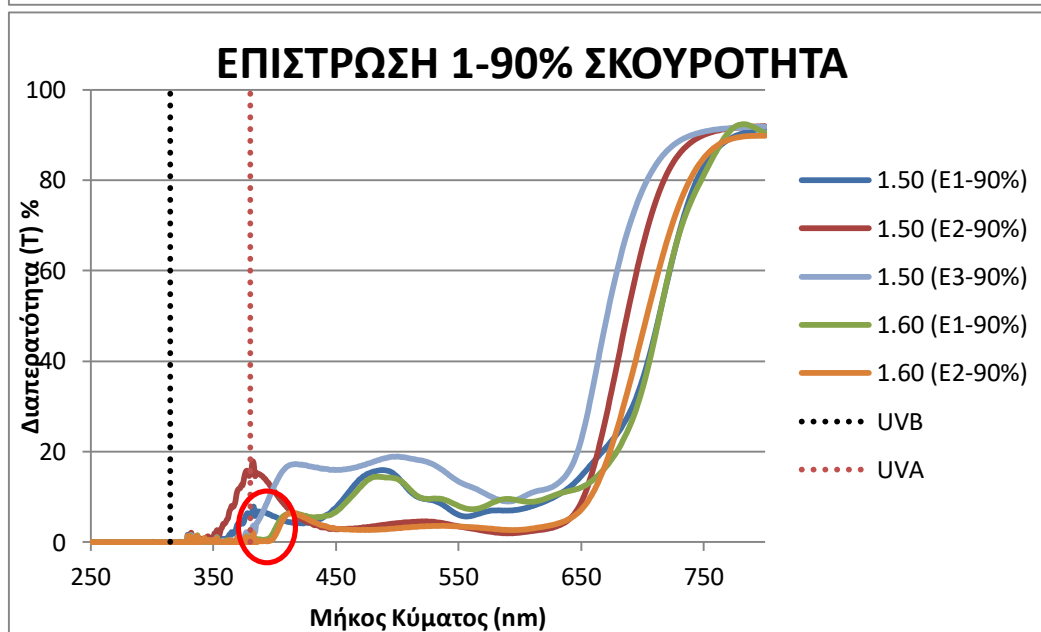
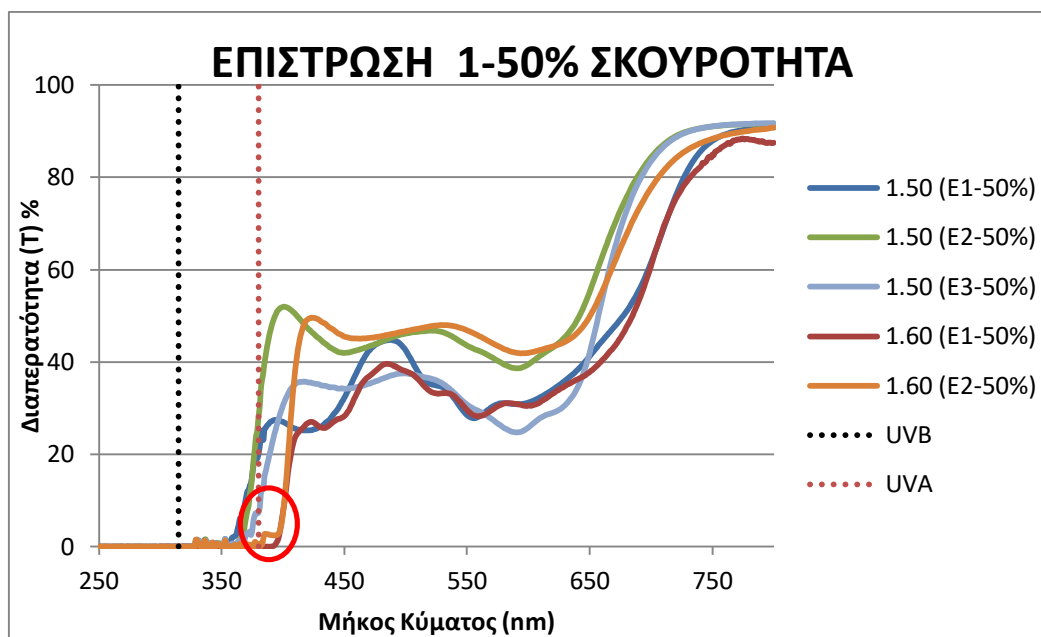
Πραγματοποιήθηκε σύγκριση του δείκτη διάθλαση των φακών οράσεως με την ομάδα της κατηγορίας των επιστρώσεων για το αν πληρεί την προδιαγραφή του Ευρωπαϊκού πρότυπου πιστοποίησης PASS ( $T < 5\%$ ) και FAIL ( $T > 5\%$ ) στα 380nm. Τα αποτελέσματα από το διάγραμμα των στηλών αναλύονται ως εξής, μόνο η επιστρώσεις (1) δεν πληρεί την προδιαγραφή. Οι επιστρώσεις (2), (3) και (4) πληρούν το κριτήριο.





Πραγματοποιήθηκε σύγκριση του δείκτη διάθλαση των φακών οράσεων με την ομάδα της κατηγορίας των επιστρώσεων για το αν πληρούν την προδιαγραφή του Ευρωπαϊκού πρότυπου πιστοποίησης δηλαδή η διαπερατότητα τους να είναι <5% για ακτινοβολία μήκους κύματος μικρότερου από 380nm.. Τα αποτελέσματα από το διάγραμμα των στηλών δείχνουν ότι, όλες οι επιστρώσεις (1), (2), (3) και (4) πληρούν την προδιαγραφή.

## 5.1.2 Φακοί ηλίου διαφορετικής σκουρότητας

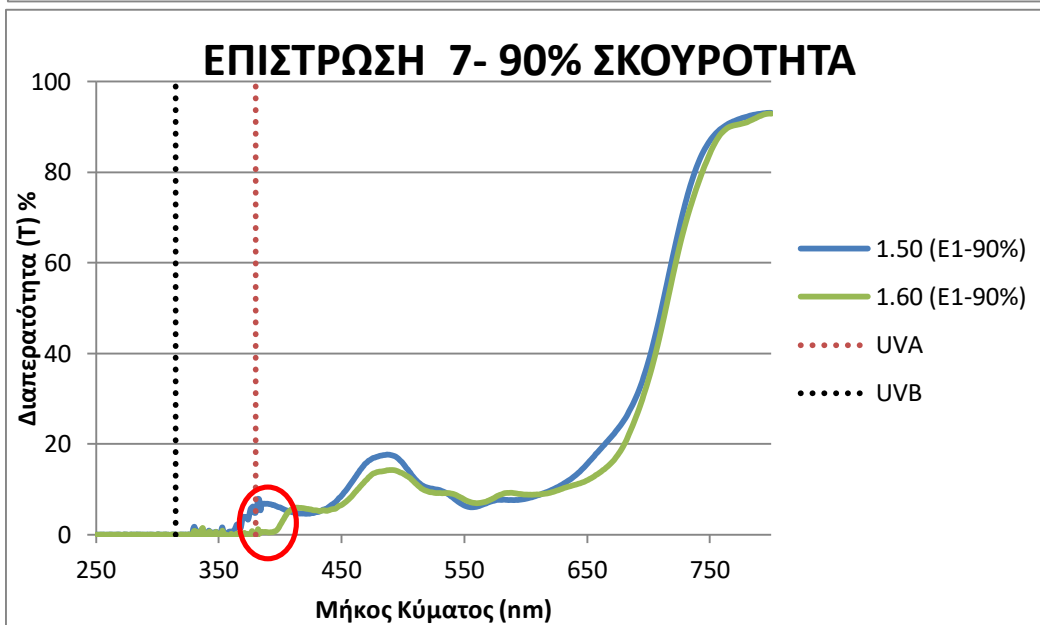
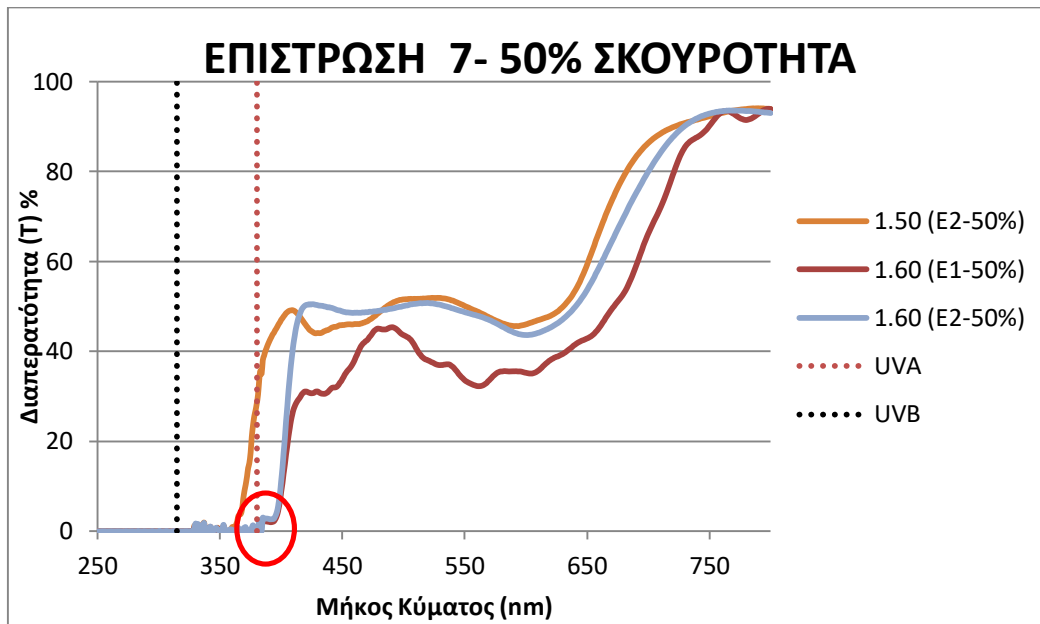


