

Πτυχιακή εργασία της σπουδάστριας
Μαρία Γεωργούλα

Αρ. Μητρώου 02015

Τίτλος εργασίας:
**Δημιουργία ICC Profile
στην ψηφιακή εκτύπωση
για αυτοκόλλητο
πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)**

Εισηγητής: Δρ. Π. Ν. Παπαδάκος

Μάιος 2008

❖ Περιεχόμενα ❖

❖	Σελ.
Εισαγωγή	3
1. Το φως και το χρώμα	5
1.1 Το φως	6
1.1.1 Φωτεινές πηγές	8
1.1.2 Φωτεινά στοιχεία	9
1.2 Τα αντικείμενα	10
1.2.1 Ανάκλαση και διάθλαση φωτός	10
1.3 Ο παρατηρητής	12
1.3.1 Το μάτι	12
1.3.2 Τριχρωμία και Τριπλή διέγερση	13
1.3.3 Μέθοδοι ανάμειξης χρωμάτων	14
1.3.4 Χαρακτηρισμοί χρώματος	15
1.4 Όργανα μέτρησης φωτός	15
2. Αναπαραγωγή χρώματος και χρωματικά συστήματα	18
2.1 Βαθμονόμηση και περιγραφή	18
2.2 Συσκευές στην ροή εκτυπωτικής εργασίας	18
2.3 Το χρώμα σε αριθμούς	19
2.3.1 Αναλογικά σημεία αναφοράς	19
2.4 Διαχωρισμοί τετραχρωμίας	21
2.5 Μονάδες μέτρησης	24
2.6 Οι παράμετροι που διαφοροποιούνται μεταξύ συσκευών	25
2.7 Χρωματικά συστήματα καθορισμένα από συσκευές	27
2.8 Χρωματικά συστήματα ανεξάρτητα από συσκευές	27

3. Διαχείριση χρώματος	29
3.1 Η γέννηση της διαχείρισης χρώματος	29
3.2 Τα στοιχεία της διαχείρισης χρώματος	30
3.2.1 Συνδετικός χρωματικός χώρος (PCS)	31
3.2.2 Χρωματικό προφίλ (Profile)	31
3.2.3 Διαμορφωτής διαχείρισης χρώματος (CMM)	32
3.2.4 Μετατόπιση χρωματικών πληροφοριών (Rendering color)	33
3.3 Η διαχείριση χρώματος στην πράξη	35
4. Χρωματικά προφίλ	36
4.1 Τα χρωματικά προφίλ συσκευών	36
4.2 Κατηγορίες χρωματικών προφίλ	38
4.3 ICC χρωματικά προφίλ μήτρας και πίνακα	39
4.4 Λειτουργία χρωματικών προφίλ	40
4.5 Περιορισμοί χρωματικών προφίλ	41
5. Δημιουργία ICC χρωματικού προφίλ σε πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)	42
5.1 Ψηφιακός εκτυπωτής	42
5.2 Υπόστρωμα	49
5.3 Φωτόμετρο και λογισμικό δημιουργίας ICC χρωματικού προφίλ	51
5.4 Βαθμονόμηση και ICC χρωματικό προφίλ οθόνης	53
5.5 Βαθμονόμηση εκτυπωτή και ραστεροποιητές	63
5.6 Δημιουργία ICC χρωματικού προφίλ εκτύπωσης	74
5.7 Εκτίμηση τελικής εκτύπωσης	80
 Βιβλιογραφία	 84

Εισαγωγή

Η ψηφιακή εκτύπωση αποτελεί ένα μεγάλο κεφάλαιο της βιομηχανίας εκτυπώσεων αφού υπάρχουν πολλές τεχνολογίες για την εναπόθεση μελανιού στο υπόστρωμα. Ως ψηφιακή εκτύπωση ορίζεται η διαδικασία όπου επαρκής ποσότητα μελάνης εναποτίθεται στο υπόστρωμα με στόχο την δημιουργία κουκίδων διαφορετικού αριθμού ανά στοιχειώδη επιφάνεια ή/και διαφορετικών οπτικών πυκνοτήτων με αποτέλεσμα την αποτύπωση εικόνας. Στις εκτυπώσεις έγχυσης με πιεζοηλεκτρικές κεφαλές χρησιμοποιούνται ραστεροποιητές για την δημιουργία των κουκίδων.

Λόγω της πληθώρας ψηφιακών εκτυπωτών και περιφερειακών συσκευών έγινε επιτακτική η ανάγκη για χρήση συστημάτων διαχείρισης χρώματος ώστε να μην μεταβάλλονται τα χρώματα από συσκευή σε συσκευή. Δημιουργήθηκαν λοιπόν διάφορα πρότυπα και χρωματικά συστήματα για την σωστή περιγραφή και αναπαραγωγή χρώματος. Στα πλαίσια της διαχείρισης χρώματος δημιουργήθηκαν και τα χρωματικά προφίλ, τα γνωστά ICC Profiles, τα οποία αποτελούν ένα από τα μέσα για την διατήρηση επακριβών χρωμάτων.

Σε αυτή την πτυχιακή ερευνήθηκε τι είναι τελικά το χρώμα, με τι τρόπους περιγράφεται, πως μετράται, από ποιους παράγοντες επηρεάζεται η αναπαραγωγή του από συσκευές, πως γίνεται η διαχείριση του και τι πρότυπα χρησιμοποιούνται για την περιγραφή του. Κάθε συσκευή λοιπόν που χρησιμοποιείται στην ροή της εκτυπωτικής εργασίας (σε όποια μέθοδο και αν τελικά χρησιμοποιείται) πρέπει να ρυθμίζεται ανάλογα ώστε να αποδίδει τα μέγιστα και να μετράται η απόδοση της ώστε να συγκρίνεται με γνωστά σημεία αναφοράς. Τέλος όσα ερευνήθηκαν γίνανε πράξη στην πειραματική διαδικασία αυτής της πτυχιακής όπου επιλέχθηκε να εκτυπωθεί αυτοκόλλητο πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) με την μέθοδο της ψηφιακής εκτύπωσης.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες σε όσους βοήθησαν στην πραγματοποίηση αυτής της πτυχιακής εργασίας:

✦ Στην εταιρεία BIOMEX ΕΠΕ για την προσφορά εξοπλισμού και υλικών για τις πειραματικές διαδικασίες.

✦ Στον εισηγητή καθηγητή Δρ. Π. Ν. Παπαδάκο για την δυνατότητα να ασχοληθώ με αυτό το θέμα καθώς και για την συνεχή του βοήθεια.

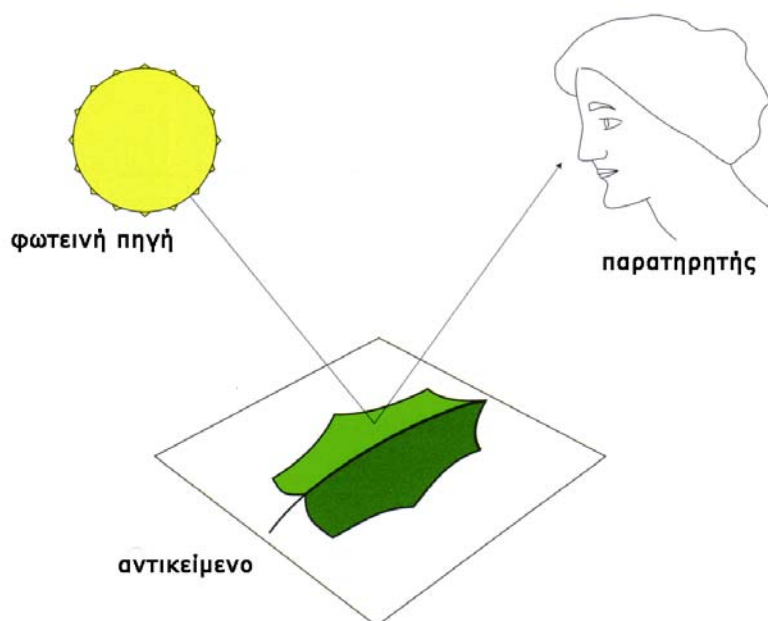
✦ Στον Κ^ο Juan Carlos Clavijo από την Κολομβιανή εταιρεία Graphics One για την εκπαίδευση στο λογισμικό SoftRIP της Wasatch και στην δημιουργία χρωματικών προφίλ εκτύπωσης.

✦ Στον Κ^ο Jun-Ho Yun από την Κορεάτικη εταιρεία DGI για τις πολύτιμες γνώσεις του στην ψηφιακή εκτύπωση και τον χειρισμό του ψηφιακού εκτυπωτή Saturn Jet.

☉ Το φως και το χρώμα ☉

Θα πρέπει να οριστεί σαν βάση ότι χωρίς **φως** δεν υπάρχει χρώμα. Το χρώμα εξαρτάται από την φυσικοχημική σύσταση του **αντικειμένου**. Και τελικά χρώμα είναι το μέρος του φάσματος του φωτός που γίνεται αντιληπτό από τον ανθρώπινο **οφθαλμό**.

Το χρώμα είναι ένα φυσικό φαινόμενο που εξαρτάται από τρεις συντελεστές: τη φωτεινή πηγή (φως), το αντικείμενο και τον παρατηρητή. Το χρώμα είναι ένα ερέθισμα που προκαλείται στον παρατηρητή από τα διάφορα μήκη κύματος του φωτός, που περιέχονται στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία της φωτεινής πηγής που προσπίπτει στο αντικείμενο, το οποίο απορροφά ένα μέρος του φωτός (του φάσματος) και ανακλά το υπόλοιπο. Αν κάποιος από τους συντελεστές αλλάξει, τότε έχουμε διαφορετικό αποτέλεσμα. Το πιο ενδιαφέρον είναι ότι σε αυτό το φαινόμενο παρεμβάλλονται τρεις διαφορετικοί επιστημονικοί τομείς, της φυσικής, χημείας και βιολογίας. Παρακάτω αναλύονται οι συντελεστές προς κατανόηση του φαινομένου της οράσεως και του χρώματος.

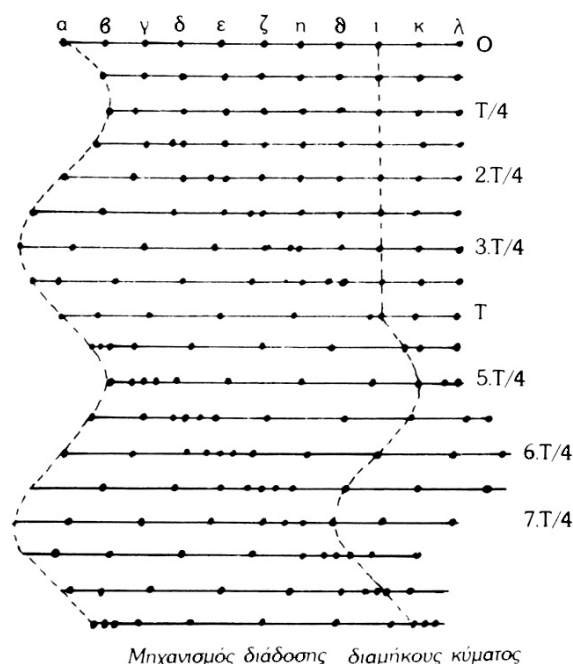
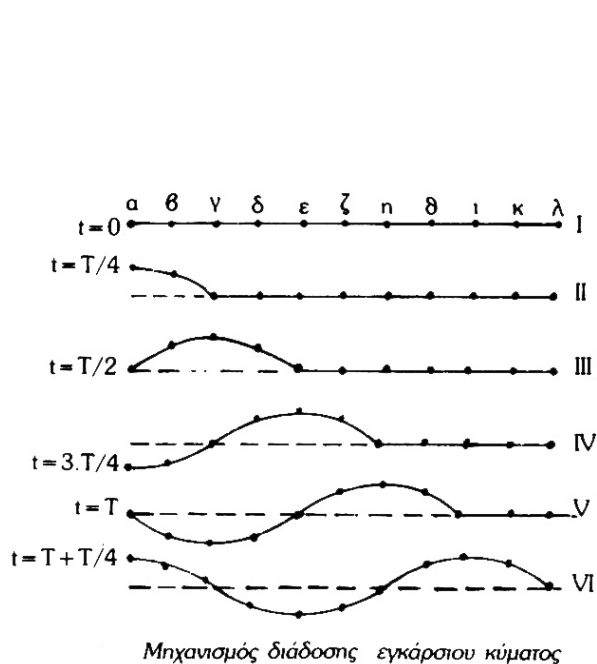


Εικ. 1. Οι τρεις συντελεστές του συμβάντος χρώματος

1.1 Το φως

Το φως είναι μία ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, η οποία γίνεται αντιληπτή από το ανθρώπινο μάτι. Αυτή η ενέργεια εκπέμπεται από μια φωτεινή πηγή, προσπίπτει στο αντικείμενο από το οποίο ανακλάται το μέρος του φάσματος που δεν έχει απορροφηθεί από το αντικείμενο. Το φως παράγεται από φωτεινή πηγή (από μετατροπή θερμικής, ηλεκτρικής ή χημικής ενέργειας). Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα αποτελούνται από ένα ηλεκτρικό και ένα μαγνητικό κύμα, τα οποία είναι κάθετα μεταξύ τους. Επομένως κατά την διάδοση της των κυμάτων μεταβιβάζεται ενέργεια που είναι ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου (Ηλεκτρομαγνητική θεωρία κατά Maxwell). Θα πρέπει να σημειωθεί όμως ότι η ενέργεια που μεταβιβάζεται με μια φωτεινή ακτίνα δεν είναι κατανεμημένη σε όλη την έκταση των δυο πεδίων αλλά διαδίδεται με συγκεντρωμένα ποσά ενέργειας. Τα οποία λέγονται κβάντα φωτός ή φωτόνια (photons) σύμφωνα με την κβαντική θεωρία. Το φως διαδίδεται προς όλες τις κατευθύνσεις. Σε επίπεδο ατόμων, το φωτόνιο παράγεται από την ενέργεια που απελευθερώνεται λόγω της μετάπτωσης ηλεκτρονίων από υψηλότερης σε χαμηλότερης ενέργειας στοιβάδες.