Δείκτης διάθλασης (n)	ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ 1									
	1.50		1.60		1.50		1.60		1.50	
ΕΤΑΙΡΙΑ	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3
ΣΚΟΥΡΟΤΗΤΑ	50%	90%	50%	90%	50%	90%	50%	90%	50%	90%
T-400nm (%)	27,05	5,68	7,36	2,71	51,95	11,18	7,16	1,30	30,58	12,62
T-380nm (%)	20,04	5,59	0,00	0,00	27,88	15,03	0,00	0,00	7,35	0,08
T-315nm (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Average 400nm-750nm	36,45	11,37	34,24	11,11	49,07	9,10	47,99	7,89	38,48	21,34

Πραγματοποιήθηκε σύγκριση της επίστρωσης (1) με τις ομάδες των εταιρία (1), εταιρία (2) και εταιρία (3), σε σχέση τον δείκτη διάθλαση 1,50 και 1,60 καθώς και με την σκουρότητα των φακών 50% και 90% . Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, από τους 10 φακούς αυτοί που πληρούν το Ευρωπαϊκό πρότυπο πιστοποίησης CE (Transmittance <5% στα 380nm) και προστατεύουν τον οφθαλμό από την διέλευση της υπεριώδους ακτινοβολίας (UV-A) είναι 5 φακοί. Από την εταιρία 1 και 2 οι φακοί με δείκτη διάθλασης 1,60 και τις δύο σκουρότητες (50% και 90%) πληρούν το κριτήριο καθώς από την εταιρία 3 ο φακός με δείκτη διάθλασης 1,50 και σκουρότητα 90% πληρεί το κριτήριο του Ευρωπαϊκού πρότυπου. Για το Αμερικάνικο πρότυπο πιστοποίησης (Transmittance <1% στα 400nm) κανένας φακός δεν πληρεί το κριτήριο από την εταιρία (1) δείκτης διάθλασης 1,60 με σκουρότητα 90% και από την εταιρία (2) δείκτης διάθλασης 1,60 με σκουρότητα 90% . Τέλος , όταν αρχίζει η UV-B(315nm) όλοι οι φακοί έχουν φτάσει στο 0% διαπερατότητα για την πλήρη προστασία του οφθαλμού. Στο ορατό φάσμα(400nm-700nm) ο συνολικός μέσος όρος της φωτεινότητας σε κάθε περίπτωση φαίνεται στον πίνακα 2. Όσο αυξάνεται ο δείκτης διάθλασης και η σκουρότητα τόσο μειώνεται ο φωτισμός στο ορατό φάσμα.

<b>TOTAL AVERAGE</b>	
<b>Δείκτης διάθλασης (n</b>	<b>T%</b>
<b>1,50-50%</b>	41,33
<b>1,60-50%</b>	41,12
<b>1,50-90%</b>	13,94
<b>1,60-90%</b>	10,00

Πίνακας 2: Συνολικός μέσος όρο φωτεινότητας σε κάθε περίπτωση

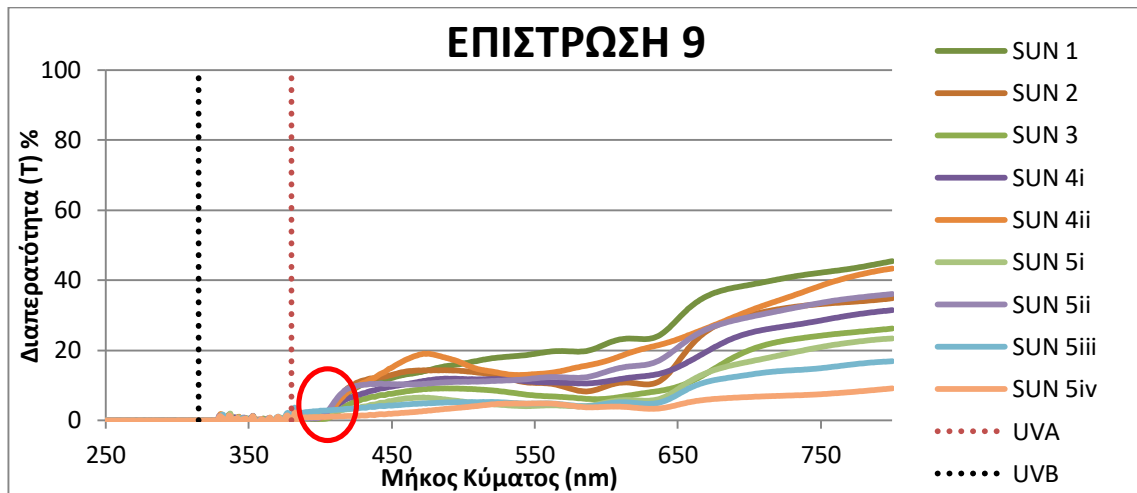


	ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ 7				
Δείκτης διάθλασης (n)	1.50	1.60		1.50	1.60
ΕΤΑΙΡΙΑ	1	1	1	2	2
ΣΚΟΥΡΟΤΗΤΑ	90%	50%	90%	50%	50%
T-400nm (%)	6,01	8,69	2,10	47,00	11,05
T-380nm (%)	4,84	0,00	0,00	28,30	0,00
T-315nm (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Average 400nm-750nm	12,26	38,98	12	53,10	50,69

Πραγματοποιήθηκε σύγκριση της επίστρωσης (7) με τις ομάδες των εταιρία (1) και εταιρία (2), σε σχέση με τον δείκτη διάθλαση 1,50 και 1,60 καθώς και με την σκουρότητα των φακών 50% και 90% . Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, από τους 5 φακούς αυτοί που πληρούν το Ευρωπαϊκό πρότυπο πιστοποίησης CE (Transmittance <5% στα 380nm) και προστατεύουν τον οφθαλμό από την διέλευση της υπεριώδους ακτινοβολίας (UV-A) είναι μόνο 1 φακός από την εταιρία (1) δείκτης διάθλασης 1,60 με σκουρότητα 90%. Για το Αμερικάνικο πρότυπο πιστοποίησης (Transmittance <1% στα 400nm) κανένας φακός δεν πληρεί το κριτήριο. Τέλος , όταν αρχίζει η UV-B(315nm) όλοι οι φακοί έχουν φτάσει στο 0% διαπερατότητα για την πλήρη προστασία του οφθαλμού. Στο ορατό φάσμα(400nm-700nm) οι φακοί ηλίου διατίθενται σε 2 σκουρότητες 50% και 90% σε 2 διαφορετικούς δείκτες διάθλασης 1,50 και 1,60. Ο συνολικός μέσος όρος της φωτεινότητας σε κάθε περίπτωση φαίνεται στον πίνακα 3. Όσο αυξάνεται ο δείκτης διάθλασης και η σκουρότητα τόσο μειώνεται ο φωτισμός στο ορατό φάσμα.

TOTAL AVERAGE	
Δείκτης διάθλασης (n)	T%
1,50-50%	53,10
1,60-50%	44,84
1,50-90%	12,26
1,60-90%	12

Πίνακας 3: Συνολικός μέσος όρο φωτεινότητας σε κάθε περίπτωση

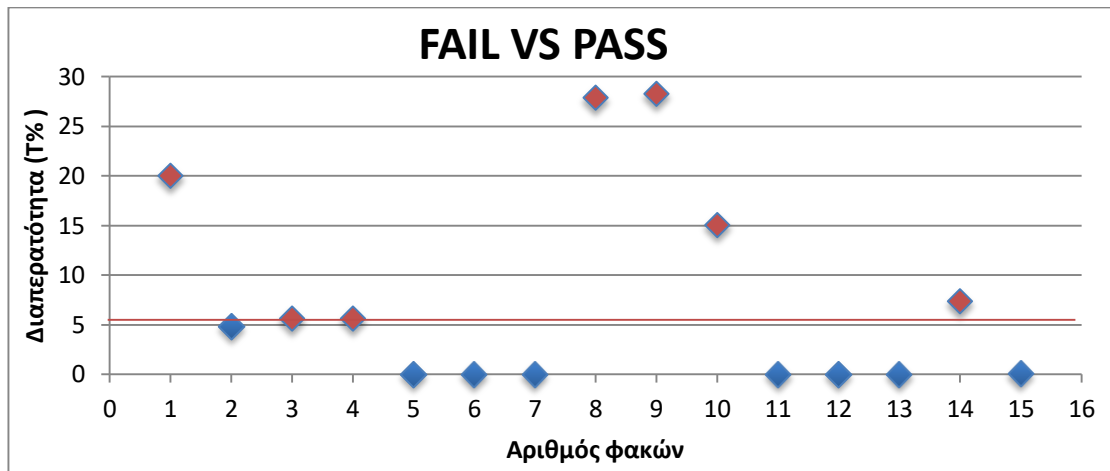


	SUN 1	SUN 2	SUN 3	SUN 4i	SUN 4ii	SUN 5i	SUN 5ii	SUN 5iii	SUN 5iv	
Δείκτης διάθλασης (n)	1,50									
T-400nm (%)	0,64	0,80	0,40	0,87	0,80	2,35	0,92	2,79	0,99	
T-380nm (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,15	0,00	
T-315nm (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Average 400nm-750nm	12,97	11,64	8,44	9,19	12,06	6,43	10,20	5,70	3,77	