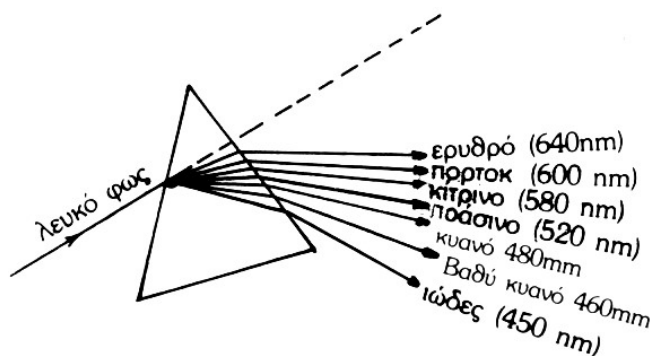
Δεν είναι όμως όλα τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα ορατά στο ανθρώπινο μάτι. Ανάλογα το μήκος κύματος στο οποίο εκπέμπονται, υπάρχουν το φως η ορατή ακτινοβολία και άλλα ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Ως μήκος κύματος λ ορίζεται η απόσταση την οποία διανύει το κύμα σε χρόνο μιας περιόδου δηλαδή στον χρονικό διάστημα που απαιτείται για να εκτελέσει το σωματίο μια πλήρη ταλάντωση γύρω από τη θέση ισορροπίας του. Ο τύπος που συνδέει την συχνότητα ν με το μήκος κύματος λ είναι $\nu = c/\lambda$, όπου c =ταχύτητα φωτός (300.000 χιλ. ανά δευτερόλεπτο). Συχνότητα είναι πόσα μήκη κύματος χωράνε στην μονάδα του χρόνου δηλαδή 1 δευτερόλεπτο. Ο χρόνος που χρειάζεται το κύμα για να διανύσει απόσταση με το μήκος κύματος λέγεται περίοδος T .



Εικ. 2 Μηχανισμοί διάδοσης κυμάτων

Με βάση τα ανωτέρω προκύπτει ότι τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα έχουν δυαδική υπόσταση οπότε κάθε φαινόμενο εξηγείται με την μία ή την άλλη θεωρία, δηλαδή είτε με τη φύση των σωματιδίων είτε των φωτονίων. Η εισαγωγή της κβαντομηχανικής εξηγεί ενιαία όλα τα φαινόμενα, αποδεικνύοντας ότι στην περιοχή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων μεγάλου μήκους κύματος (π.χ. ραδιοφωνικά κύματα) εκδηλώνεται η κβαντική φύση του φωτός και σε περιοχή μικρού μήκους κύματος (π.χ. ακτίνες γ) εκδηλώνεται η σωματιδιακή φύση του φωτός.

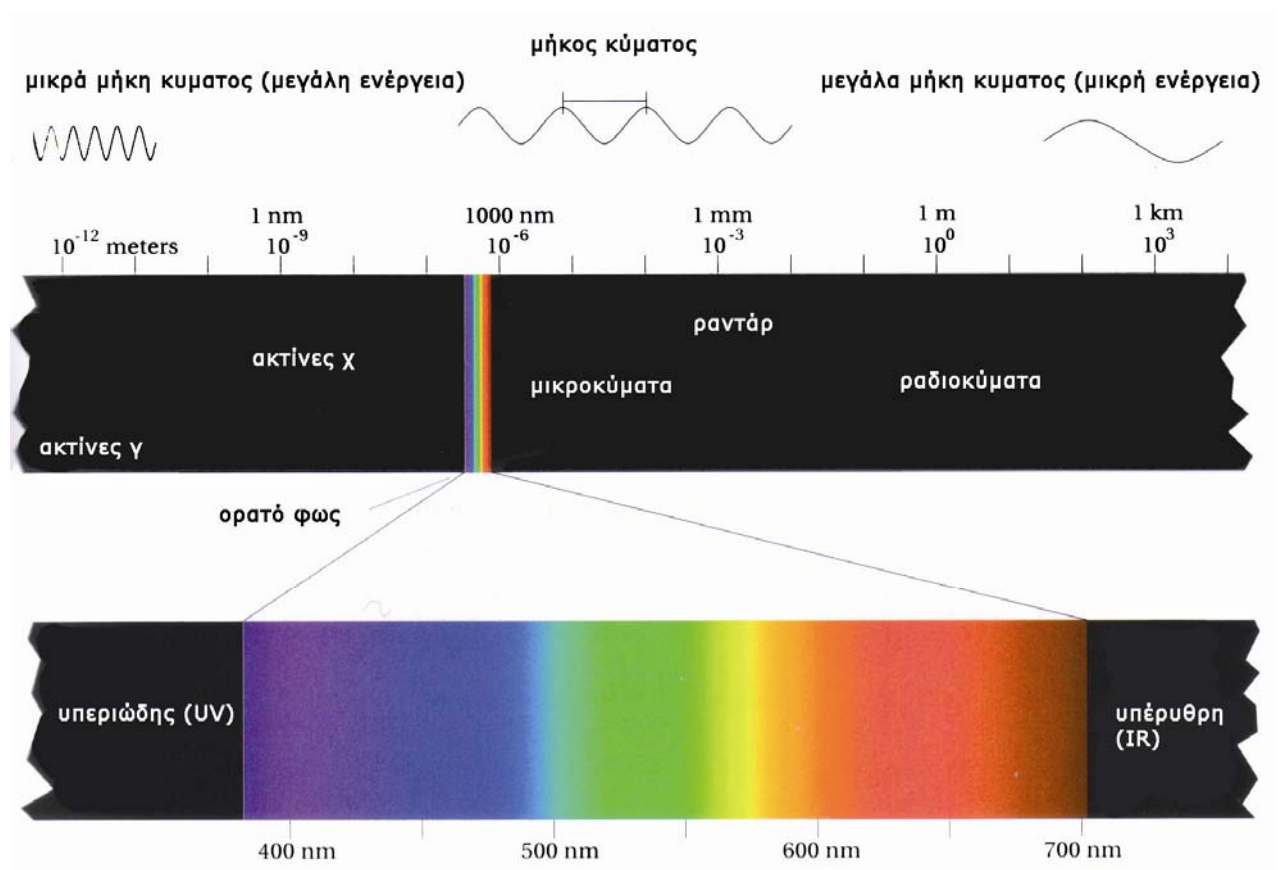
Η ανάλυση και ανασύνθεση του φωτός οφείλεται στο φαινόμενο του διασκεδασμού. Διασκεδασμός είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ο δείκτης διάθλασης ενός υλικού δεν έχει την ίδια τιμή για όλα τα μήκη κύματος, δηλαδή κάθε μήκος κύματος έχει διαφορετική γωνία διάθλασης. Όταν λοιπόν δέσμη ακτίνων λευκού φωτός προσπέσει σε διαφανές πρίσμα



Εικ. 3 Διασκεδασμός φωτός

συμβαίνει εκτροπή και ανάλυση του σε πολλές διαφορετικές κατευθύνσεις, οι οποίες προσπίπτοντας σε λευκό πέτασμα δίνουν έγχρωμη συνεχή ταινία που ονομάζεται φάσμα (spectra). Αποτελείται από τα χρώματα ερυθρό, πορτοκαλί, κίτρινο, πράσινο, κυανό και ιώδες με την σειρά που αναφέρθηκαν και εξασθενεί στα δυο άκρα του που είναι του ερυθρού και του ιώδους. Τα χρώματα αυτά αποτελούν απλές ακτινοβολίες και δεν αναλύονται σε απλούστερες. Τα μήκη κύματος λόγω του πολύ μικρού μεγέθους τους

μετρώνται σε νανομικά (nanometer) δηλ. $1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$ και για το ορατό φάσμα εκτείνονται από τα 380 nm του ιώδους ως τα 740 nm του ερυθρού.



Εικ. 4. Μήκη κύματος και φάσμα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας

1.1.1 Φωτεινές πηγές

Φωτεινή πηγή (light source) είναι το σώμα που εκπέμπει φως.

Μαύρο σώμα (μέλαν σώμα) είναι αυτό που απορροφά όλο το φως που προσπίπτει πάνω του (δηλαδή όλη την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία). Αυτό σημαίνει ότι ένα τέτοιο σώμα δεν αντανακλά καθόλου φως, ούτε αφήνει το φως να το διαπεράσει. Στην πραγματικότητα δεν υπάρχουν τέλεια μαύρα σώματα τα οποία να απορροφούν όλο το φως οπότε και αποτελεί ιδανικό μοντέλο, αλλά είναι δυνατόν να φτάσουμε κατά προσέγγιση στην ιδανική τους κατάσταση. Όταν ένα μαύρο σώμα αρχίσει να θερμαίνεται τότε αρχίζει να εκπέμπει ακτινοβολία, η οποία εξαρτάται από την θερμοκρασία στην οποία βρίσκεται. Τα μήκη κύματος που εκπέμπει ένα μαύρο σώμα εξαρτώνται από την θερμοκρασία του και όχι από το υλικό κατασκευής του, έτσι χρησιμοποιείται ο όρος **θερμοκρασία χρώματος** (color temperature) για την περιγραφή του.

☼ Το **φως της μέρας** (daylight) που έρχεται από τον ήλιο είναι το ιδανικό φως. Με την θέρμανση του μαύρου σώματος σε μέγιστη θερμοκρασία των 5500K λαμβάνουμε από το μαύρο σώμα το ίδιο φάσμα. Η ακτινοβολία όμως που φτάνει στην γη διαφέρει καθότι φιλτράρεται από την ατμόσφαιρα και έτσι διαμορφώνεται ανάλογα την ώρα της ημέρας, τον καιρό και το γεωγραφικό πλάτος. Να σημειωθεί ότι όταν αναφέρεται θέρμανση μέλανος σώματος στους 5500K δεν σημαίνει ότι η θερμοκρασία χρώματος θα έχει την ίδια τιμή αλλά ότι το φάσμα είναι αντίστοιχο με αυτό που θα έδινε το μέλαν σώμα στην θερμοκρασία των 5500K.

☼ Οι **λαμπτήρες τόξου** αποτελούνται από κλειστό σωλήνα με αέριο το οποίο διεγείρεται από ηλεκτρικό φορτίο. Το ηλεκτρικό φορτίο αυξάνει το ενεργειακό πεδίο των ατόμων του αερίου, το οποίο τότε επανεκπέμπει την ενέργεια ως φωτόνια σε συγκεκριμένα μήκη κύματος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της κατηγορίας αποτελούν οι λαμπτήρες φθορισμού.

☼ Οι **οθόνες ηλεκτρονικών υπολογιστών** είναι επίσης φωτεινές πηγές. Οι οθόνες καθοδικού σωλήνα (Cathode ray tube ή εν συντομία CRT) στο πίσω μέρος του τζαμιού της οθόνης έχουν φωσφορικά άλατα, τα οποία απορροφούν ηλεκτρόνια και εκπέμπουν φωτόνια σε συγκεκριμένα μήκη κύματος.

1.1.2 Φωτεινά στοιχεία

Τα φωτεινά στοιχεία (illuminants) αναφέρονται στην φωτεινή πηγή η οποία έχει μετρηθεί ή καθοριστεί όσον αφορά την φασματική του ενέργεια (spectral energy). Ο διεθνής φορέας φωτισμού CIE (Commission Internationale de l' Eclairage στην αρχική γαλλική του ονομασία ή International Commission on Illumination στα αγγλικά) αποτελούμενος από επιστήμονες και τεχνικούς από όλο τον κόσμο έχει καθορίσει τα παρακάτω CIE πρότυπα φωτεινών στοιχείων:

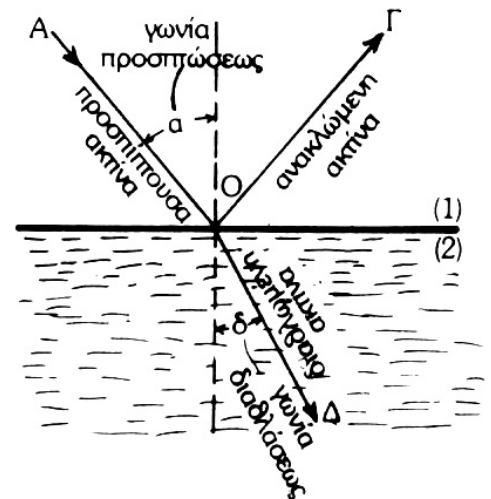
- ☼ Illuminant A αντιπροσωπεύει τη καμπύλη φάσματος λάμπας πυρακτώσεως.
- ☼ Illuminant B αντιπροσωπεύει το φάσμα του ηλιακού φωτός σε σχέση με θερμοκρασία χρώματος στους 4874K αλλά χρησιμοποιείται σπάνια.
- ☼ Illuminant C αντιπροσωπεύει το φάσμα του ηλιακού φωτός κατά τις πρώτες πρωινές ώρες σε σχέση με θερμοκρασία χρώματος στους 6774K αλλά έχει αντικατασταθεί από το D.
- ☼ Illuminant D αντιπροσωπεύει το ηλιακό φως σε διάφορες προσαρμογές. Τα περισσότερο χρησιμοποιημένα είναι το D50 και D65 με θερμοκρασία χρώματος στους 5000K και 6774K αντίστοιχα.

- ❖ Illuminant E είναι θεωρητικής βάσεως με ισόποσα τμήματα ενέργειας και δεν αντιπροσωπεύει πραγματική φωτεινή πηγή αλλά χρησιμοποιείται για υπολογισμούς.
- ❖ Illuminant F αντιπροσωπεύει μια σειρά φθοριζόντων φωτεινών στοιχείων και κυμαίνεται από F2- F12

1.2 Τα αντικείμενα

1.2.1 Ανάκλαση και διάθλαση φωτός

Όταν μονοχρωματική ακτίνα προσπέσει σε επιφάνεια (όπου η ταχύτητα διάδοσης του φωτός είναι διαφορετική στα δυο μέσα), τότε ένα μέρος της εισέρχεται από το πρώτο στο δεύτερο μέσο με ταυτόχρονη αλλαγή της διεύθυνσης της. Το φαινόμενο αυτό λέγεται διάθλαση. Ταυτόχρονα όμως με την διάθλαση γίνεται και ανάκλαση κατά την οποία το υπόλοιπο μέρος της ακτίνας επιστρέφει πίσω με την ίδια γωνία πρόσπτωσης ως προς τον κάθετο άξονα.



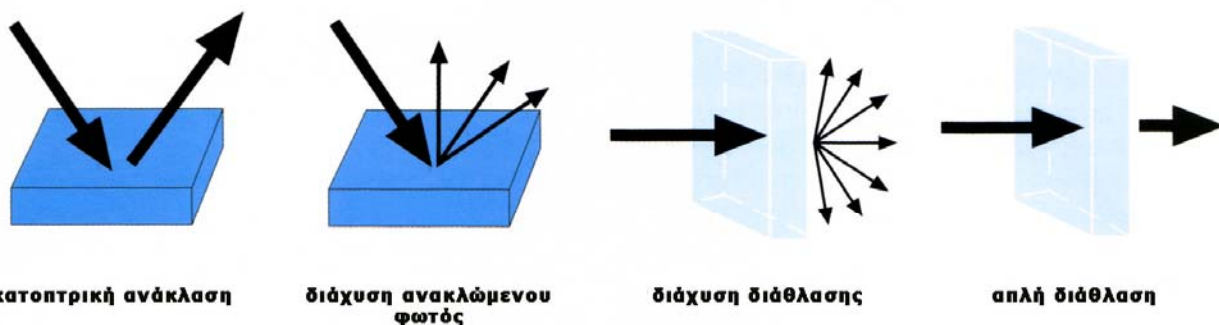
Εικ. 5 Ανάκλαση και διάθλαση

Όπως προαναφέρθηκε, το αντικείμενο απορροφά μέρος της ακτινοβολίας του φωτός που προσπίπτει και ανακλά το υπόλοιπο, όμως το ανακλά με διαφορετικό μήκος κύματος αναλόγως τις γεωμετρικές του ιδιότητες (δηλαδή το σχήμα, την υφή, την διαφάνεια, την χρωστική και άλλα). Σε κάποια υλικά η ακτινοβολία διασχίζει την επιφάνεια και διαδίδεται από την άλλη πλευρά του μέσου.

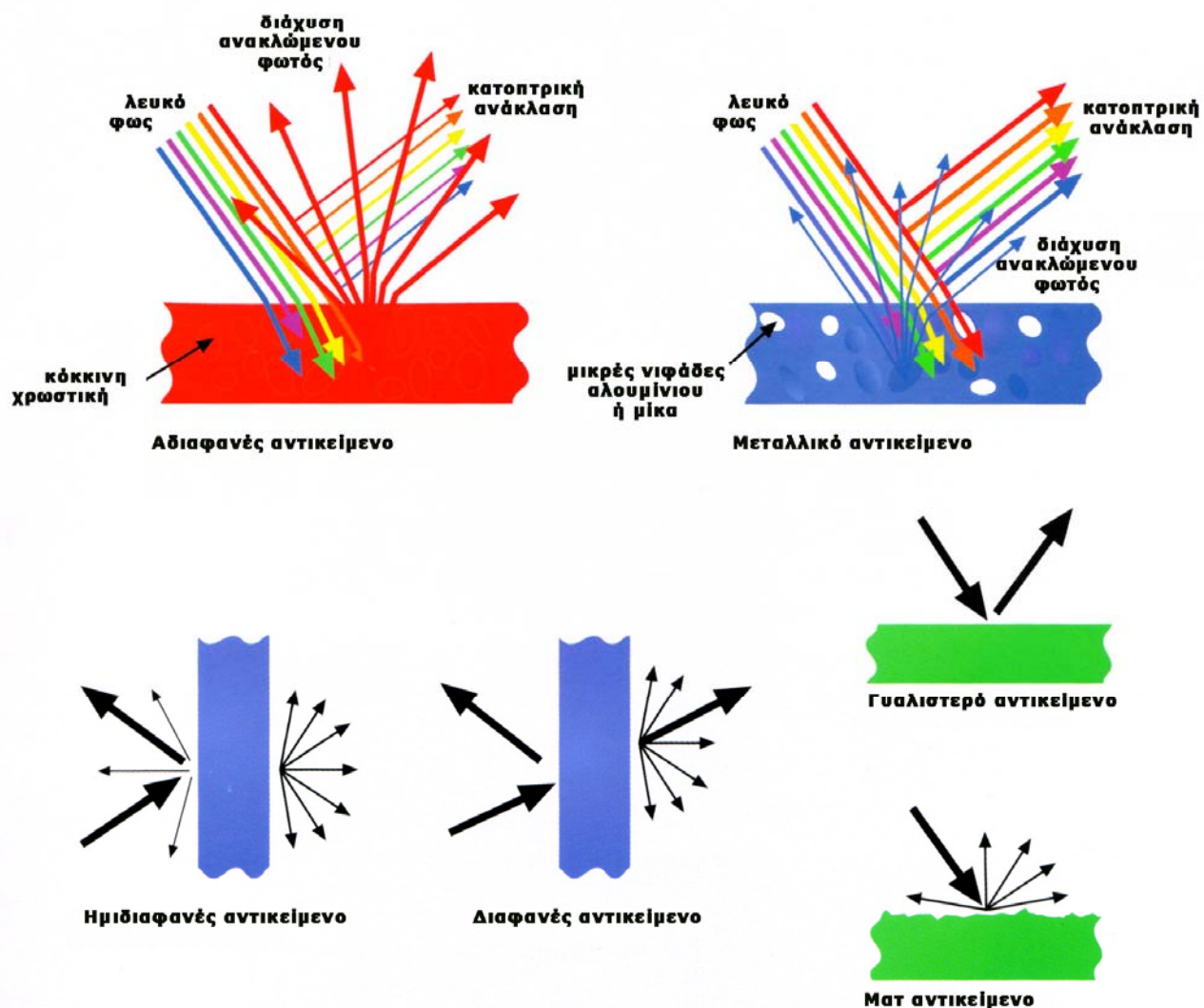
Η ανακλώμενη ακτινοβολία κατανέμεται στο χώρο με τους εξής τρόπους:

- ❖ κατοπτρική ανάκλαση (specular reflection) από λείες επιφάνειες όπως οι γυαλιστερές (gloss)
- ❖ διάχυση ανακλώμενου φωτός (diffuse reflection) από μη λείες επιφάνειες όπως ματ επιφάνειες (mat)
- ❖ διάχυση διάθλασης (diffuse transmission) όταν η ακτινοβολία διαπερνά την επιφάνεια και βγαίνοντας από αυτή διαχέεται στο χώρο, όπως στις ημιδιάφανής επιφάνειες
- ❖ απλή διάθλαση (regular transmission) όταν η ακτινοβολία διαπερνά την επιφάνεια και βγαίνοντας από αυτή δεν διαχέεται.

Βασικοί τύποι κατανομής φωτός από αντικείμενα



Γεωμετρικά χαρακτηριστικά



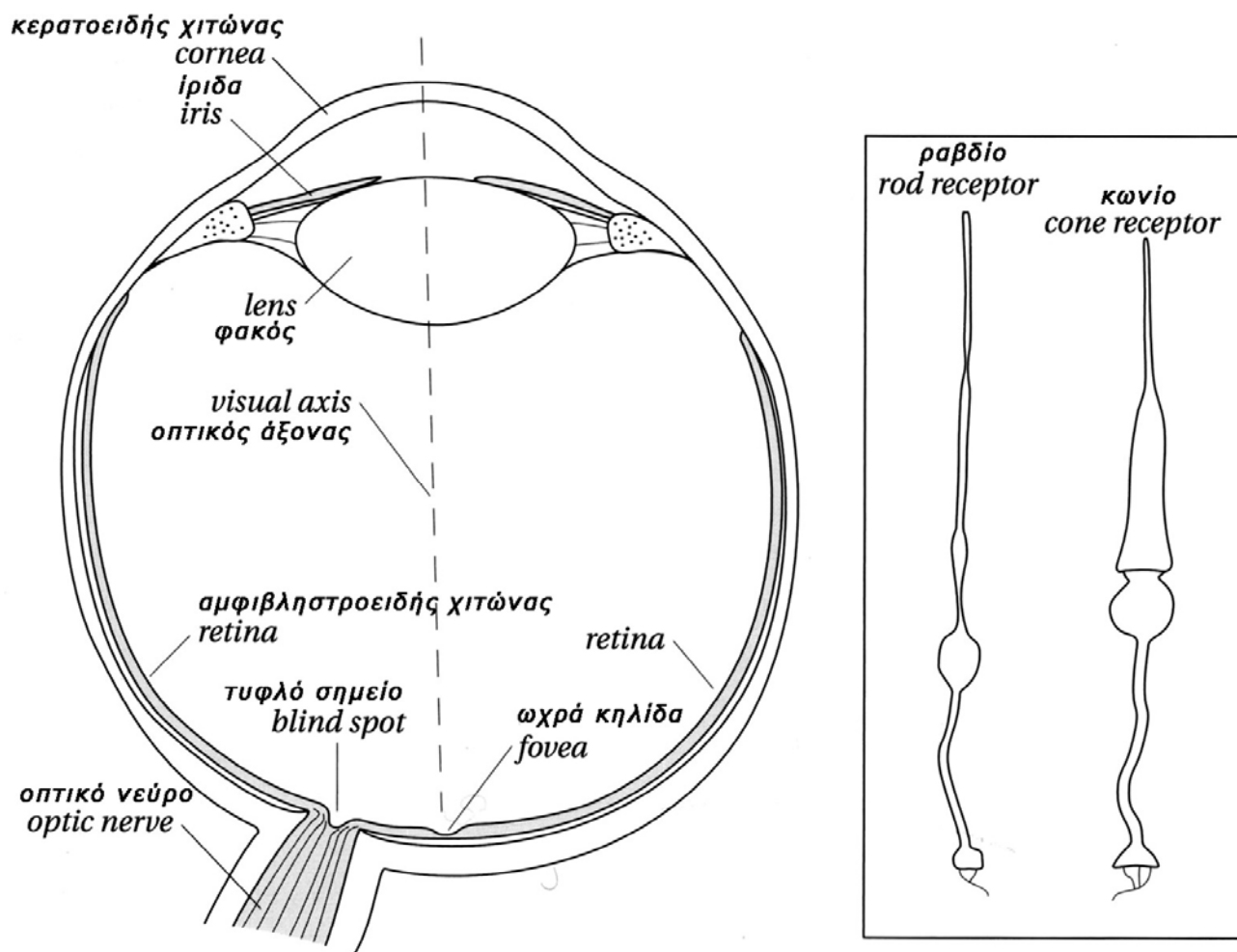
Εικ. 6 Κατανομή φωτός από αντικείμενα και γεωμετρικά χαρακτηριστικά

1.3 Ο παρατηρητής

Ο παρατηρητής αποτελεί τον πιο περίπλοκο συντελεστή στο φαινόμενο του χρώματος. Το σύστημα όρασης του ανθρώπου ξεκινά από το μάτι και την δομή του, συνεχίζει στα οπτικά νεύρα και καταλήγει στον εγκέφαλο. Τα διάφορα μοντέλα της ανθρώπινης όρασης αποτελούν την βάση για την διαχείριση χρώματος.

1.3.1 Το μάτι

Στο μάτι στηρίζεται και η κατασκευή της φωτογραφικής μηχανής. Η ποσότητα της φωτεινής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο μάτι ρυθμίζεται από την ίριδα (iris). Η ακτινοβολία περνά από τον κρυσταλλώδη φακό (lens) ο οποίος με την λειτουργία συστήματος μυών δημιουργείται σαφές είδωλο. Στην συνέχεια η ακτινοβολία διασχίζει την υαλώδη μάζα, εστιάζει στον αμφιβληστροειδή χιτώνα (retina) και μετατρέπεται σε ηλεκτρικά σήματα τα οποία μεταφέρονται με τα οπτικά νεύρα (optic nerves). Η μετατροπή γίνεται από τους οπτικούς δέκτες του αμφιβληστροειδή. Πρόκειται για κύτταρα δύο ειδών τα ραβδία (rods) και τα κωνία (cones) που πήραν το όνομα τους από το σχήμα τους. Τα ραβδία παρέχουν όραση σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού καθώς είναι μεγάλης ευαισθησίας και στο φως της μέρας παύουν να ανταπεξέρχονται. Από την άλλη τα κωνία έχουν άρτια λειτουργία σε συνθήκες καλού φωτισμού και είναι υπεύθυνα και για την έγχρωμη όραση. Παρόλα αυτά το ανθρώπινο μάτι έχει πολλά περισσότερα ραβδία απ' ότι κωνία. Το ότι το μάτι δουλεύει σε τρία κανάλια οφείλεται στο ότι υπάρχουν τριών ειδών κωνία τα οποία είναι ευαίσθητα σε διαφορετικές περιοχές του φάσματος του φωτός. Είναι ευαίσθητα σε μικρού, μεσαίου και μεγάλου μήκους κύματος, δηλαδή στην μπλε, στην πράσινη και στην κόκκινη περιοχή αντίστοιχα. Κάθε κωνίο έχει ένα μόνο είδος χρωστικής που του προσδίδει και την ανάλογη ευαισθησία στο φάσμα.



ΕΙΚ. 7 Το ανθρώπινο μάτι και οι οπτικοί δέκτες

Η ανθρώπινη όραση ορίζεται από την ποσότητα της φωτεινής ακτινοβολίας που θα προσπέσει στο μάτι και την φασματική κατανομή της ακτινοβολίας που ανακλά το αντικείμενο.

1.3.2 Τριχρωμία και Τριπλή διέγερση

Πρόκειται για δυο όρους συχνά συγκεχυμένους, ειδικά στην αγγλική τους ορολογία. Ο όρος τριχρωμία (trichromacy) αναφέρεται στην θεωρία ότι το μάτι έχει τριών ειδών οπτικούς δέκτες για την αναπαραγωγή χρώματος, δηλαδή των τριών τύπων κωνία που είναι ευαίσθητα στο κόκκινο (R=Red), πράσινο (G=Green) και μπλε (B=Blue) δηλαδή RGB.