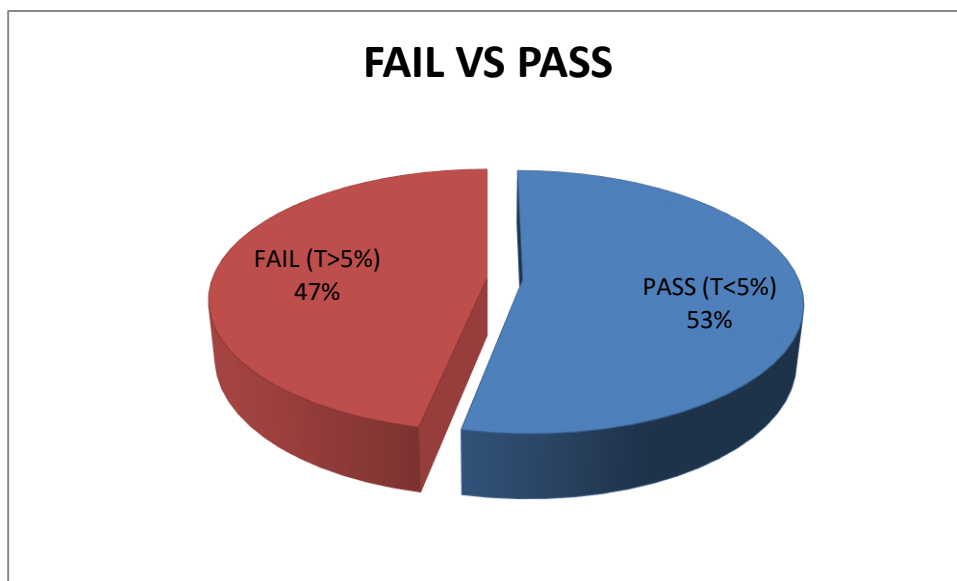
Πραγματοποιήθηκε σύγκριση της επίστρωσης (9) με την ομάδα της εταιρίας (4) δείκτη διάθλαση 1,50 θα πρέπει να αναφερθεί ότι δεν γνωρίζουμε την σκουρότητα σε κάθε φακό. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, από τους 9 φακούς αυτοί που πληρούν το Ευρωπαϊκό πρότυπο πιστοποίησης CE (Transmittance <5% στα 380nm) και προστατεύουν τον οφθαλμό από την διέλευση της υπεριώδους ακτινοβολίας (UV-A) είναι όλοι οι φακοί. Για το Αμερικάνικο πρότυπο πιστοποίησης (Transmittance <1% στα 400nm) μόνο 7 φακοί από τους 9 πληρούν το κριτήριο από την εταιρία (4). Τέλος, όταν αρχίζει η UV-B(315nm) όλοι οι φακοί έχουν φτάσει στο 0% διαπερατότητα για την πλήρη προστασία του οφθαλμού. Στο ορατό φάσμα(400nm-700nm) μη γνωρίζοντας την σκουρότητα των φακών και έχοντας μόνο ένα δείκτη διάθλασης, ο συνολικός μέσος όρος της φωτεινότητας για όλους τους φακούς παρατίθενται στον πίνακα 4. Ανεξαρτήτως της σκουρότητα κάθε φακού φαίνεται ότι όλοι οι φακοί έχουν μεγάλη μείωση φωτεινότητας στο ορατό φάσμα.

TOTAL AVERAGE	
Δείκτης διάθλασης (n)	T%
1,50	8,90

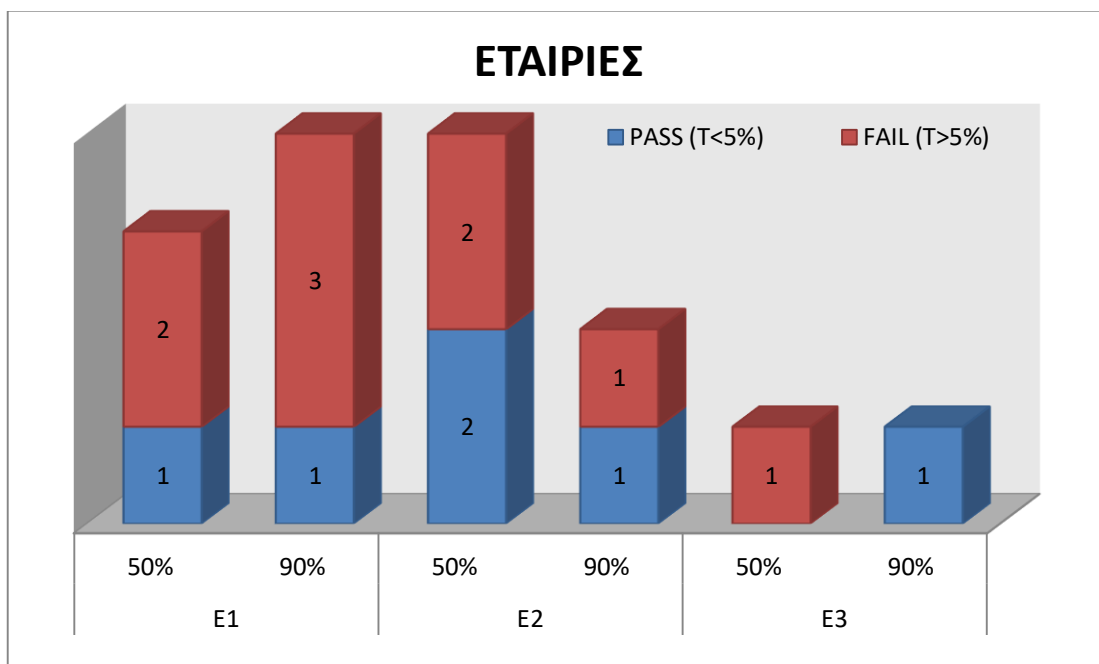
Πίνακας 4: Συνολικός μέσος όρο φωτεινότητας σε κάθε περίπτωση



Πραγματοποιήθηκε σύγκριση όλων των φακών με διαφορετική σκουρότητα (εταιριών, επιστρώσεων και ανάλογα με την σκουρότητα) όπου στο σύνολο τους είναι 15 για το αν πληρούν την προδιαγραφή του Ευρωπαϊκού πρότυπου πιστοποίησης CE, PASS ( $T < 5\%$ ) και FAIL ( $T > 5\%$ ) στα 380nm. Τα αποτελέσματα από το διάγραμμα της διασποράς αναλύονται ως εξής, 8 φακοί (PASS) πληρούν το κριτήριο του Ευρωπαϊκού προτύπου έναντι 7 φακών (FAIL) όπου δεν τα πληρούν.

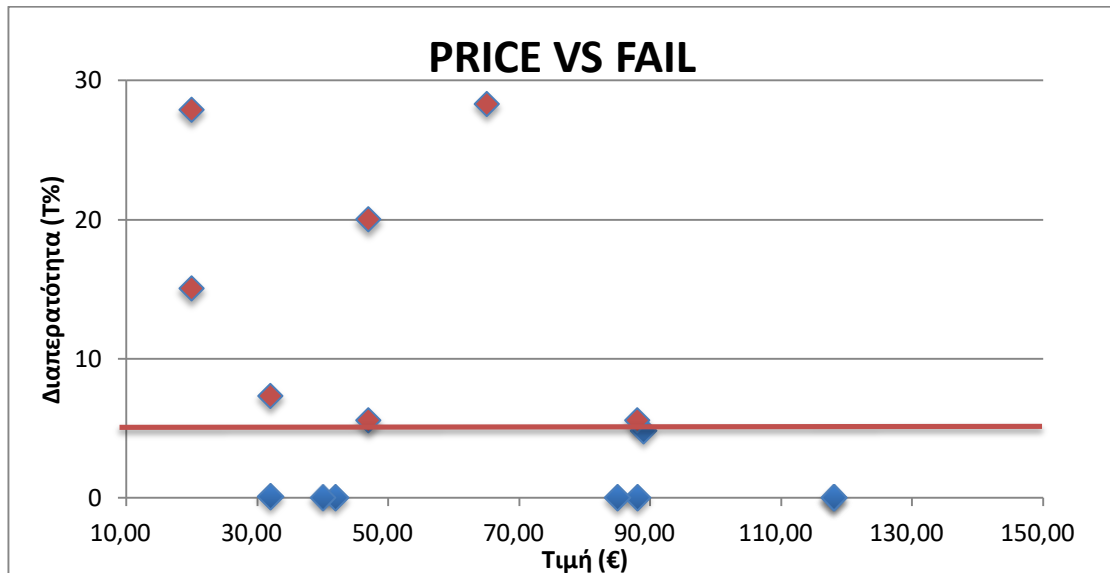


Τα αποτελέσματα μέσω της πίτας έδειξαν ότι 53% (PASS) των φακών πληρούν το κριτήριο του Ευρωπαϊκού προτύπου έναντι ποσοστού 47% (FAIL) όπου δεν τα πληρούν.