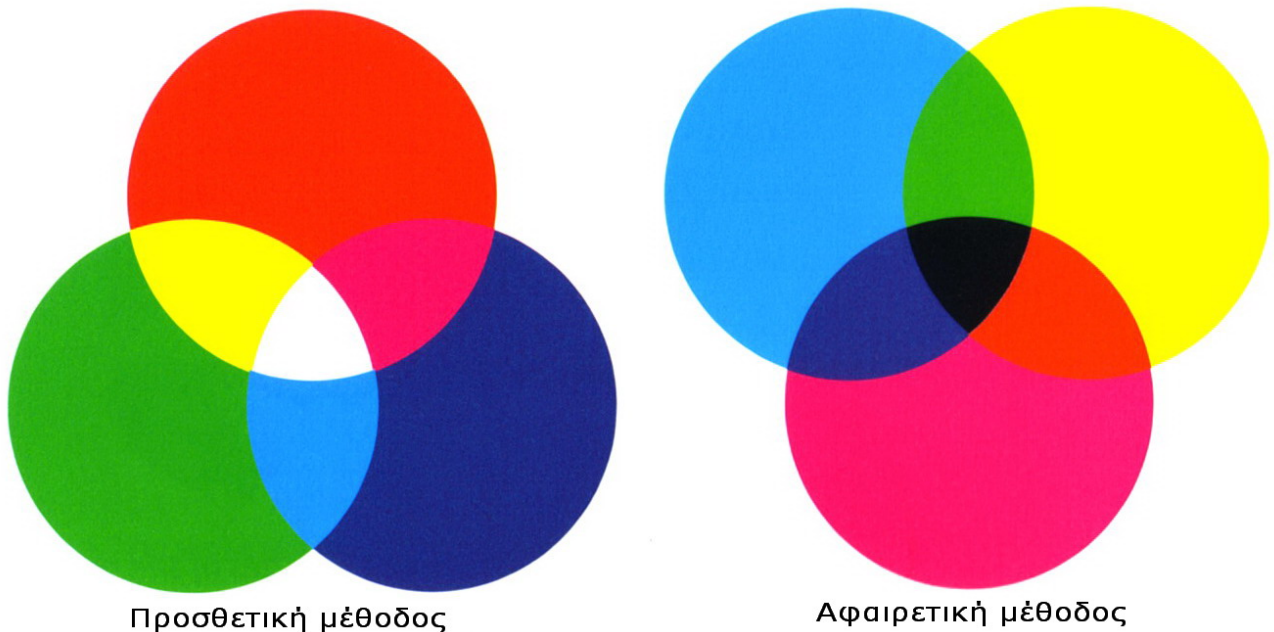
Ο όρος τριπλή διέγερση περιγράφει την ευαισθησία του ματιού στη φασματική κατανομή της ακτινοβολίας των αντικειμένων (tristimulus values). Αναφέρεται στις τιμές XYZ που μετρώνται πειραματικά από την οπτική αντιστοίχιση από παρατηρητή ενός δοσμένου χρώματος, κάτω από

πρότυπες συνθήκες φωτισμού, με την χρήση των τριών ερεθισμάτων-ακτινοβολιών RGB της τριχρωμίας ώστε να μετρηθούν τα ποσοστά από κάθε βασικό χρώμα για την δημιουργία του δοσμένου χρώματος. Ένα από τα πιο κατανοητά και πολυχρησιμοποιημένα συστήματα που έχουν δημιουργηθεί με αυτόν τον τρόπο είναι τα CIE, τα οποία θα αναλυθούν παρακάτω.

1.3.3 Μέθοδοι ανάμιξης χρωμάτων

Η **προσθετική μέθοδος** (additive primary colors) περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο αναμειγνύει τα χρώματα το μάτι και στηρίζεται στην μίξη των χρωμάτων κόκκινου (R), πράσινου (G) και μπλε (B). Επομένως, σε αυτή την μέθοδο η ανάμιξη κόκκινης, πράσινης και μπλε φασματικής ακτινοβολίας σε ίσες ποσότητες δίδει λευκό χρώμα. Από τις αναμίξεις σε ίσες ποσότητες των τριών βασικών φασματικών ακτινοβολιών μεταξύ τους προκύπτουν και άλλα τρία χρώματα. Η μίξη κόκκινου (R) και πράσινου (G) δίνουν κίτρινο (Y=Yellow), κόκκινου (R) και μπλε (B) δίνουν πορφυρό (M=Magenta) και τέλος πράσινου (G) και μπλε (B) δίνουν κυανό (C=Cyan). Επομένως ένα σύνθετο χρώμα μπορεί να αναπαραχθεί με διαφορετικές ποσότητες των τριών ακτινοβολιών. Με αυτή την μέθοδο λειτουργούν εκτός από το μάτι, οι τηλεοράσεις, οι οθόνες, οι φωτογραφικές μηχανές και οι σαρωτές.

Η **αφαιρετική μέθοδος** (subtractive primary colors) είναι αντίθετη της προσθετικής. Τα χρώματα δεν δημιουργούνται από μίξεις των ακτινοβολιών RGB αλλά από αφαίρεση-απορρόφηση μέρος του φάσματος της φωτεινής ακτινοβολίας. Επομένως τα βασικά χρώματα είναι αφαιρέτες των βασικών χρωμάτων της προσθετικής μεθόδου, δηλαδή κυανό (C), πορφυρό (M) και κίτρινο (Y), δηλαδή CMY. Επομένως, απορρόφηση και των τριών χρωμάτων CMY σε ίσες ποσότητες δημιουργεί μαύρο χρώμα. Οι αφαιρέτες απορροφούν φασματικές περιοχές ως εξής: **α.** το κυανό (C) είναι αφαιρετής του κόκκινου (R) και αφήνει να ανακλαστούν ή να περάσουν το πράσινο (G) και μπλε (B), **β.** το πορφυρό (M) είναι αφαιρετής του πράσινου (G) και αφήνει κόκκινο (R) και μπλε (B), **γ.** το κίτρινο (Y) είναι αφαιρετής του μπλε (B) και αφήνει πράσινο (G) και κόκκινο (R). Με αυτή την μέθοδο λειτουργούν όλες οι εκτυπωτικές μέθοδοι, η ζωγραφική και η εκτύπωση έγχρωμης φωτογραφία.



Εικ. 8 Μέθοδοι ανάμιξης χρωμάτων

1.3.4 Χαρακτηρισμοί χρώματος

Όλα όσα προαναφέρθηκαν έχουν να κάνουν με αντικειμενικά χαρακτηριστικά του χρώματος. Το χρώμα όμως έχει και ψυχολογική επίδραση στον άνθρωπο ανάλογα με τον τρόπο που το αντιλαμβάνεται ο εγκέφαλος. Τα υποκειμενικά χαρακτηριστικά του χρώματος (που συνδέονται με την ψυχολογική επίδραση) είναι η απόχρωση ή αλλιώς χροιά (hue), ο κορεσμός ή αλλιώς βαθμός κόρου (chroma είτε saturation) και η φωτεινότητα ή αλλιώς λαμπρότητα (value είτε brightness). Η απόχρωση είναι αυτή που καθορίζει τα χρώματα. Ο κορεσμός δείχνει την καθαρότητα του χρώματος. Και η φωτεινότητα δείχνει το πόσο φως ανακλάται από την χρωματισμένη επιφάνεια.

1.4 Όργανα μέτρησης φωτός

Συνήθως λέγεται ότι γίνεται μέτρηση του χρώματος αλλά κάτι τέτοιο όπως αναλύθηκε παραπάνω δεν γίνεται. Αυτό που μετράται και τελικά μεταφράζεται σαν χρώμα είναι το φως που προσπίπτει στο μάτι του παρατηρητή και προκαλεί το φαινόμενο του χρώματος.

Υπάρχουν τρεις τύποι οργάνων μέτρησης. Λειτουργούν ρίχνοντας μια φωτεινή δέσμη φωτός, γνωστού φάσματος σε μια επιφάνεια και στην συνέχεια με την χρήση ανιχνευτών μετράται το φως που αντανακλάται ή απορροφάται. Οι ανιχνευτές δεν κάνουν τίποτα άλλο από το να μετράνε τα φωτόνια. Δεν

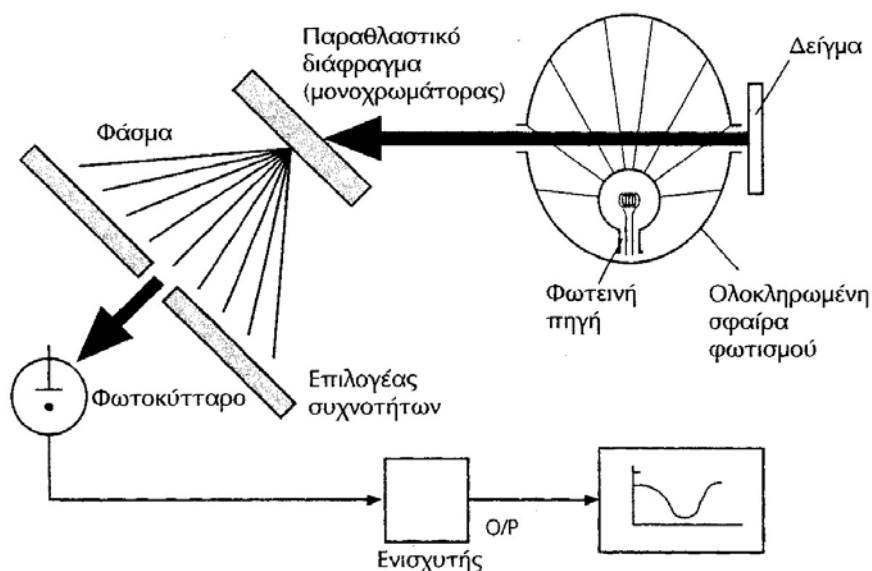
αναγνωρίζουν το μήκος κύματος τους. Επομένως πρέπει πρώτα τα φωτόνια που μετρούνται να περάσουν από φίλτρα. Η διαφορά μεταξύ των τριών τύπων είναι στον αριθμό και στο είδος των φίλτρων που χρησιμοποιούν.

- ⊕ Τα **πυκνόμετρα** (densitometers) που μετρούν οπτική πυκνότητα.
- ⊕ Τα **χρωματόμετρα** (Colorimeters) που μετρούν χρωματομετρικές τιμές, δηλαδή αριθμούς που απεικονίζουν την αντίδραση των κωνίων του ματιού.
- ⊕ Τα **φασματοφωτόμετρα** (Spectrophotometers) που μετρούν τις φασματικές ιδιότητες της επιφάνειας, δηλαδή πόσο φως αντανακλά ή διαθλά η επιφάνεια από το κάθε μήκος κύματος.

Η οπτική πυκνότητα (ή αμαύρωση) ορίζεται από τον τύπο $D = \log A$, όπου A είναι η αδιαφάνεια. Η αδιαφάνεια ορίζεται ως ο λόγος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας I_0 σε μια επιφάνεια ως προς την διερχόμενη ακτινοβολία I_d δηλαδή $A = I_0 / I_d$.

Για την μέτρηση φωτός από εκτυπωμένες επιφάνειες μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα αντανακλαστικό χρωματόμετρο είτε ένα αντανακλαστικό φασματοφωτόμετρο. Στην πράξη όμως αυτό που δίνει σωστότερα αποτελέσματα είναι το αντανακλαστικό φασματοφωτόμετρο και αυτό είναι που χρειάζεται σε αυτήν την πειραματική διαδικασία. Μάλιστα είναι προτιμότερο ένα όργανο μέτρησης που να υποστηρίζεται άμεσα από το λογισμικό δημιουργίας χρωματικού προφίλ για λόγους συμβατότητας.

Τα φασματοφωτόμετρα υπάρχουν σε δυο τύπους γεωμετρικών μετρήσεων (measurement geometry) δηλαδή αλλάζουν όσον αφορά την κλίση με την οποία η ακτίνα φωτισμού προσκρούει το δείγμα και την κλίση με την οποία συλλέγει την ανακλώμενη ακτινοβολία. Ο ένας τύπος είναι με d/θ° ή θ°/d γεωμετρία (όπου η πρώτη παράμετρος η γωνία πρόσκρουσης/ και η δεύτερη η γωνία συλλογής), συχνά αποκαλούμενα και ολοκληρωτικά σφαιρικά όργανα (integrating sphere) επειδή μετράνε το δείγμα προς όλες τις κατευθύνσεις ανάκλασης και χωρίς να λαμβάνουν υπόψη την υφή του υποστρώματος. Ο άλλος τύπος είναι $\theta^\circ/45^\circ$ ή $45^\circ/\theta^\circ$ που κυρίως χρησιμοποιείται στις γραφικές τέχνες καθώς μετρά την ανακλώμενη ακτινοβολία με τις ίδιες κλίσεις που την αντιλαμβάνεται το μάτι, λαμβάνοντας υπόψη την υφή του υποστρώματος καθώς και την επιρροή του στο εμφανιζόμενο χρώμα. Οι μετρήσεις στα όργανα των γραφικών τεχνών γίνονται ανά διαστήματα 20 nm (δίνοντας 16-20 σημεία ανάγνωσης).



Εικ. 9 Τρόπος λειτουργίας τύπου φασματοφωτομέτρου

Επόμενο χαρακτηριστικό τους αποτελεί το άνοιγμα του φωτοφράχτη (aperture size). Τα περισσότερα φασματοφωτόμετρα έχουν άνοιγμα 4-8 χιλιοστά. Αυτό το μέγεθος διευκολύνει και στις μετρήσεις αλλά και στην κατανάλωση όσο το δυνατόν λιγότερου υποστρώματος κατά την δημιουργία του χρωματικού προφίλ. Μεγαλύτερα ανοίγματα της τάξεως των 12-15 χιλιοστών υπάρχουν για να εξυπηρετούν άλλες εφαρμογές όπως μετρήσεις εκτυπώσεων με μεγάλη απόσταση μεταξύ των κουκίδων.