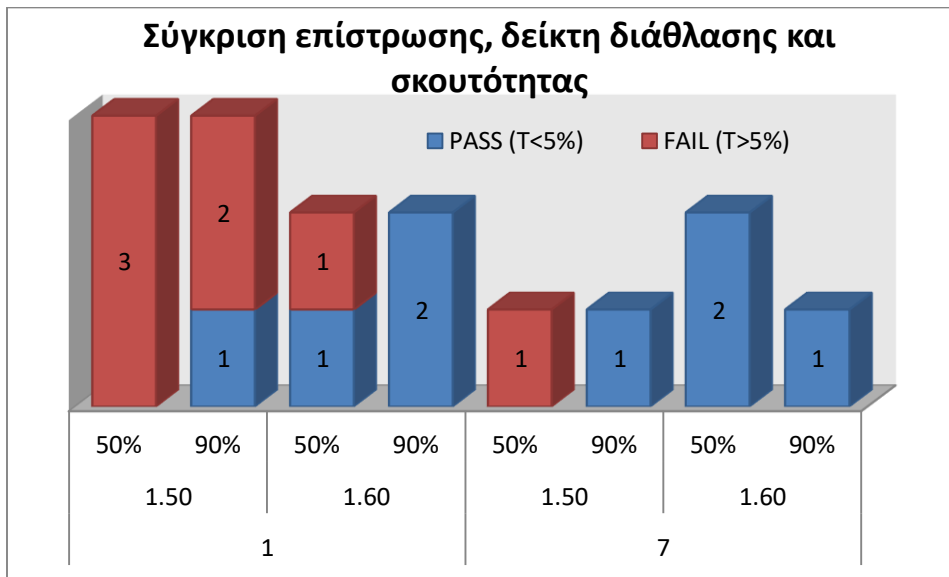


Πραγματοποιήθηκε σύγκριση των τριών εταιριών για διαφορετική σκουρότητα 50% και 90% για το αν πληρούν την προδιαγραφή του Ευρωπαϊκού πρότυπου πιστοποίησης CE, PASS (T<5%) και FAIL (T>5%) στα 380nm. Τα αποτελέσματα από το διάγραμμα των στηλών αναλύονται ως εξής, στην εταιρία 1 για σκουρότητα 50% 1 φακός (PASS) στους 3 πληρούν το κριτήριο του Ευρωπαϊκού προτύπου ενώ για σκουρότητα 90%, 1 φακοί (PASS) στους 4. Στην εταιρία (2) για σκουρότητα 50% 2 φακοί (PASS) στους 4 πληρούν το κριτήριο του Ευρωπαϊκού προτύπου ενώ για σκουρότητα 90%, 1 φακός (PASS) στους 2. Στην εταιρία (3) για σκουρότητα 50% 1 φακός (PASS) πληρεί το κριτήριο του Ευρωπαϊκού προτύπου όπως και για σκουρότητα 90% .





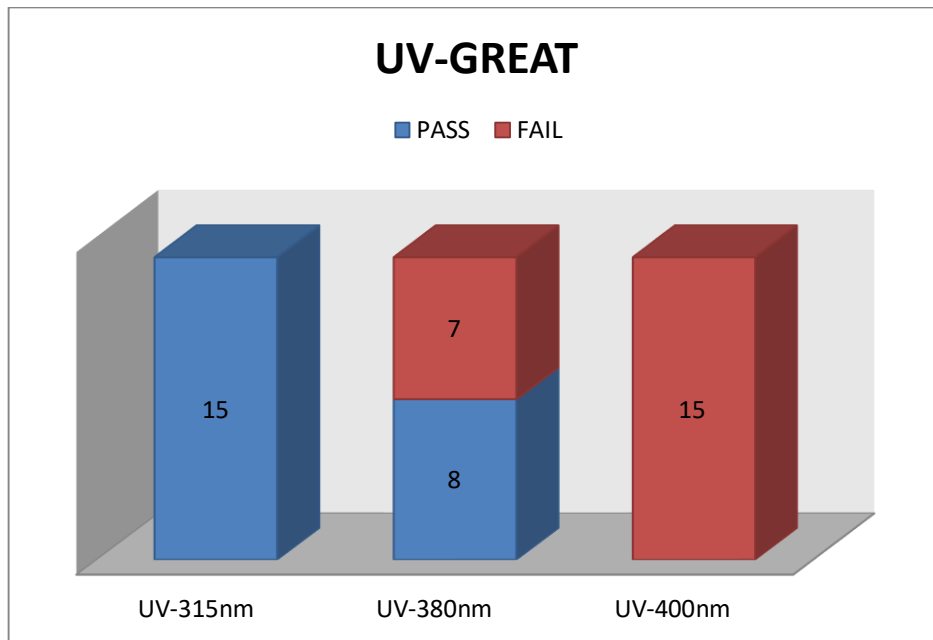
Πραγματοποιήθηκε σύγκριση των τιμών (€) με τους φακούς (σύμφωνα με την εταιρία, την επίστρωση και την σκουρότητα ) όπου στο σύνολο τους είναι 15, για το αν πληρούν την προδιαγραφή του Ευρωπαϊκού πρότυπου πιστοποίησης CE, PASS ( $T < 5\%$ ) και FAIL ( $T > 5\%$ ) στα 380nm. Τα αποτελέσματα από το διάγραμμα διασποράς δείχνουν ότι δεν παίζει ρόλο η τιμή για το κριτήριο της πιστοποίησης. Για τιμή άνω των 50,00€ υπάρχει πιθανότητα 50% ο φακός να μην πληρεί τις προδιαγραφές του Ευρωπαϊκού προτύπου.



Πραγματοποιήθηκε σύγκριση των δεικτών διάθλασης 1,50 και 1,60 όλων των εταιριών σύμφωνα με την σκουρότητα 50% και 90% για το αν πληρούν το Ευρωπαϊκού πρότυπου πιστοποίησης CE, PASS (T<5%) και FAIL (T>5%) στα 380nm. Από το διάγραμμα των στηλών φαίνεται ότι:

Για την επίστρωση (1) για δείκτη διάθλασης 1,50 και σκουρότητα 50% κανένας φακός δεν πληρεί το κριτήριο του Ευρωπαϊκού προτύπου ενώ για σκουρότητα 90% 1 φακός (PASS) στους 2 πληρεί το κριτήριο του Ευρωπαϊκού προτύπου. Για δείκτη διάθλαση 1,60 και σκουρότητα 50% 1 φακός (PASS) στους 2 πληρεί το κριτήριο του Ευρωπαϊκού προτύπου ενώ για σκουρότητα 90% και οι 2 φακοί (PASS) στους 2 πληρούν το κριτήριο του Ευρωπαϊκού προτύπου.

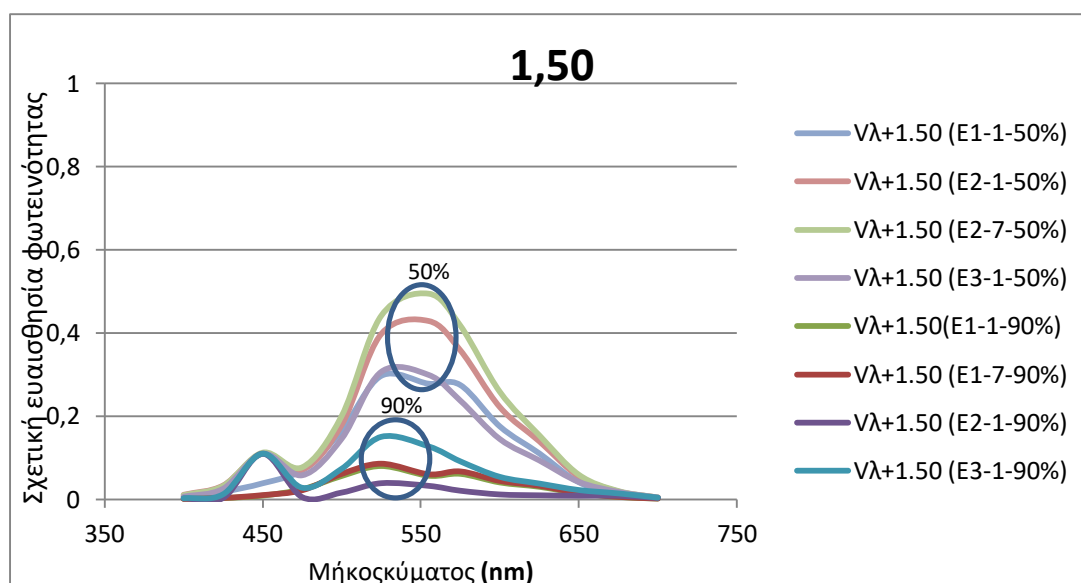
Για την επίστρωση (7) για δείκτη διάθλασης 1,50 και σκουρότητα 50% ένας φακός πληρεί το κριτήριο του Ευρωπαϊκού προτύπου ενώ για σκουρότητα 90% ένας φακός (PASS) πληρεί το κριτήριο του Ευρωπαϊκού προτύπου. Για δείκτη διάθλαση 1,60 και σκουρότητα 50% όλοι οι φακοί (PASS) πληρούν το κριτήριο του Ευρωπαϊκού προτύπου ενώ για σκουρότητα 90% ο ένας (PASS) πληρεί το κριτήριο του Ευρωπαϊκού προτύπου.



Πραγματοποιήθηκε σύγκριση 3 περιοχών της UV ακτινοβολίας για το αν πληρούν την προδιαγραφή του Ευρωπαϊκού πρότυπου πιστοποίησης CE, PASS ( $T < 5\%$ ) και FAIL ( $T > 5\%$ ) στα 380nm. Από το διάγραμμα των στηλών φαίνεται ότι, στην περιοχή UV-315nm και οι 15 φακοί (PASS) παίρνουν την Ευρωπαϊκή πιστοποίηση, στην περιοχή UV-380nm 8 φακοί (PASS) στους 7 παίρνουν την πιστοποίηση. Για UV-400nm, το Αμερικάνικο πρότυπο πιστοποίησης όπου η διαπερατότητα θα πρέπει να είναι μικρότερη της τάξεως του 1% κανένας φακός δεν πληρεί το κριτήριο πιστοποίησης.