Επίσης πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι υπάρχουν ορισμένα χαρτιά που περιέχουν φωσφορίζοντες ουσίες λεύκανσης (brighteners) οι οποίες μετατρέπουν την υπεριώδη ακτινοβολία σε ορατή και ελαφρώς μπλε ακτινοβολία. Τα φασματοφωτόμετρα δεν έχουν προσαρμοστικότητα στο λευκό σημείο (white point) όπως τα ανθρώπινα μάτια για αυτό και παραπλανούνται από αυτές τις ουσίες. Ένας τρόπος λύσης αυτού του προβλήματος είναι η χρήση φίλτρων υπεριώδους ακτινοβολίας αλλά θα πρέπει το φίλτρο να μπορεί να εναλλάσσεται.

Τα δείγματα πρέπει να μετρώνται σε μαύρο φόντο σύμφωνα με τα ISO πρότυπα. Γεγονός όμως που δεν είναι πάντα σωστό αφού στην μέτρηση λεπτών ή ημιδιαφανών υποστρωμάτων επηρεάζει τις μετρήσεις. Το καλύτερο είναι τα δείγματα να μετρώνται με φόντο το ίδιο το υπόστρωμα ατύπωτο.

Τέλος να αναφερθεί ότι υπάρχουν φασματοφωτόμετρα χειρός (handheld) και αυτοματοποιημένα φασματοφωτόμετρα, τα λεγόμενα XY Plotters τα οποία έχουν μηχανισμό με βραχίονες που μετακινούν το φασματοφωτόμετρο ως προς τους δυο άξονες. Τέλος υπάρχουν και οι μετρητές λωρίδων σκαλών (strip readers) στους οποίους ο χρήστης «φορτώνει» την λωρίδα και μηχανισμός την προωθεί για να γίνουν οι μετρήσεις.

Αναπαραγωγή χρώματος και χρωματικά συστήματα

2.1 Βαθμονόμηση και περιγραφή

Ο όρος βαθμονόμηση (calibration) αναφέρεται στην προετοιμασία για λειτουργία μιας συσκευής βάση γνωστού συστήματος αναφοράς ώστε να μπορεί να αποδώσει τα μέγιστα. Η βαθμονόμηση της συσκευής γίνεται από σύστημα αναφοράς το οποίο υπάρχει πάνω στην συσκευή ή/και από επιπρόσθετο λογισμικό.

Ο όρος περιγραφή (profiling) αναφέρεται στις μετρήσεις των δυνατοτήτων μιας βαθμονομημένης συσκευής και στην συνέχεια στην αποθήκευση αυτών των πληροφοριών σε αρχείο, δηλαδή το γνωστό ICC χρωματικό προφίλ (ICC Profile). Αυτό που θα πρέπει κυρίως να γίνει σαφές είναι ότι αυτά τα δυο πρέπει να γίνονται πάντα μαζί για να επιτευχθούν σωστά αποτελέσματα. Για παράδειγμα, αν κάποια στιγμή τα χρώματα μεταβληθούν ξαφνικά, τότε επανάληψη της βαθμονόμησης πιθανώς να επαναφέρει την συνέπεια στην ροή εργασίας (workflow).

2.2 Συσκευές στην ροή εκτυπωτικής εργασίας

Στην ροή εκτυπωτικής εργασίας παρεμβάλλονται πολλές συσκευές μέχρι το τελικό προϊόν. Όλες οι συσκευές λοιπόν θα πρέπει να έχουν βαθμονομηθεί για να λειτουργούν υπό βέλτιστες και τυποποιημένες συνθήκες. Στην αναπαραγωγή χρώματος, τα χαρακτηριστικά των συσκευών παίζουν σημαντικό ρόλο στο τελικό αποτέλεσμα. Οι συσκευές κατηγοριοποιούνται ως εξής:

- ❖ Συσκευές εισόδου αρχείων (input devices): ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές, σαρωτές τυμπάνου, επίπεδοι σαρωτές
- ❖ Συσκευές προβολής αρχείων (display devices): οθόνες
- ❖ Συσκευές εξόδου (output devices): επιτραπέζιοι εκτυπωτές, εκτυπωτικά πλότερ, εκτυπωτές δοκιμίων, τυπογραφικές μηχανές επιπεδοτυπίας, φιλμογράφοι, κ.α.

2.3 Το χρώμα σε αριθμούς

Όταν παράγεται χρώμα από μια συσκευή –είτε από οθόνη είτε σε χαρτί– αυτό γίνεται με έλεγχο του κόκκινου, πράσινου και μπλε φωτός. Στις συσκευές που δουλεύουν με RGB όπως οθόνες, σαρωτές και ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές, ο έλεγχος γίνεται κατευθείαν στο κόκκινο, πράσινο και μπλε φως. Στο φιλμ και στην εκτύπωση γίνεται πάλι έλεγχος στο κόκκινο, πράσινο και μπλε φως αλλά εμμέσως με φίλτρα και με χρωστικές CMY που λειτουργούν όπως αναλύθηκε σαν αφαιρέτες. Στην πράξη όμως τα χρώματα CMY δεν λειτουργούν ως τέλειοι αφαιρέτες που σε ανάμιξη τους απορροφούν πλήρως το φως για την δημιουργία μαύρου χρώματος αλλά δημιουργούν κάποια καφέ σκούρα απόχρωση. Έτσι χρησιμοποιείται και το μαύρο (K=Black-Key) ως διορθωτής. Πλέον έχουν κατασκευαστεί και μελάνια με βελτιωμένες ιδιότητες ώστε να αντανakλούν όλο το φάσμα που αντιπροσωπεύουν αλλά το κόστος παραγωγής τους είναι υψηλό, οπότε στις εκτυπώσεις κυριάρχησε το CMYK ή κοινώς τετραχρωμία.

Τα μαθηματικά μοντέλα για το χρώμα όμως είναι λίγο διφορούμενα. Θα μπορούσε κανείς να σκεφτεί τα RGB και CMYK σαν συνταγές για την δημιουργία χρώματος. Κάθε συσκευή όμως δεν ακολουθεί την συνταγή με τον ίδιο τρόπο αλλά την εκτελεί ανάλογα με τις δυνατότητες της. Αυτό σημαίνει για παράδειγμα ότι η ίδια RGB εικόνα θα φαίνεται διαφορετική σε κάθε οθόνη.

Τα RGB και CMYK προήλθαν βέβαια αναλογικά και ύστερα ψηφιοποιήθηκαν. Δεν δημιουργήθηκαν ως ακριβή μαθηματικά συστήματα για την περιγραφή χρώματος, αλλά πρόκειται για σήματα ελέγχου που στέλνονται στις διάφορες συσκευές για αναπαραγωγή χρώματος. Τα RGB και CMYK χρησιμοποιούνται κυρίως ως χρωματικοί χώροι (color space) δηλαδή δείχνουν την χρωματική κλίμακα μιας συσκευής ή εικόνας.

2.3.1 Αναλογικά σημεία αναφοράς

Οι αριθμοί σε αρχεία RGB και CMYK δεν αντιπροσωπεύουν χρώμα. Αντιθέτως προσδιορίζουν την οπτική πυκνότητα, όποια και αν είναι η χρωστική που χρησιμοποιούν οι συσκευές για την αναπαραγωγή χρώματος. Τα RGB και CMYK συστήματα χρησιμοποιούνταν καιρό πριν την εισαγωγή των ψηφιακών μέσων στις γραφικές τέχνες. Παρακάτω εξηγείται πως λειτουργούν οι περισσότερες χρησιμοποιούμενες συσκευές με βάση αναλογικές πηγές.

Όσον αφορά τις οθόνες υπάρχουν δυο διαφορετικής τεχνολογίας οθόνες: οι οθόνες καθοδικού σωλήνα (Cathode ray tube ή εν συντομία CRT) και οι οθόνες υγρού κρυστάλλου (Liquid crystal display ή εν συντομία LCD).

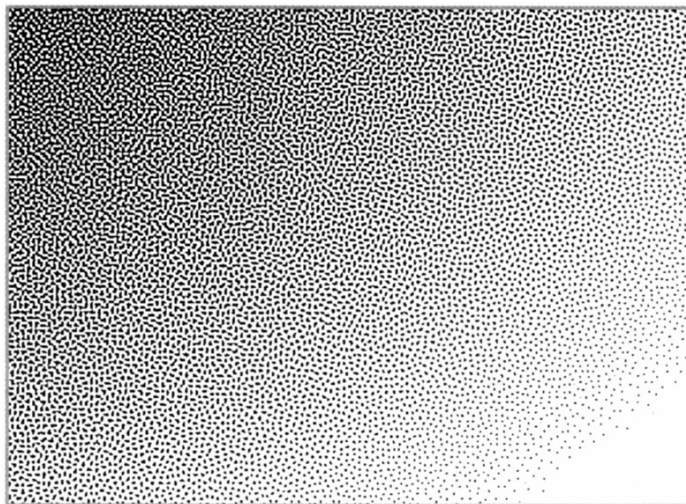
Σε οθόνη CRT (RGB) όταν προβάλλεται χρώμα, δέσμες ηλεκτρονίων «χτυπούν» τα φωσφορικά άλατα που είναι επιστρωμένα στο εσωτερικό της επιφάνειας της, τα οποία και μετατρέπουν τα μήκη κύματος των φωτονίων σε ορατή ακτινοβολία RGB. Με εναλλαγή στην ποσότητά της δέσμης ηλεκτρονίων, αλλάζει και η φωτεινή ένταση των κόκκινων, πράσινων και μπλε ακτινοβολιών.

Οι οθόνες LCD (RGB) στηρίζονται στο φαινόμενο υγρών κρυστάλλων δηλαδή σε μια κατάσταση της ύλης που δεν είναι ούτε υγρή ούτε στερεά. Αποτελούνται από πλέγμα τρανζίστορ που συνθέτουν τα εικονοστοιχεία (pixels) και τα οποία έχουν την δυνατότητα εκπομπής RGB ακτινοβολιών.

Σε σαρωτές και ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές (RGB) χρησιμοποιούνται μονοχρωματικοί φωτοευαίσθητοι αισθητήρες (τεχνολογίας Charged Couple Devices- CCD) και φίλτρα κόκκινου, πράσινου και μπλε χρώματος. Η ποσότητα φωτός περνά πρώτα από φίλτρα, ύστερα από αισθητήρα ο οποίος αποδίδει την ανάλογη τάση και τέλος μετατρέπεται σε ψηφιακές τιμές για το κόκκινο, πράσινο και μπλε. Η ακρίβεια των ψηφιακών τιμών εξαρτάται από την συγκρότηση της φωτεινής πηγής καθώς και τα χαρακτηριστικά μετάδοσης των φίλτρων.

Σε όλες τις συσκευές η απόδοση πέφτει και διαφοροποιείται με την πάροδο του χρόνου. Έτσι αλλάζει η έκθεση ή σύλληψη από μια συσκευή σε άλλη, ακόμα και μεταξύ ίδιων μοντέλων συσκευών.

Στους εκτυπωτές (CMYK), η εκτύπωση εικόνων σε υπόστρωμα γίνεται με την εναπόθεση κουκίδων κυανού, πορφυρού, κίτρινου και μαύρου μελανιού. Η μέθοδος για μετατροπή συνεχόμενης τονικής εικόνας σε κουκίδες για εκτύπωση τυπογραφίας λέγεται ημιτονική αναπαραγωγή (halftone screening). Στις παραδοσιακές ημιτονικές αναπαραγωγές εικόνας (όπως στην εκτύπωση επιπεδοτυπίας), κάθε κουκίδα έχει σταθερή απόσταση η μία από το κέντρο της άλλης και



Εικ. 10 Διαμόρφωση κουκίδας κατά συχνότητα

οι διαφορετικές αποχρώσεις γίνονται με διαφορετικό μέγεθος κουκίδας. Αυτός ο τύπος κουκίδας λέγεται διαμόρφωση κατά πλάτος (Amplitude Modulation) ή κοινώς AM από τα αρχικά της αγγλικής ορολογίας. Από την άλλη υπάρχει ο τύπος κουκίδων που λέγεται διαμόρφωση κατά συχνότητα (Frequency Modulation) ή κοινώς FM. Αυτός ο τύπος χρησιμοποιείται στους ψηφιακούς εκτυπωτές όπου και ονομάζεται stochastic screening. Οι

κουκίδες έχουν ίδιο μικροσκοπικό μέγεθος και πέφτουν σε «τυχαία» θέση με διαφορετικό αριθμό κουκίδων ανάλογα με το πόσο σκούρα ή ανοιχτή είναι η περιοχή εκτύπωσης.

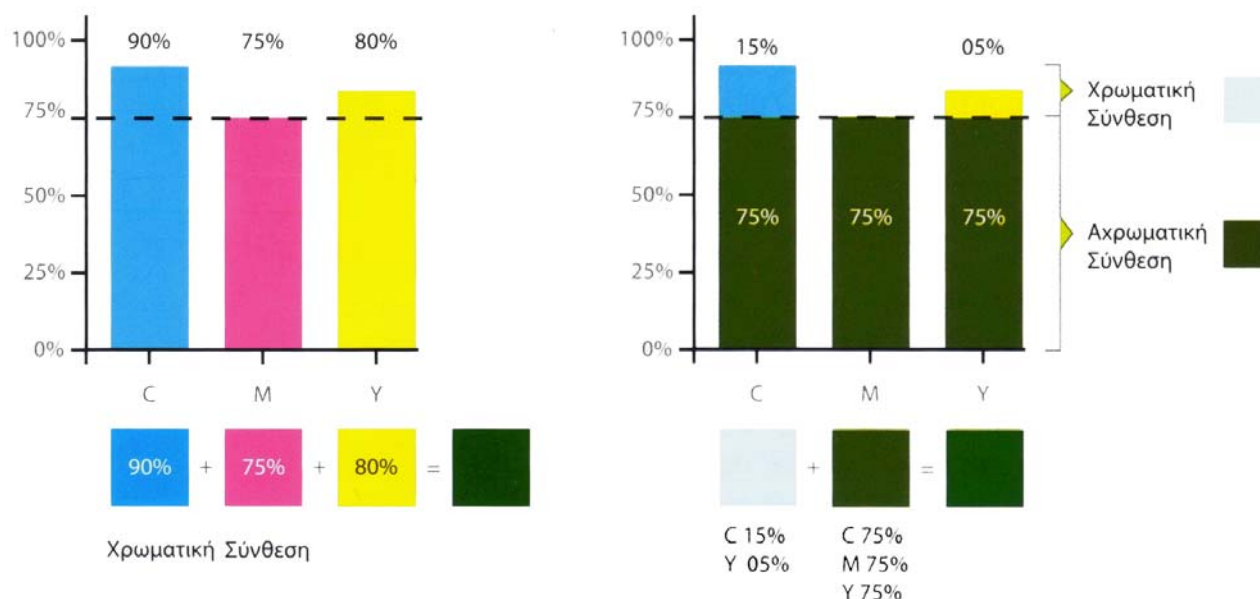
Το ακριβές χρώμα μιας εκτύπωσης βέβαια εξαρτάται από τις χρωστικές των μελανιών που χρησιμοποιούνται, το υπόστρωμα και τον τρόπο που αυτά αντιδρούν μεταξύ τους χημικά και φυσικά. Μάλιστα το δυναμικό εύρος (dynamic range) των εκτυπωτών περιορίζεται από την λαμπρότητα του υποστρώματος για τα ανοιχτά και για τα σκούρα από το πόσο σκούρο είναι το μαύρο των μελανιών που χρησιμοποιούνται. Οι εκτυπωτές έγχυσης συνήθως μεταβάλλουν το χρώμα που αποδίδουν με την πάροδο του χρόνου όταν το μελάνι και το υπόστρωμα δεν ταιριάζουν.

2.4 Διαχωρισμοί τετραχρωμίας

Όπως προαναφέρθηκε, λόγω των χρωστικών των μελανιών δεν είναι δυνατόν να παραχθεί απόλυτο μαύρο χρώμα με την ανάμιξη CMY σε μέγιστες ισόποσες ποσότητες. Γι' αυτό τυπώνεται το μαύρο χρώμα. Επίσης, η αναπαραγωγή εικόνων στην ψηφιακή εκτύπωση (καθώς και σε άλλες μεθόδους εκτύπωσης) γίνεται ημιτονικά. Επομένως, θα πρέπει τα χρώματα των εικόνων να διαχωριστούν σε τέσσερις συνιστώσες δηλαδή να γίνει διαχωρισμός σε CMYK. Για να δημιουργηθεί γκρι χρώμα οι συνδυασμοί στο CMYK είναι αρκετοί και εξαρτώνται από τον διαχωρισμό του μαύρου χρώματος, την ποσότητα κατανάλωσης μαύρου μελανιού (black generation) και τη συνολική ποσότητα μελανιού (ink limit). Ο διαχωρισμός που θα επιλεγεί εξαρτάται επίσης από την μέθοδο εκτύπωσης, το υπόστρωμα (ώστε να μην υπερβεί τα όρια απορροφητικότητας του), το επιθυμητό οπτικό αποτελέσματα και κυρίως το περιεχόμενο των εικόνων. Επιπλέον με την χρήση διαχωρισμών γίνεται οικονομία στα έγχρωμα μελάνια που κοστίζουν περισσότερο από το μαύρο. Ο διαχωρισμός στην ψηφιακή εκτύπωση γίνεται από ραστεροποιητές (RIP) με τις πληροφορίες που δίνονται από τα χρωματικά προφίλ.

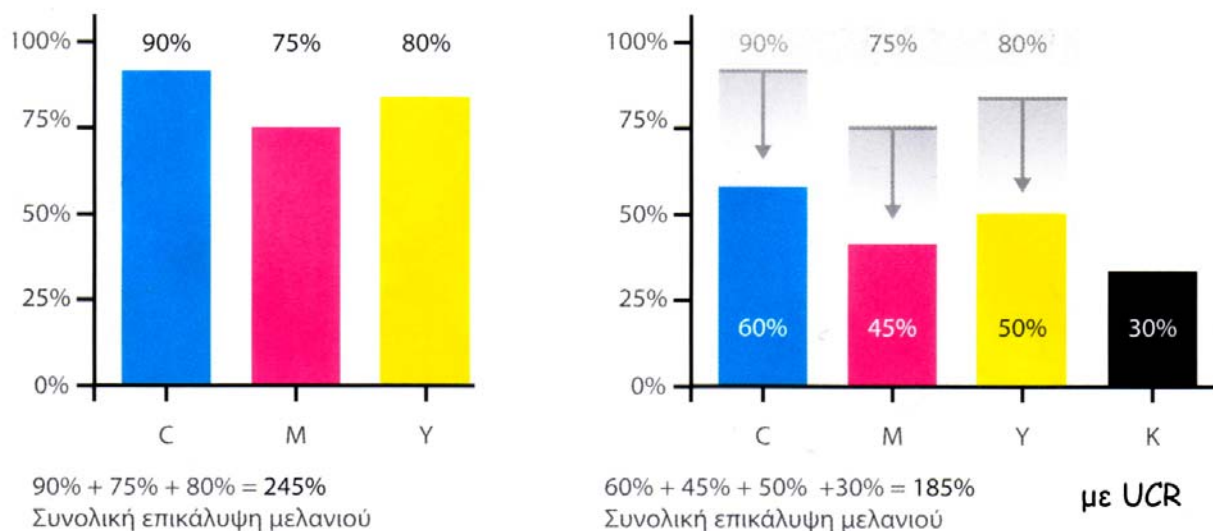
Οι τύποι διαχωρισμού είναι η «αντικατάσταση του χρωματικού γκρι» ή κοινώς **GCR** (Gray Color Replacement) και η «υπο-χρωματική αφαίρεση» ή κοινώς **UCR** (Under Color Removal). Στηρίζουν την λειτουργία τους στις έννοιες που περιγράφουν την δημιουργία ενός σύνθετου χρώματος με την χρήση βασικών χρωμάτων, δηλαδή την χρωματική σύνθεση (Chromatic composition) και την αχρωματική σύνθεση (Achromatic composition). Στην χρωματική σύνθεση ακόμη και τα σκούρα χρώματα προκύπτουν από ανάμιξη των τριών CMY ενώ το μαύρο χρησιμοποιείται μόνο όπου είναι απαραίτητο για να ενδυναμώσει τις σκιές και τις κοντούρες. Ενώ στην αχρωματική σύνθεση η ανάμιξη των CMY δεν δίνει την απόχρωση αλλά την σκιερότητα του σύνθετου χρώματος. Η χρωματική και αχρωματική σύνθεση διευκρινίζονται στην

παρακάτω εικόνα. Στον διαχωρισμό λοιπόν αυτό που ορίζεται είναι ο τρόπος που διαχωρίζονται τα χρώματα και το πώς αλλάζει η αναλογία μεταξύ χρωματικής και αχρωματικής σύνθεσης.



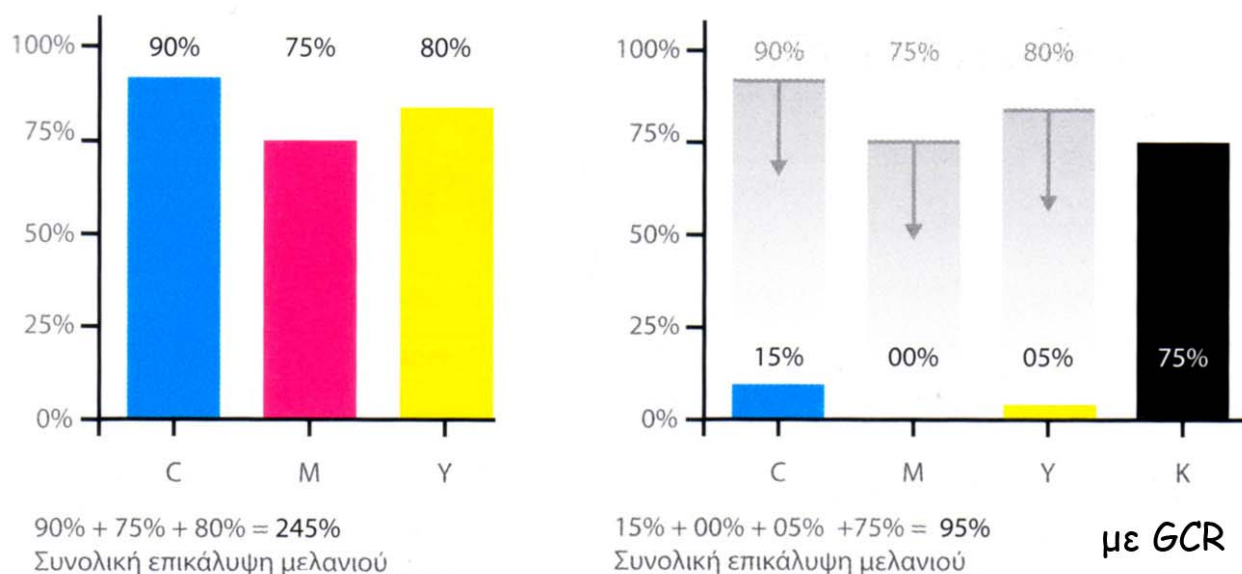
Εικ. 11 Χρωματική και αχρωματική σύνθεση

Η δημιουργία χρώματος με διαχωρισμό UCR γίνεται με αφαίρεση ισοποσών χρωματικών μερών και από τα τρία βασικά χρώματα CMY και στην συνέχεια αντικατάσταση τους με μαύρο. Αυτός ο τρόπος είναι κατάλληλος για τμήματα εικόνων που έχουν ουδέτερες σκιές ή σχεδόν ουδέτερες αλλά σε περίπτωση που υπάρχουν σκούρα χρώματα με έντονη απόχρωση τότε το μαύρο έχει την τάση να θαμπώνει το χρώμα και να το κάνει επίπεδο. Για αυτό και χρησιμοποιείται κυρίως στην βαθυτυπία και στην εκτύπωση εφημερίδων και όπου αλλού χρειάζονται σκούρα και κορεσμένα χρώματα. Όσο μεγαλύτερο το ποσοστό του UCR, τόσο μικρότερο το άθροισμα των βασικών χρωμάτων άρα και του μελανιού που χρησιμοποιείται. Το ποσοστό UCR διαχωρισμού εξαρτάται από την μέθοδο εκτύπωσης καθώς και την ποιότητα του υποστρώματος.



Εικ. 12 Διαχωρισμός UCR

Η δημιουργία χρώματος με διαχωρισμό GCR γίνεται με αντικατάσταση των συνυπαρχουσών βασικών χρωμάτων CMY σε όλη την εικόνα. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται δραστική μείωση της συνολικής ποσότητας μελανιού, μειώνονται προβλήματα μη σύμπτωσης, βελτιώνεται η απόδοση της χρωματικής παγίδευσης (color trapping) και η εκτύπωση είναι γενικά ευκολότερα ελεγχόμενη όπως και η διατήρηση της ισορροπίας των γκρι. Οπτικά δίνει πιο ουδέτερα γκρι και σκιές, αλλά στις σκιές μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις να μειώσει την τονικότητα, την λεπτομέρεια και τον πλούτο τους. Το ποσοστό του GCR μπορεί να ελεγχθεί, αν και γενικά ισχύει ότι όσο πιο «νωρίς» ξεκινήσει η αντικατάσταση των χρωμάτων CMY, τόσο πιο ομοιόμορφο το αποτέλεσμα.



Εικ. 13 Διαχωρισμός GCR

2.5 Μονάδες μέτρησης

Η μονάδα μέτρησης που χρησιμοποιείται για περιγραφή της ανάλυσης εικόνας σε ψηφιακούς εκτυπωτές, σαρωτές (scanners) και άλλες συσκευές εξόδου (output devices) είναι το dpi. Με τον όρο dpi (Dots Per Inch) εννοείται η ποσότητα κουκίδων ανά ίντσα (στοιχειώδη επιφάνεια) (1 inch = 2,54 cm). Ο μέγιστος αριθμός κουκίδων ανά στοιχειώδη επιφάνεια καλείται ανάλυση (resolution). Γενικά περισσότερες κουκίδες ανά ίντσα σημαίνουν μεγαλύτερη ανάλυση, περισσότερη οπτική λεπτομέρεια αλλά και μεγαλύτερα αρχεία. Στους ψηφιακούς εκτυπωτές όπου η ανάλυση τελικά μεταφράζεται ως η ποσότητα ψεκασμένων σταγόνων, δεν σημαίνει ότι όσο αυξάνεται η ανάλυση, τόσο καλύτερο είναι το αποτέλεσμα, αφού επηρεάζεται από και από την συμπεριφορά του υποστρώματος. Κάποιες φορές ο αριθμός της ανάλυσης στους εκτυπωτές μπορεί να είναι διαφορετικός ανά διεύθυνση. Για παράδειγμα ανάλυση εκτύπωσης 720 X 1440 dpi σημαίνει ότι ανά ίντσα υπάρχουν 720 κουκίδες κατά μήκος και 1440 κατά πλάτος του υποστρώματος. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι διαφορετικές αναλύσεις δεν οφείλονται μόνο στα ακροφύσια (nozzles) που διαθέτουν οι κεφαλές ψηφιακής εκτύπωσης αλλά και στην γωνία τοποθέτησης τους ως προς την κίνηση του εκτυπωτή.

Να καθοριστεί εδώ ότι για την ανάλυση ψηφιακών αρχείων εικόνων είναι αναγκαίοι τρεις παράμετροι: ύψος (height), πλάτος (width) και ppi (Pixels Per Inch) δηλαδή εικονοστοιχεία ανά ίντσα. Είναι σημαντικό να μην υπάρχει σύγχυση με τις μονάδες ppi και dpi καθώς και την μονάδα lpi (Lines Per Inch) δηλαδή γραμμές ανά ίντσα, η οποία χρησιμοποιείται για να περιγράψει ημιτονικά ράστερ σε μηχανήματα με εκτυπωτική πλάκα. Πρόκειται για μονάδες που περιγράφουν διαφορετικά στοιχεία.