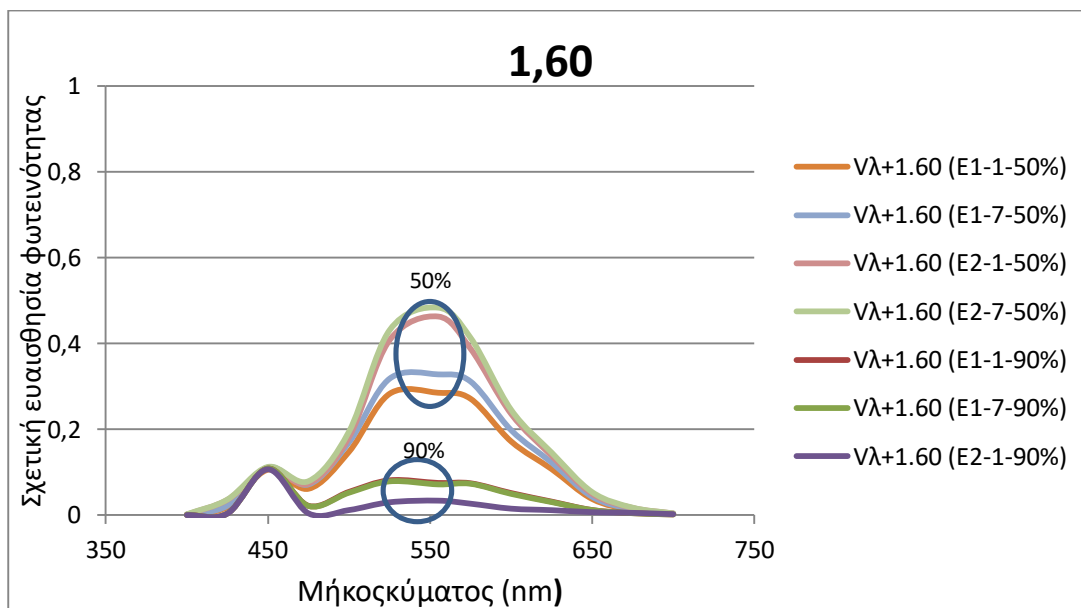
### 5.1.2.1 Ποσοτικοποίηση την συνολικής ευαισθησίας φωτεινότητας του οφθαλμού για φακούς ηλίου διαφορετικής σκουρότητας.

- Ομάδα ηλικιών 20-29



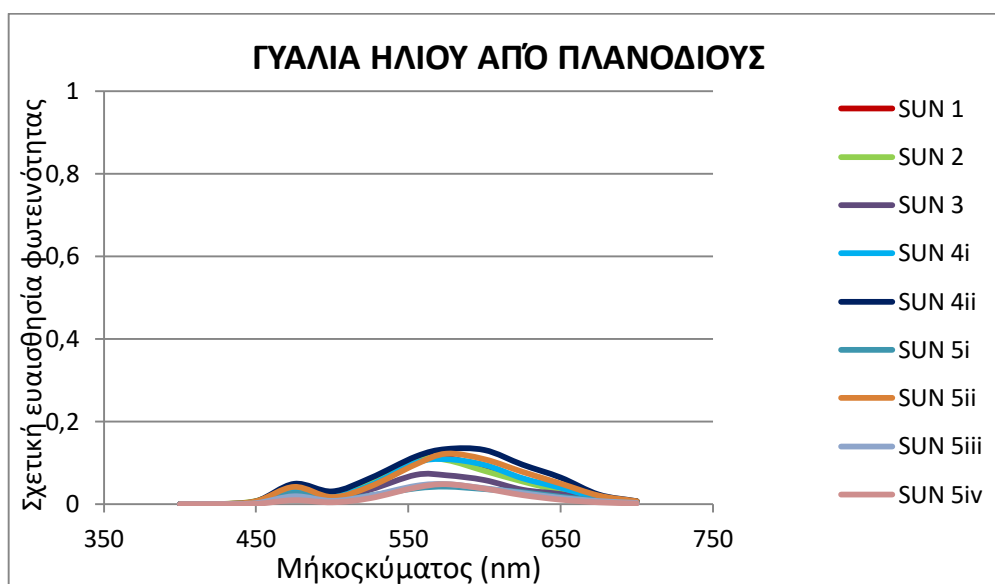
	<b>1,50</b>							
	E1-1-50%	E1-1-90%	E1-7-90%	E2-1-50%	E2-7-50%	E2-1-90%	E3-1-50%	E3-1-90%
<b>Μέση διαπερατότητα του φακού</b>	0,371	0,122	0,129	0,543	0,576	0,183	0,441	0,288
<b>Αντιλαμβανόμενο φως</b>	0,331	0,086	0,091	0,450	0,506	0,060	0,331	0,162

Πραγματοποιήθηκε σύγκριση της σχετικής ευαισθησίας φωτεινότητας του ορατού φάσματος (400nm-700nm) ηλικιών 20-29 ετών για κάθε ένα φακό διαφορετικής σκουρότητας. Το αποτέλεσμα της μελέτης έδειξε ότι το αντιλαμβανόμενο φως μειώνεται για σκουρότητα 50% και ακόμα περισσότερο για σκουρότητα 90% για τον δείκτη διάθλασης 1,50.



	1,60						
	E1-1-50%	E1-7-50%	E1-1-90%	E1-7-90%	E2-1-50%	E2-7-50%	E2-1- 90%
Μέση διαπερατότητα του φακού	0,38	0,430	0,181	0,178	0,503	0,531	0,148
Αντιλαμβανόμενο φως	0,33	0,118	0,079	0,118	0,466	0,491	0,058

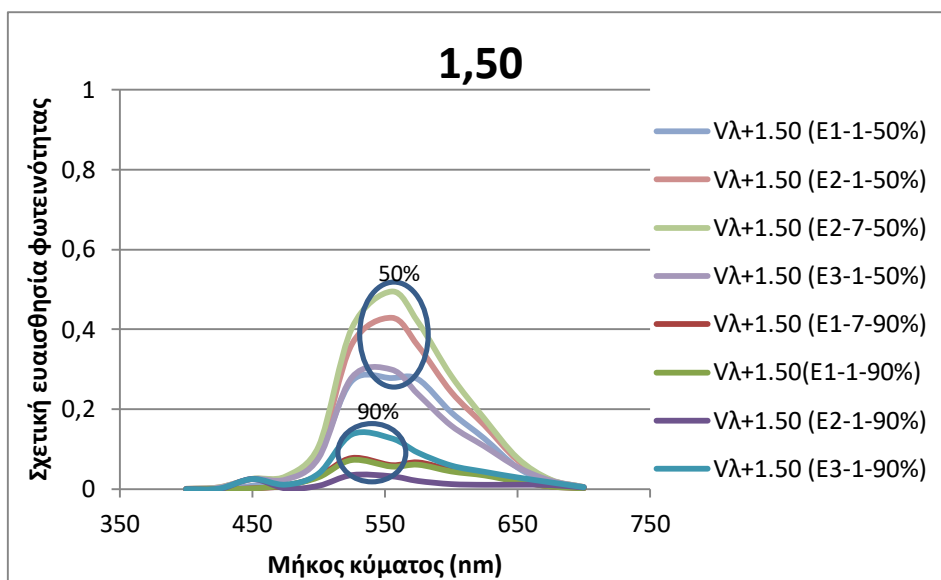
Πραγματοποιήθηκε σύγκριση της σχετικής ευαισθησίας φωτεινότητας του ορατού φάσματος (400nm-700nm) ηλικιών 20-29 ετών για κάθε ένα φακό διαφορετικής σκουρότητας . Το αποτέλεσμα της μελέτης έδειξε ότι το αντιλαμβανόμενο φως μειώνεται για σκουρότητα 50% και ακόμα περισσότερο για σκουρότητα 90% για τον δείκτη διάθλασης 1,60.



	ΓΥΑΛΙΑ ΑΠΟ ΠΛΑΝΟΔΙΟΥΣ									
	SUN 1	SUN 2	SUN 3	SUN 4i	SUN 4ii	SUN 5i	SUN 5ii	SUN 5iii	SUN 5iv	
<b>Μέση διαπερατότητα του φακού</b>	0,148	0,154	0,099	0,138	0,190	0,080	0,161	0,068	0,045	
<b>Αντλαμβανόμενο φως</b>	0,120	0,118	0,079	0,118	0,160	0,053	0,131	0,052	0,043	

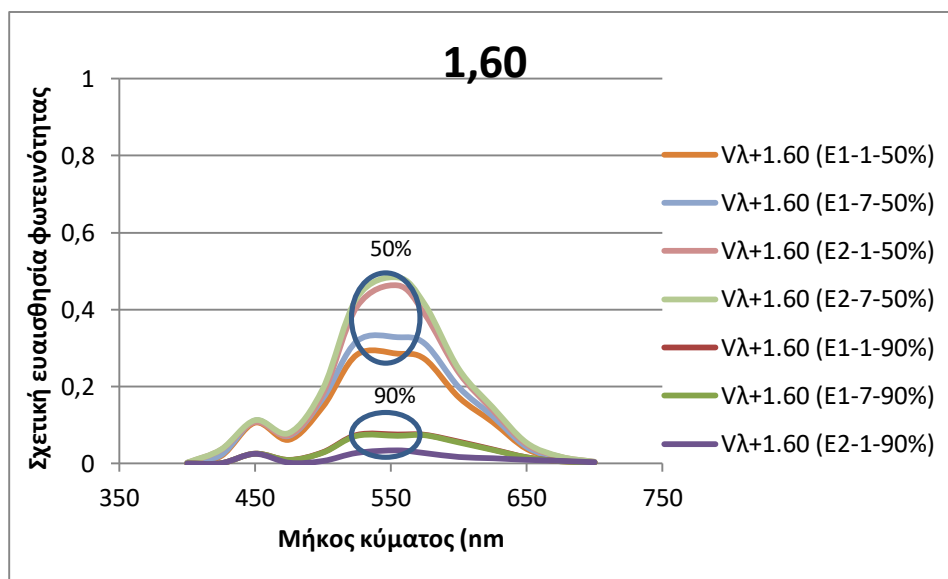
Πραγματοποιήθηκε σύγκριση της σχετικής ευαισθησίας φωτεινότητας του ορατού φάσματος (400nm-700nm) ηλικιών 20-29 ετών για κάθε ένα φακό διαφορετικής σκουρότητας . Το αποτέλεσμα της μελέτης έδειξε ότι το αντλαμβανόμενο φως μειώνεται για κάθε διαφορετική σκουρότητα την οποία δεν την γνωρίζουμε.