Όσον αφορά την κωδικοποίηση των χρωμάτων στον υπολογιστή ισχύουν τα εξής. Τα χρώματα αποτελούνται από κανάλια (channels) και κάθε κανάλι από επίπεδα του γκρι (tone levels). Τα κανάλια είναι τρία, δηλαδή ένα για κάθε χρώμα της τριχρωμίας. Τα επίπεδα του γκρι είναι 256, δηλαδή περιγράφουν τον ελάχιστο αριθμό που χρειάζεται για να δημιουργηθεί ψευδαίσθηση συνεχόμενου τόνου (continuous tone) και αντιστοιχούν 256 επίπεδα γκρι σε κάθε κανάλι. Έτσι αποφεύγονται φαινόμενα όπως λωρίδες (banding) όπου οι μεταβολές γίνονται εμφανής από τον ένα τόνο στον άλλο και δεν είναι προοδευτικές. Επομένως, λωρίδες (banding) μπορούν να δημιουργηθούν όταν δεν υπάρχουν αρκετές πληροφορίες (bits) ανά εικονοστοιχείο (pixel) σε μια εικόνα. Άλλοι λόγοι είναι επειδή είτε το αρχείο είναι πολύ συμπιεσμένο, είτε υπάρχουν πολύ μακριές διαβαθμίσεις (gradients), είτε χρησιμοποιείται πολύ μικρή ανάλυση εκτύπωσης.

Ένας άλλος λόγος που έχουμε 256 επίπεδα γκρι είναι λόγω του ότι η μνήμη του υπολογιστή είναι ήδη οργανωμένη σε bytes όπου 1 byte ισοδυναμεί με 8 bits. Και αφού οι υπολογιστές λειτουργούν με δυαδικό

σύστημα (δηλαδή με παρουσία ή απουσία ρεύματος, 0-1) έτσι έχουμε 2^8 τιμές δηλαδή 256.

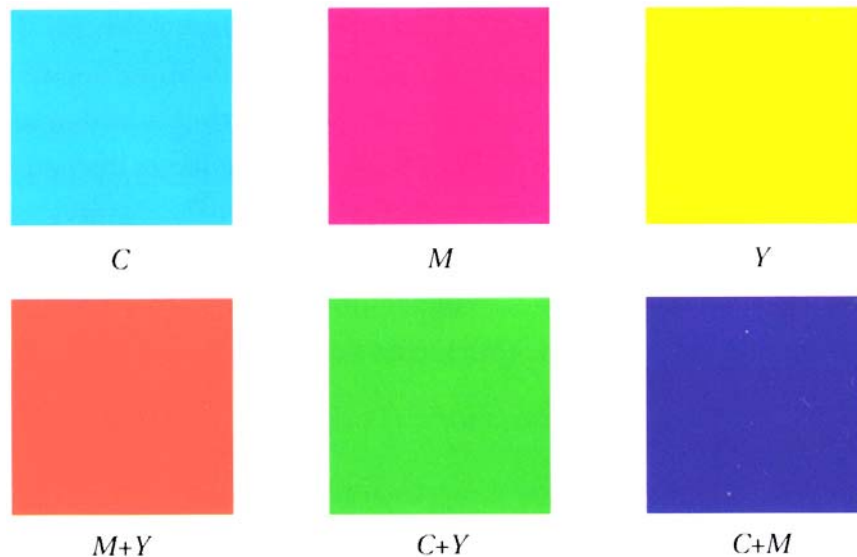
2.6 Οι παράμετροι που διαφοροποιούνται μεταξύ συσκευών

Όλες οι συσκευές διαφοροποιούνται σε μερικές βασικές παραμέτρους. Πρόκειται για πράγματα που μετρούνται κατά την δημιουργία ICC χρωματικού προφίλ και γι' αυτό θα πρέπει να μένουν σταθερά ώστε να λειτουργεί αποτελεσματικά η διαχείριση χρώματος. Είναι τα εξής:

- ⊕ Το χρώμα και η φωτεινότητα των βασικών χρωστικών (colorants ή αλλιώς primaries)
- ⊕ Το χρώμα και η φωτεινότητα του λευκού σημείου (white point) και του μαύρου σημείου (black point)
- ⊕ Τα χαρακτηριστικά τονικής αναπαραγωγής των βασικών χρωστικών

Κάθε συσκευή λειτουργεί με διαφορετικές **βασικές χρωστικές**. Στις συσκευές που λειτουργούν με την προσθετική μέθοδο ανάμιξης χρωμάτων τα πράγματα είναι ευκολότερα. Για τους εκτυπωτές που λειτουργούν με τον αφαιρετικό τρόπο τα πράγματα είναι λίγο πιο περίπλοκα αφού στις μετρήσεις των βασικών χρωμάτων συμπεριλαμβάνονται και οι μετρήσεις για τα συμπληρωματικά τους χρώματα [τα χρώματα που τυπώνονται πάνω από ήδη υπάρχοντα τυπώματα (overprints) δηλαδή πορφυρό + κίτρινο, κυανό + κίτρινο, κυανό + πορφυρό]. Συμπληρωματικά χρώματα ονομάζονται δυο χρώματα τα οποία δεν έχουν κοινά μήκη κύματος αλλά με την προσθετική μέθοδο δίνουν φάσμα λευκού φωτός. Να σημειωθεί ότι τα συμπληρωματικά χρώματα πάντα είναι και αντίθετα ενώ δεν ισχύει πάντα το αντίστροφο. Αντίθετα είναι δυο χρώματα που με προσθετική ανάμιξη τους δίνουν αχρωματικά χρώματα δηλαδή μαύρο ή άσπρο ή γκρι.

Το ακριβές χρώμα των χρωστικών καθορίζει το εύρος των χρωμάτων που αναπαράγει η συσκευή. Αυτό λέγεται και χρωματική κλίμακα της συσκευής (color gamut). Το ενδιαφέρον έγκειται όχι μόνο στο ακριβές χρώμα των βασικών χρωστικών αλλά και στο πόσο φωτεινά είναι. Τεχνικά, γίνεται αναφορά στην πυκνότητα των βασικών χρωμάτων, που είναι απλά η δυνατότητα τους να απορροφούν φως.



Εικ. 14 Αφαιρετικά χρώματα (CMY) και τα συμπληρωματικά τους

Το **λευκό σημείο** είναι πολύ σημαντικό γιατί αποτελεί σημείο αναφοράς για όλα τα άλλα χρώματα που βλέπει ο άνθρωπος. Το μάτι αυτόματα προσαρμόζεται στο λευκό του περιβάλλοντος με αποτέλεσμα να επηρεάζεται και η αντίληψη που έχει για όλα τα άλλα χρώματα του σκηνικού. Έτσι πρέπει να υπολογίζεται πάντα ότι βλέποντας μια εκτυπωμένη σελίδα το λευκό σημείο καθορίζεται τόσο από το φως του περιβάλλοντος, όσο και από το ίδιο το χαρτί. Το **μαύρο σημείο** από την άλλη καθορίζει περισσότερο ότι έχει σχέση με την πυκνότητα. Αυτό συμβαίνει επειδή η πυκνότητα του μαύρου καθορίζει το δυναμικό εύρος (dynamic range), δηλαδή το εύρος φωτεινότητας που μπορεί να αναπαράγει η συσκευή, το εύρος της γκρι σκάλας.

Όλα τα προηγούμενα συγκεκριμενοποιούν τις ακραίες συνθήκες των συσκευών. Επομένως χρειάζεται να υπολογιστούν τα χαρακτηριστικά της **τονικής αναπαραγωγής των ενδιάμεσων τόνων**. Ο πιο απλός τρόπος είναι η καμπύλη τονικής αναπαραγωγής (tone reproduction curve- TRC) η οποία δείχνει την σχέση μεταξύ τιμών εισαγωγής (input values) και τελικών τιμών φωτεινότητας στην συσκευή. Σε οθόνες, σαρωτές και ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές υπάρχει η καμπύλη σχετικής λαμπρότητας (Gamma curve) που εκφράζει την σχέση τάσης και σχετικής λαμπρότητας. Στους εκτυπωτές υπάρχει η καμπύλη για το άπλωμα της κουκίδας (dot gain). Και οι δυο καμπύλες πάντως είναι παρόμοιες μεταξύ τους.

2.7 Χρωματικά συστήματα καθορισμένα από συσκευές

Χρωματικά συστήματα καθορισμένα από συσκευές (device-specific color models) ονομάζονται τα RGB και CMYK γιατί το χρώμα που παίρνουμε από ένα σύνολο RGB και CMYK αριθμών εξαρτάται από την συσκευή που το παράγει. Το ίδιο σύνολο RGB και CMYK αριθμών θα δώσουν διαφορετικό χρώμα σε διαφορετικές συσκευές ή στην ίδια συσκευή εξόδου με διαφορετικό υπόστρωμα. Ακόμα και για ίδιους εκτυπωτές, με ίδια σύνολα RGB και CMYK αριθμών, τα χρώματα που αναπαράγονται δεν θα είναι ακριβώς τα ίδια. Τα RGB και CMYK απλά λένε στις συσκευές πόση χρωστική να χρησιμοποιήσουν. Για να αναπαραχθεί το ίδιο χρώμα πρέπει να αλλαχθούν οι αριθμοί RGB και CMYK που στέλνονται σε κάθε συσκευή.

Τα προβλήματα που προκύπτουν ως επακόλουθο είναι με ποιους τρόπους ένα σύνολο αριθμών RGB θα αντιστοιχηθεί με σύνολο αριθμών CMYK και αν όντως μια συσκευή θα αναπαράγει τελικά το σύνολο αριθμών που της στέλνονται. Με την διαχείριση χρώματος γίνεται δυνατόν να αποδοθεί απόλυτη σημασία στους αριθμούς RGB και CMYK.

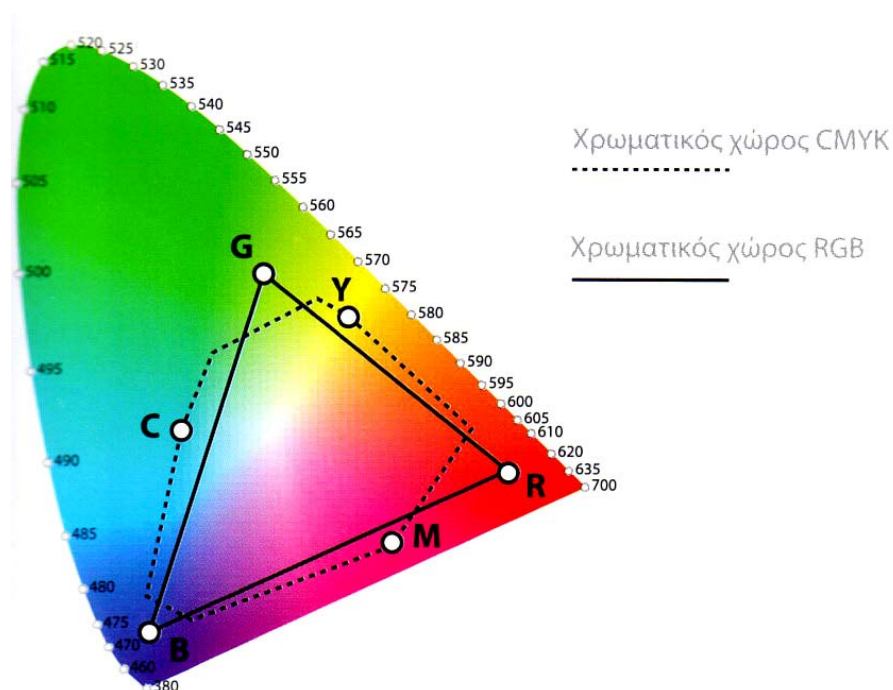


Εικ. 15 Αλλαγή συνόλου αριθμών RGB από συσκευή σε συσκευή για διατήρηση ίδιου χρώματος

2.8 Χρωματικά συστήματα ανεξάρτητα από συσκευές

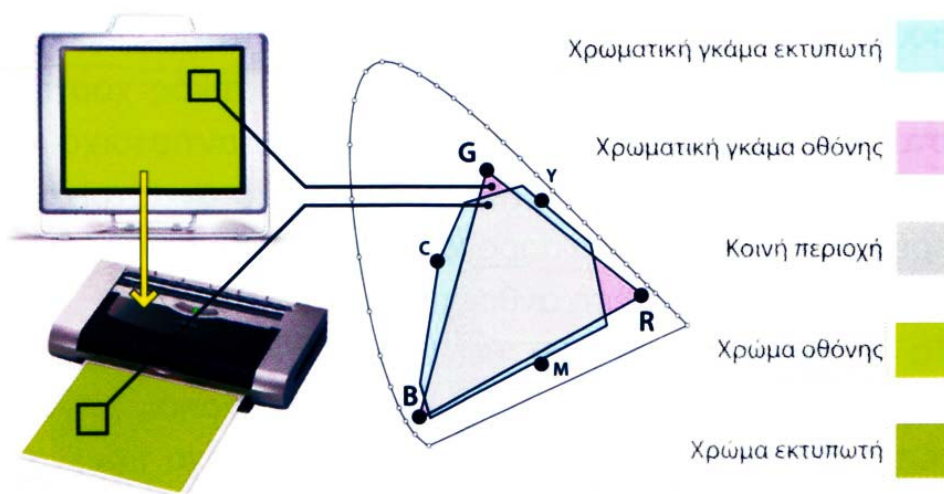
Χρωματικά συστήματα ανεξάρτητα από συσκευές (device-independent color models) ονομάζονται τα μοντέλα του φορέα CIE που προαναφέρθηκε, όπως τα CIE LCh, CIE LUV, CIE LAB, CIE xyY και είναι όλα μαθηματικές παραλλαγές του CIE XYZ. Πρόκειται για αριθμητικά μοντέλα χρώματος που δεν καθορίζονται από συσκευές αλλά χρησιμοποιούν αριθμούς που απεικονίζουν κατευθείαν την ανθρώπινη αντίληψη χρώματος. Το CIE XYZ

είναι το πρώτο χρωματικό σύστημα που φτιάχτηκε από τον φορέα CIE το 1931. Αυτό το μοντέλο ήταν μοναδικό γιατί χαρακτήρισε τα χρώματα με βάση την μέση ανθρώπινη αντίληψη κάτω από διαφορετικές συνθήκες φωτισμού. Το CIE LAB είναι όμως το σύστημα που χρησιμοποιείται περισσότερο πλέον.