- Ομάδα ηλικιών 60-69



1,50								
	E1-1-50%	E1-1-90%	E1-7-90%	E2-1-50%	E2-7-50%	E2-1-90%	E3-1-50%	E3-1-90%
<b>Μέση διαπερατότητα του φακού</b>	0,104	0,026	0,028	0,140	0,158	0,014	0,100	0,045
<b>Αντιλαμβανόμενο φως</b>	0,025	0,006	0,007	0,034	0,038	0,003	0,024	0,011

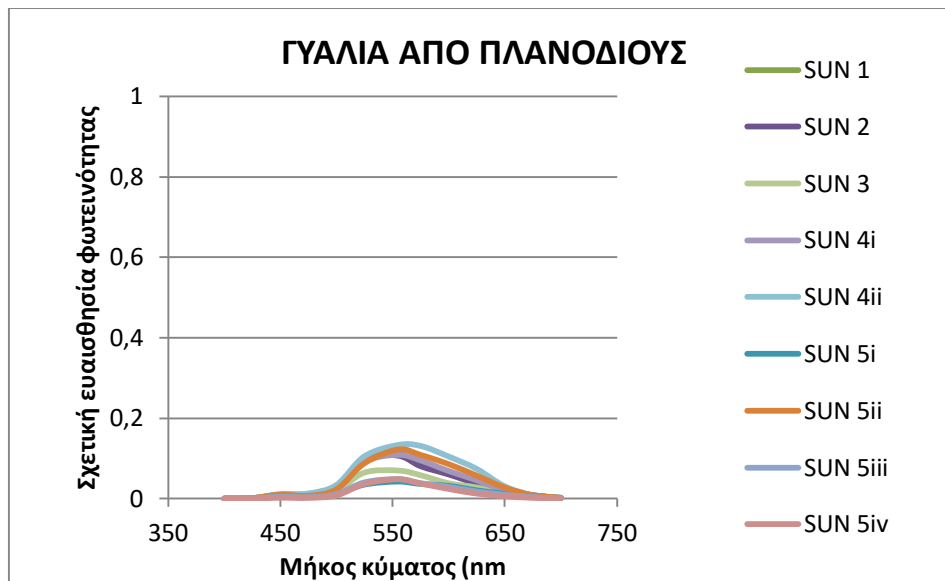
Πραγματοποιήθηκε σύγκριση της σχετικής ευαισθησίας φωτεινότητας του ορατού φάσματος (400nm-700nm) ηλικιών 60-69 ετών για κάθε ένα φακό διαφορετικής σκουρότητας . Το αποτέλεσμα της μελέτης έδειξε ότι το αντιλαμβανόμενο φως μειώνεται για σκουρότητα 50% και ακόμα περισσότερο για σκουρότητα 90% για τον δείκτη διάθλασης 1,50.



	1,60						
	E1-1-50%	E1-7-50%	E1-1-90%	E1-7-90%	E2-1-50%	E2-7-50%	E2-1- 90%
Μέση διαπερατότητα του φακού	0,028	0,117	0,031	0,030	0,145	0,153	0,013
Αντιλαμβανόμενο φως	0,007	0,028	0,008	0,007	0,035	0,037	0,003

Πραγματοποιήθηκε σύγκριση της σχετικής ευαισθησίας φωτεινότητας του ορατού φάσματος (400nm-700nm) ηλικιών 60-69 ετών για κάθε ένα φακό διαφορετικής σκουρότητας . Το αποτέλεσμα της μελέτης έδειξε ότι το αντιλαμβανόμενο φως μειώνεται για σκουρότητα 50% και ακόμα περισσότερο για σκουρότητα 90% για τον δείκτη διάθλασης 1,60.





	ΓΥΑΛΙΑ ΑΠΟ ΠΛΑΝΟΔΙΟΥΣ								
	SUN 1	SUN 2	SUN 3	SUN 4i	SUN 4ii	SUN 5i	SUN 5ii	SUN 5iii	SUN 5iv
<b>Μέση διαπερατότητα του φακού</b>	0,037	0,036	0,024	0,037	0,050	0,016	0,042	0,016	0,014
<b>Αντιλαμβανόμενο φως</b>	0,009	0,009	0,006	0,009	0,012	0,004	0,010	0,004	0,003

Πραγματοποιήθηκε σύγκριση της σχετικής ευαισθησίας φωτεινότητας του ορατού φάσματος (400nm-700nm) ηλικιών 60-69 ετών για κάθε ένα φακό διαφορετικής σκουρότητας . Το αποτέλεσμα της μελέτης έδειξε ότι το αντιλαμβανόμενο φως μειώνεται για κάθε διαφορετική σκουρότητα την οποία δεν την γνωρίζουμε.

Στους παρακάτω πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζουν την μέση μεταδοτικότητα του φακού και το αντιλαμβανόμενο φως σε 2 διαφορετικές ομάδες ηλικιών 20-29 ετών καθώς και 60-69 ετών. Παρατηρείται ότι στην ομάδα ηλικιών 60-69 ετών η μέση μεταδοτικότητα του φακού και το τελικό αντιλαμβανόμενο φως είναι πολύ μειωμένη σε σχέση με την ομάδα ηλικιών 20-29 ετών.

		1,50 (ΟΜΑΔΑ ΗΛΙΚΙΩΝ 20-29 ΕΤΩΝ)							
		E1-1-50%	E1-1-90%	E1-7-90%	E2-1-50%	E2-7-50%	E2-1-90%	E3-1-50%	E3-1-90%
<b>Μέση διαπερατότητα του φακού</b>		0,371	0,122	0,129	0,543	0,576	0,183	0,441	0,288
<b>Αντιλαμβανόμενο φως</b>		0,331	0,086	0,091	0,450	0,506	0,060	0,331	0,162
		1,50 (ΟΜΑΔΑ ΗΛΙΚΙΩΝ 60-69 ΕΤΩΝ)							
		E1-1-50%	E1-1-90%	E1-7-90%	E2-1-50%	E2-7-50%	E2-1-90%	E3-1-50%	E3-1-90%
<b>Μέση διαπερατότητα του φακού</b>		0,104	0,026	0,028	0,140	0,158	0,014	0,100	0,045
<b>Αντιλαμβανόμενο φως</b>		0,025	0,006	0,007	0,034	0,038	0,003	0,024	0,011

## 5.2 Ερμηνεία Αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης αφορούν τους φακούς οράσεως τους φακούς ηλίου διαφορετικής σκουρότητας καθώς και την αλλαγή της σχετικής ευαισθησία φωτεινότητας όταν μπροστά από τους οφθαλμούς τοποθετούνται 2 φακοί ηλίου διαφορετικής σκουρότητας.

### Φακοί οράσεως:

Το δείγμα των φακών οράσεως αναλύθηκε για 3 διαφορετικούς δείκτες διάθλασης 1,50 , 1,60 και 1,67.

Για φακούς κατασκευασμένους από υλικό με δείκτη διάθλασης 1,50 και για όλες τις διαθέσιμες επιστρώσεις, κανένα δείγμα δεν πληρεί το Ευρωπαϊκό πρότυπο πιστοποίησης το οποίο έχει ως προϋπόθεση η διαπερατότητα στα 380nm (ξεκινάει η UV-A) να είναι μικρότερη της τάξεως 5%. Επίσης κανένα δείγμα δεν πληρεί το Αμερικάνικο πρότυπο πιστοποίησης το οποίο έχει ως προϋπόθεση η διαπερατότητα στα 400nm να είναι μικρότερη της τάξεως 1%. Αυτό το αποτέλεσμα είναι πολύ σοβαρό αν αναλογιστεί κανείς ότι τα γυαλιά αυτά είναι εμπορικά διαθέσιμα με υποσχόμενα 100% προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία σε συγκεκριμένες επιστρώσεις στον δείκτη διάθλασης 1,50. Όσο αναφορά τους φωτοχρωμικούς φακούς και οι δύο κατηγορίες πληρούν το Ευρωπαϊκό πρότυπο πιστοποίησης για φακούς κατασκευασμένους από υλικό με δείκτη διάθλασης 1,50 αλλά κανένας φακός δεν πληρεί το Αμερικάνικο πρότυπο πιστοποίησης. Θα πρέπει τονιστεί ότι, οι συγκεκριμένοι φακών εμπεριέχουν χρωστικές ουσίες οι οποίες απορροφούν μεγαλύτερο ποσοστό φωτός συμβάλλοντας στην μείωση της διαπερατότητας τους.

Για φακούς κατασκευασμένους από υλικό με δείκτη διάθλασης 1,60 στην εταιρία 1 μόνο η πρώτη επίστρωση δεν πληρεί το Ευρωπαϊκό πρότυπο πιστοποίησης καθώς και το Αμερικάνικο πρότυπο πιστοποίησης. Οι υπόλοιπες επιστρώσεις πληρούν τις προδιαγραφές του Ευρωπαϊκού αλλά όχι το Αμερικάνικου πρότυπου πιστοποίησης.

Για τον δείκτη διάθλασης 1,67 η εταιρία 1 πληρεί το Ευρωπαϊκό κριτήριο και στις 3 επιστρώσεις αλλά για το Αμερικάνικο μόνο οι 2 επιστρώσεις πληρούν το κριτήριο ενώ η εταιρία 2 πληρεί μόνο το Ευρωπαϊκό και όχι το Αμερικάνικο κριτήριο.

Όσο αναφορά για την εταιρία 4 (άγνωστης προέλευσης) μόνο ένας φακός πληρεί και τα δύο πρότυπα πιστοποίησης οι υπόλοιποι φακοί δεν πληρούν κανένα πρότυπο. Θα πρέπει να αναφερθεί όμως ότι οι φακοί της εταιρίας 4 επειδή είναι τα έτοιμα πρεσβυωπικά γυαλιά με θετικούς φακούς σε μικρό δείκτη διάθλασης έχουν αυξημένο πάχος στο κέντρο (όσο αυξάνεται η δύναμη του φακού τόσο μεγαλώνει το πάχος στο κέντρο των φακών) με αποτέλεσμα να μειώνεται η διαπερατότητα τους ακόμα περισσότερο λόγο του πάχους.

Επιπρόσθετος, έγινε συσχέτιση της τιμής (€) κάθε φακού με το Ευρωπαϊκό πρότυπο πιστοποίησης. Το αποτέλεσμα έδειξε ότι, όσο μεγαλώνει η τιμή (€) τόσο αυξάνεται η πιθανότητα των φακών που πληρούν το Ευρωπαϊκό πρότυπο.

Τέλος, πραγματοποιήθηκε σύγκριση των εταιριών ως προς την αξιοπιστία σύμφωνα με το διαθέσιμο δείγμα που μελετήθηκε. Το αποτέλεσμα έδειξε ότι αν κατατάξουμε τις εταιρίες σύμφωνα με την αξιοπιστία η σειρά είναι εταιρία 2, εταιρία 3 και τέλος η εταιρία 1.

#### **Φακοί ηλίου διαφορετικής σκουρότητας:**

Το δείγμα των φακών αναλύθηκε για φακούς κατασκευασμένους από υλικά με 2 διαφορετικούς δείκτες διάθλασης 1,50 και 1,60 καθώς και για διαφορετικές σκουρότητες 50% και 90%.

Για φακούς κατασκευασμένους από υλικό με δείκτη διάθλασης 1,50 και για σκουρότητα 50% ο μέσος όρος μείωσης της διαπερατότητας στο ορατό φάσμα (400nm-700nm) σε ποσοστό είναι 47,21% ενώ σε σκουρότητα 90% το ποσοστό αυτό μειώνεται σε 13,10%. Όσο αναφορά το Ευρωπαϊκό πρότυπο πιστοποίησης το οποίο έχει ως προϋπόθεση η διαπερατότητα στα 380nm (ξεκινάει η UV-A) να είναι μικρότερη της τάξεως του 5%, καμία από τις εταιρίες 1, 2 και 3 δεν πληρεί το κριτήριο για σκουρότητα 50% στην πρώτη επίστρωση. Επίσης, η εταιρία 2 δεν

πληρεί το Ευρωπαϊκό κριτήριο για την επίστρωση 7 για σκουρότητα 50%, ενώ η εταιρία 1 το πληρεί το κριτήριο. Για σκουρότητα 90% για την πρώτη επίστρωση οι εταιρίες 1 και 2 δεν πληρεί το κριτήριο για το Ευρωπαϊκό πρότυπο σε σχέση με την εταιρία 3 που τα πληρεί. Η εταιρία 1 για την επίστρωση 7 πληρεί το κριτήριο. Τέλος, για το Αμερικάνικο πρότυπο πιστοποίησης το οποίο έχει ως προϋπόθεση η διαπερατότητα στα 400nm να είναι μικρότερη της τάξεως 1% καμία από τις 3 εταιρίες δεν πληρεί το κριτήριο πιστοποίησης.

Για φακούς κατασκευασμένους από υλικό με δείκτη διάθλασης 1,60 και για σκουρότητα 50% ο μέσος όρος μείωσης της διαπερατότητας στο ορατό φάσμα (400nm-700nm) σε ποσοστό είναι 42,98% ενώ σε σκουρότητα 90% το ποσοστό αυτό μειώνεται σε 11%. Όσο αναφορά το Ευρωπαϊκό πρότυπο πιστοποίησης το οποίο έχει ως προϋπόθεση η διαπερατότητα στα 380nm (ξεκινάει η UV-A) να είναι μικρότερη της τάξεως 5%. Η πρώτη εταιρία για την επίστρωση 1 και σκουρότητας 50% δεν πληρεί το Ευρωπαϊκό κριτήριο αλλά η εταιρίας 2 είναι σύμφωνη με αυτό. Για την επίστρωση 7 και σκουρότητας 50%, οι εταιρίες 1 και 2 πληρούν το κριτήριο. Για σκουρότητα 90% για την επίστρωση 1 και 7 και οι 2 εταιρίες πληρούν το κριτήριο. Τέλος, για το Αμερικάνικο πρότυπο πιστοποίησης το οποίο έχει ως προϋπόθεση η διαπερατότητα στα 400nm να είναι μικρότερη της τάξεως 1% και οι 2 εταιρίες δεν πληρούν το κριτήριο.

Ακόμα, έγινε συσχέτιση της τιμής (€) κάθε φακού με διαφορετική σκουρότητα με το Ευρωπαϊκό πρότυπο πιστοποίησης. Το αποτέλεσμα έδειξε ότι, δεν παίζει ρόλο η τιμή για το κριτήριο της πιστοποίησης. Για τιμή άνω των 50,00€ υπάρχει πιθανότητα 50% ο φακός να μην πληρεί τις προδιαγραφές του Ευρωπαϊκού προτύπου.

Επιπροσθέτως, πραγματοποιήθηκε σύγκριση των εταιριών ως προς την αξιοπιστία σύμφωνα με το διαθέσιμο δείγμα που μελετήθηκε. Το αποτέλεσμα δεν μπορεί να εξαχθεί γιατί τα δεδομένα είναι μη συγκρίσιμα.

Τέλος, για την εταιρία 4 (άγνωστης προέλευσης και άγνωστης σκουρότητας) όλοι οι φακοί ηλίου πληρούν τα δύο πρότυπα

πιστοποίησης αλλά κόβουν ένα πολύ μεγάλο κομμάτι στο ορατό φάσμα (400nm-700nm) όπου ο μέσος όρος της διαπερατότητας είναι 8,93%.

### **Σχετική ευαισθησία φωτεινότητας:**

Το δείγμα των φακών ηλίου διαφορετικής σκουρότητας αναλύθηκε για δυο διαφορετικές ομάδες ηλικιών 20-29 ετών και 60-69 ετών καθώς και για διαφορετικό δείκτη διάθλασης 1,50 και 1,60 στις 3 εταιρίες. Επίσης, αναλύθηκε και η εταιρία 4 για το δείγμα των φακών ηλίου άγνωστης σκουρότητας με για τις δύο διαφορετικές ομάδες εταιριών.

Για την πρώτη ομάδα ηλικιών 20-29 ετών και για δείκτη διάθλασης 1,50 το τελικό αντιλαμβανόμενο φως μειώνεται για σκουρότητα 50% όπου η μείωση αυτή γίνεται πολύ πιο μεγάλη για σκουρότητα 90% και στις 3 πρώτες εταιρίες. Αυτό συμβαίνει και για τον δείκτη διάθλασης 1,60 αλλά η μείωση στις αντίστοιχες σκουρότητες είναι μεγαλύτερη λόγω του διαφορετικού δείκτη διάθλασης. Για την εταιρία 4 η μείωση αυτή υπάρχει αλλά δεν γνωρίζουμε το ποσοστό σκουρότητας για να δώσουμε περισσότερα στοιχεία.

Για την δεύτερη ομάδα ηλικιών 60-69 ετών και για δείκτη διάθλασης 1,50 το τελικό αντιλαμβανόμενο φως μειώνεται για σκουρότητα 50% όπου η μείωση αυτή γίνεται πολύ πιο μεγάλη για σκουρότητα 90% και στις 3 πρώτες εταιρίες. Αυτό συμβαίνει και για τον δείκτη διάθλασης 1,60 αλλά η μείωση του τελικού αντιλαμβανόμενου φωτός στις αντίστοιχες σκουρότητες είναι μεγαλύτερη λόγω του διαφορετικού δείκτη διάθλασης. Για την εταιρία 4 η μείωση αυτή υπάρχει αλλά δεν γνωρίζουμε το ποσοστό σκουρότητας για να δώσουμε περισσότερα στοιχεία.

Τέλος, συγκρίνοντας τις 2 ομάδες ηλικιών η τελική μείωση του αντιλαμβανόμενου φωτός της ομάδας ηλικιών 60-69 ετών είναι μεγαλύτερη σε σχέση με την ομάδα ηλικιών 20-29. Αυτό συμβαίνει γιατί ο κρυσταλοειδής φακός ενός ηλικιωμένου ανθρώπου υφίστανται αλλαγές ως προς την διαύγειά του (θόλωση λόγω καταρράκτη) την σύσταση του και την δομή του. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το φως που περνάει να απορροφάτε σε μεγαλύτερο βαθμό από ένα νεαρό άτομο όπου η ο κρυσταλοειδής φακός είναι πλήρως διαυγείς.

## 5.3 Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας, μελετώντας όλα τα δείγματα από κάθε εταιρία, θα πρέπει οι εταιρίες 1,2 και 3 να κάνουν ένα πιο αυστηρό έλεγχο στους φακούς οράσεως και ηλίου με σκουρότητα που διαθέτουν καθώς και στις επιστρώσεις που χρησιμοποιούν για την πλήρη προστασία του οφθαλμού από την διέλευση της υπεριώδους ακτινοβολίας για όλους τους χρόνους έκθεσης. Δεν πρέπει το κόστος να επηρεάζει τον παράγοντα της προστασίας από την υπεριώδη ακτινοβολία αλλά η πλήρη προστασία των οφθαλμών.

Όσον αναφορά την εταιρία 4 (άγνωστης προέλευσης) για τους φακούς οράσεως και ηλίου θα πρέπει το κοινό να είναι πολύ προσεκτικό με αυτήν την επιλογή. Για τα τους φακούς ηλίου κυρίως θα πρέπει να μην αγοράζει από πλανόδιους και ο λόγος είναι ότι μπορεί να πληρούν και τα 2 πρότυπα πιστοποίησης CE(Ευρωπαϊκό και Αμερικάνικό) αλλά δημιουργούν μείωση της μέσης στο ορατό φάσμα που είναι πολύ σημαντικό μέρος αν αναλογιστούμε ότι μέσα σε αυτό το φάσμα βλέπουμε. Θα πρέπει να υπάρχει η σκέψη ότι όλοι οι άνθρωποι δε έχουν την ίδια όραση με αποτέλεσμα ένα τέτοιο γυαλί αντί να βοηθήσει να καθιστά επικίνδυνο τον τρόπο ζωής αυτόν τον ανθρώπων.

Τέλος, θα πρέπει να δημιουργηθεί ένας φορέας όπως στην Αυστραλία και στην Ευρώπη όπου, θα αξιολογεί την κάθε εταιρίες που παράγει φακούς οράσεως και ηλίου, ώστε να βοηθήσει στη συμμόρφωσή της με το υποχρεωτικό πρότυπο ασφαλείας καταναλωτικών προϊόντων. Με αυτόν τον τρόπο, οι εταιρίες θα πάρουν πολύ πιο σοβαρά το παράγοντα έκθεσης στην υπεριώδη ακτινοβολία.

## Βιβλιογραφία

### Βιβλία

- 1) Δαμανάκης, Α. (1999) . *Διάθλαση Βασικές αρχές και τεχνική*. 2<sup>nd</sup>ed. Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Λίτσας
- 2) Μόσχος, Μ.Ν., (2003). *Εισαγωγή Στην Οφθαλμολογία*. 1<sup>st</sup>ed., Αθήνα, Ιατρικές Εκδόσεις Ζήτα
- 3) Ψύλλας, Γ.Κ. (1994) . *Εισαγωγή στην Οφθαλμολογία και στη Νευροοφθαλμολογία*. 1<sup>st</sup>ed., Θεσσαλονίκη , University Studio Press
- 4) Kandel, R.E & Schwartz, H.J. & Jessell, M.T., (2011). *Νευροεπιστήμη και Συμπεριφορά*, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης.
- 5) Lemp, M. & Snell, R.S. (1997). *Clinical anatomy of the eye*. 1<sup>st</sup>ed., Αθήνα, Εκδόσεις Blackwell Science
- 6) Remington, L. A. (2012). *Clinical Anatomy and Physiology of the Visual System, Third Edition* , Elsevier
- 7) Snell, R.S., (1992). *Κλινική Ανατομία*. 1<sup>st</sup>ed. Τόμος 2, Αθήνα, Ιατρικές εκδόσεις Λίτσας.

### Άρθρα

- 1 Πλαϊνης, Σ., Φελώνη, Ε. (2015). Γυαλιά ηλίου και προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία. *Οφθαμολογικά χρονικά*. 25(3). 222-229.
- 2 Abib, F. C., & Barreto, J. (2001). Behavior of corneal endothelial density over a lifetime. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 27(10), 1574-1578.
- 3 Allen, M. J., & Vos, J. J. (1967). OCULAR SCATTERED LIGHT AND VISUAL PERFORMANCE AS A FUNCTION OF AGE\*. *Optometry & Vision Science*, 44(11), 717-727.
- 4 Atchison, D. A. (1995). Accommodation and presbyopia. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 15(4), 255-272.
- 5 Baldwin, W. R., & Mills, D. (1981). A longitudinal study of corneal astigmatism and total astigmatism. *Optometry & Vision Science*, 58(3), 206-211.
- 6 Boettner, E. A., & Wolter, J. R. (1962). Transmission of the ocular media. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 1(6), 776-783.



- 7 BS 7394 : Part 2:1994 Specification for complete spectacles
- 8 BS EN ISO 14889:2003 Ophthalmic Optics – Spectacle Lenses – Fundamental requirements for uncut finished lenses.
- 9 BS EN ISO 8980:2004 Ophthalmic Optics – Uncut finished spectacle lenses – Fundamental requirements for uncut finished lenses.
- 10 Cohen, A.I. (1992). The retina. In Hart MJ Jr, editor: *Adler’s physiology of the eye*, ed 9, St Louis, Mosby, 579.
- 11 Delori, F. C., & Burns, S. A. (1996). Fundus reflectance and the measurement of crystalline lens density. *JOSA A*, 13(2), 215-226.
- 12 Dubbelman, M., Sicam, V. A. D. P., & Van der Heijde, G. L. (2006). The shape of the anterior and posterior surface of the aging human cornea. *Vision research*, 46(6), 993-1001.
- 13 Guillon M, Maissa C. (2010). Tear film evaporation—effect of age and gender. *Contact Lens Ant Eye*. ;33(4):171-175.
- 14 Harrison, J. M., Yates, J. T., Ballentine, C., & Applegate, R. A. (1993). Contrast sensitivity and disability glare in the middle years. *JOSA A*, 10(8), 1849-1855.
- 15 Hennelly, M. L., Barbur, J. L., Edgar, D. F., & Woodward, E. G. (1998). The effect of age on the light scattering characteristics of the eye. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 18(2), 197-203.
- 16 <http://mdi.as.nyu.edu/docs/CP/4738/UV.pdf>
- 17 Kornzweig, A. L. (1954). Physiological effects of age on the visual process. *Sight Sav Rev*, 24, 130-138.
- 18 La, C.M., Ehinger, B. (2006) . *The Retina. The biology of the eye*, Fischbarg J, ed. Amsterdam, the Netherlands, Elsevier, 195-252.
- 19 Lyle, W. M. (1971). CHANGES IN CORNEAL ASTIGMATISM WITH AGE\*. *Optometry & Vision Science*, 48(6), 467-478.
- 20 Millodot, M. (1977). The influence of age on the sensitivity of the cornea,. *Investigative ophthalmology & visual science*, 16(3), 240-242.
- 21 Nussbaum, J.J., Pruett, R.C., Delori, F.C. (1981). Historic perspectives. Macular yellow pigment. *The first years, Retina* 1(14):296.
- 22 Pallikaris I.G. & Plainis S. & Charman W.N. (2012). *Presbyopia: Origins, Effects, and Treatment* (pp. 77-84), Manchester, UK, SLACK Incorporated.
- 23 Park, S. S., Sigelman, J., Gragoudas, E. S., & Tasman, W. (1996). The anatomy and cell biology of the retina. *Duane’s foundations of clinical ophthalmology*, 1, 21-50.

- 24 Rapp, L. M., Maple, S. S., & Choi, J. H. (2000). Lutein and zeaxanthin concentrations in rod outer segment membranes from perifoveal and peripheral human retina. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 41(5), 1200-1209.
- 25 Sagawa, K., & Takahashi, Y. (2001). Spectral luminous efficiency as a function of age. *JOSA A*, 18(11), 2659-2667.
- 26 Sasaki, H., Kawakami, Y., Ono, M., Jonasson, F., Shui, Y. B., Cheng, H. M., & Sasaki, K. (2003). Localization of cortical cataract in subjects of diverse races and latitude. *Investigative ophthalmology & visual science*, 44(10), 4210-4214.
- 27 Saunders, H. (1988). Changes in the axis of astigmatism: a longitudinal study. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 8(1), 37-42.
- 28 Stockman, A. and Sharpe, L.T. (2000) Spectral sensitivities of the middle- and long-wavelength sensitive cones derived from measurements in observers of known genotype. *Vision Research*, 40, 1711-1737.
- 29 Van Den Berg, T. J. (1995). Analysis of intraocular straylight, especially in relation to age. *Optometry & Vision Science*, 72(2), 52-59.
- 30 Walsh, K. (2009). UV radiation and the eye. *Optician*, May, 26-33.
- 31 Weale RA. (1988). Age and the transmittance of the human crystalline lens. *J Physiol.* ;395(1):577-587.
- 32 Winn, B., Whitaker, D., Elliott, D. B., & Phillips, N. J. (1994). Factors affecting light-adapted pupil size in normal human subjects. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 35(3), 1132-1137.

## **Σημειώσεις μεταπτυχιακού προγράμματος "Οπτική και Όραση"**

**Γκίνη Χαρίλαος:**

- 1) Το οπτικό σύστημα του κερατοειδή (Α εξάμηνο: Όραση και Φυσιολογική Οπτική).

**Κυμιωνή Γιώργο:**

- 1) Κρυσταλλοειδής Φακός: Ανατομία, ιστολογία, φυσιολογία, οπτική (Α εξάμηνο: Όραση και Φυσιολογική Οπτική).

**Πλαϊνης Σωτήρης:**

- 1) Νευροφυσιολογία του αμφιβληστροειδή και της οπτικής οδού (Α εξάμηνο: Όραση και Φυσιολογική Οπτική).
- 2) Προσαρμοστική ικανότητα του κρυσταλλοειδή φακού (Α εξάμηνο: Όραση και Φυσιολογική Οπτική).

**Τσιλιμπάρης Μιλτιάδης:**

- 1) Γήρανση και οφθαλμός (Α εξάμηνο: Όραση και Φυσιολογική Οπτική).