Εικ. 16 Χρωματικό σύστημα CIE XYZ και η σχέση του με τους χρωματικούς χώρους CMYK και RGB

Το CIE LAB αποτελεί δύσκολο σύστημα για να γίνει η επεξεργασία μιας εικόνας γι' αυτό και δεν χρησιμοποιείται ως χώρος εργασίας (working space). Όμως το CIE LAB βασίζεται στον τρόπο που αντιλαμβάνεται ο ανθρώπινος εγκέφαλος το χρώμα γι' αυτό και χρησιμοποιείται συχνά ως μεταφραστής χρωμάτων αφού καταλαβαίνει την σχέση μεταξύ αυτού και κάθε χρωματικού συστήματος καθορισμένου από συσκευή.



Εικ. 17 Χρωματικό σύστημα CIE XYZ και η σχέση του με τα καθορισμένα από συσκευές CMYK και RGB



Μέχρι στιγμής έχουν γίνει γνωστά ότι τα RGB και CMYK αποτελούν αόριστους χρωματικούς χώρους για αναπαραγωγή χρώματος και χρειάζονται τα CIE LAB και CIE XYZ ανεξάρτητα χρωματικά μοντέλα για μετάφραση.

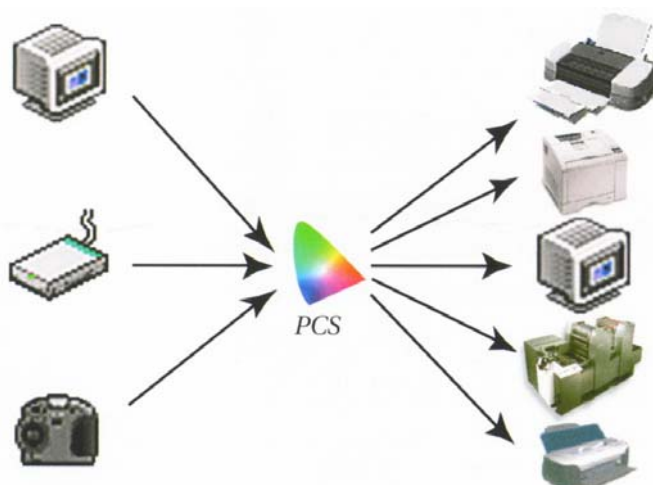
Τα συστήματα διαχείρισης χρώματος (Color Management Systems- CMS) έχουν να διεκπεραιώσουν δυο πολύ σημαντικές εργασίες: να υπολογίσουν ποιο οπτικό αίσθημα αντιπροσωπεύουν οι αριθμοί RGB και CMYK που τους δίνονται καθώς και να το διατηρήσουν αμετάβλητο κατά την μεταφορά του από συσκευή σε συσκευή. Βέβαια οι χρήστες πρέπει πάντα να έχουν ρεαλιστικές απαιτήσεις όσον αφορά την σταθερότητα του χρώματος μεταξύ συσκευών.

Οι λεπτομέρειες για την εφαρμογή της διαχείρισης χρώματος στα διάφορα λογισμικά που κυκλοφορούν είναι αρκετά περίπλοκη καθώς κάθε κατασκευαστής δημιουργεί την δική του επιφάνεια διεπαφής (interface) και ορολογία. Όμως οι βασικές εργασίες των συστημάτων διαχείρισης χρώματος είναι μόνο οι δυο που προαναφέρθηκαν.

3.1 Η γέννηση της διαχείρισης χρώματος

Παλαιότερα η διαχείριση χρώματος δεν ήταν αναγκαία καθότι η ροή εργασίας ήταν μια και μόνο είσοδος με μια και μόνο έξοδο (one-input-one-output workflow). Οι συσκευές που χρησιμοποιούνταν ήταν συγχρονισμένες η μία για την άλλη και κάποιες ανάγκες δεν είχαν δημιουργηθεί ακόμα. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας στην ροή εργασίας μπήκαν και άλλες συσκευές, από διάφορες εταιρείες. Δημιουργήθηκε λοιπόν η ανάγκη για μετατροπή χρώματος από περισσότερες συσκευές εισόδου σε περισσότερες συσκευές εξόδου με πολλούς διαφορετικούς συνδυασμούς.

Η λύση που έδωσε η διαχείριση χρώματος ήταν η χρήση μιας ενδιάμεσης απεικόνισης των χρωμάτων. Ο λεγόμενος συνδετικός χρωματικός χώρος (Profile Connection Space- PCS). Ο ρόλος του συνδετικού χρωματικού χώρου είναι να εξυπηρετεί ως κόμβος για όλες τις μετατροπές μεταξύ συσκευών. Έτσι γίνεται δυνατόν να χρησιμοποιηθεί ένας σύνδεσμος για κάθε συσκευή. Κάθε σύνδεσμος



Εικ. 18 Ο συνδετικός χρωματικός χώρος και οι συσκευές

περιγράφει τον τρόπο αναπαραγωγής της συσκευής. Αυτός ο σύνδεσμος λέγεται αλλιώς προφίλ συσκευής (Device profile).

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι πολλές φορές υπάρχει σύγχυση και πολλοί πιστεύουν ότι αυτό που βλέπουν στην οθόνη είναι και αυτό που θα πάρουν στην εκτύπωση (What You See Is What You Get- WYSIWYG). Αυτό όμως είναι αδύνατον καθώς οι συνθήκες παρατήρησης είναι διαφορετικές στις δυο περιπτώσεις, επομένως το αποτέλεσμα δεν θα είναι ακριβώς το ίδιο. Αυτό που κάνει η διαχείριση χρώματος είναι να γίνεται η αναπαραγωγή χρωμάτων με αμετάβλητο τρόπο και πολύ κοντά στην οπτική αντιστοίχιση τους.

3.2 Τα στοιχεία της διαχείρισης χρώματος

Όλα τα συστήματα διαχείρισης χρώματος που στηρίζονται στην διεθνή κοινοπραξία χρώματος (International Color Consortium- ICC) περιλαμβάνουν:

- ❖ **Συνδετικό χρωματικό χώρο** (Profile Connection Space- PCS): Επιτρέπει να δοθεί σε ένα χρώμα μια συγκεκριμένη αριθμητική τιμή στα συστήματα CIE XYZ ή CIE LAB, η οποία δεν εξαρτάται από χαρακτηριστικά της συσκευής αλλά καθορίζει το χρώμα όπως ο άνθρωπος το βλέπει.

- ❖ **Χρωματικό προφίλ** (Profile): Ένα χρωματικό προφίλ περιγράφει την σχέση μεταξύ των σημάτων ελέγχου RGB και CMYK συσκευών με το χρώμα που πράγματι αντιπροσωπεύουν. Συγκεκριμένα, καθορίζει τις CIE XYZ ή CIE LAB τιμές που αντιστοιχούν σε ένα συγκεκριμένο σύνολο RGB και CMYK αριθμών.

- ❖ **Διαμορφωτή διαχείρισης χρώματος** (Color Management Module- CMM): Συχνά αποκαλείται «μηχανή» (engine) και είναι το κομμάτι εκείνο του λογισμικού που διεκπεραιώνει τους υπολογισμούς για την μετατροπή των RGB και CMYK αριθμών. Ο διαμορφωτής διαχείρισης χρώματος συνεργάζεται με τα δεδομένα χρώματος που περιέχονται στα προφίλ.

- ❖ **Μετατόπιση χρωματικών πληροφοριών** (Rendering color): Η διεθνής κοινοπραξία χρώματος περιλαμβάνει στις προδιαγραφές της, τέσσερις μηχανισμούς για μετατόπιση χρωματικών πληροφοριών που βρίσκονται εκτός της χρωματικής κλίμακας που μπορεί να αναπαράγει μια συσκευή (out-of-gamut)

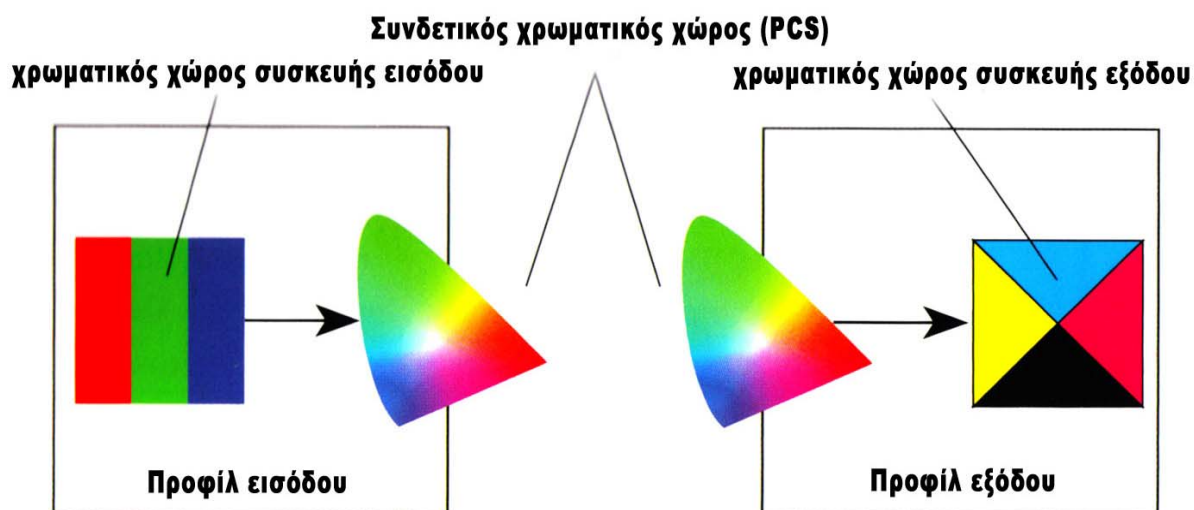
3.2.1 Συνδετικός χρωματικός χώρος (PCS)

Όπως προαναφέρθηκε ο συνδετικός χρωματικός χώρος (PCS) αποτελεί το κριτήριο με το οποίο μετράται και καθορίζεται το χρώμα. Όσα συστήματα διαχείρισης χρώματος στηρίζονται στις προδιαγραφές της ICC χρησιμοποιούν τους δυο διαφορετικούς χώρους, CIE LAB και CIE XYZ. Η διαφορά μεταξύ τους δεν αφορά τον χρήστη στο στάδιο της δημιουργίας ICC χρωματικού προφίλ. Αυτό που ενδιαφέρει είναι ότι κάνει τις μετατροπές χρώματος με βάση την ανθρώπινη όραση.

3.2.2 Χρωματικό προφίλ (Profile)

Τα προφίλ είναι σχετικά εύκολα παρόλο που η μορφή της ανατομίας τους μπορεί να είναι περίπλοκη (θα αναφερθούν αναλυτικότερα στο επόμενο κεφάλαιο). Όσον αφορά την λειτουργία τους, τα προφίλ μπορούν να περιγράψουν την συμπεριφορά μιας συσκευής. Ανεξάρτητα όμως από το τι περιγράφουν, ένα προφίλ είναι στην ουσία ένας «συμβουλευτικός» πίνακας, δηλαδή δεν αλλάζει τον τρόπο που λειτουργεί η συσκευή.

Η μετατροπή χρωμάτων χρειάζεται πάντα δυο χρωματικά προφίλ, ένα προέλευσης (source) και ένα προορισμού (destination). Το χρωματικό προφίλ προέλευσης λέει στο σύστημα διαχείρισης χρώματος τα χρώματα που περιέχει ένα αρχείο και το χρωματικό προφίλ προορισμού λέει στο σύστημα διαχείρισης χρώματος ποιο νέο σύνολο σημάτων ελέγχου χρειάζεται για την αναπαραγωγή αυτών των χρωμάτων στην συσκευή προορισμού.



Εικ. 19 Χρωματικά προφίλ και σχέση με τον συνδετικό χρωματικό χώρο

3.2.3 Διαμορφωτής διαχείρισης χρώματος (CMM)

Ο διαμορφωτής διαχείρισης χρώματος (CMM) είναι η «μηχανή» (engine) του λογισμικού που κάνει τους υπολογισμούς για την μετατροπή των RGB και CMYK αριθμών χρησιμοποιώντας τα χρωματικά δεδομένα των χρωματικών προφίλ. Το χρωματικό προφίλ δεν περιέχει κάθε πιθανό συνδυασμό RGB και CMYK συνόλου αριθμών με τον συνδετικό χρωματικό χώρο (PCS). Σε μια τέτοια περίπτωση τα χρωματικά προφίλ θα ήταν μεγαλύτερα από 1GB. Έτσι ο διαμορφωτής διαχείρισης χρώματος (CMM) υπολογίζει τις ενδιάμεσες τιμές.

Ο διαμορφωτής διαχείρισης χρώματος (CMM) παρέχει την μέθοδο με την οποία τα συστήματα διαχείρισης χρώματος θα μετατρέψουν τις τιμές από τους χρωματικούς χώρους προέλευσης στον συνδετικό χρωματικό χώρο (PCS) και από τον συνδετικό χρωματικό χώρο (PCS) στο χρωματικό χώρο κάθε προορισμού.

Ο διαμορφωτής διαχείρισης χρώματος ενεργεί στο παρασκήνιο. Η μόνη περίπτωση που θα ασχοληθεί κανείς άμεσα με αυτόν είναι να έχει φορτώσει στο σύστημα πολλούς διαμορφωτές διαχείρισης χρώματος από διάφορες πηγές. Σε αυτή την περίπτωση είναι χρήσιμο να γνωρίζει κανείς ποιος χρησιμοποιείται για κάποια λειτουργία γιατί παρόλο που οι διαμορφωτές διαχείρισης χρώματος είναι σύμμορφοι με τα ICC πρότυπα και είναι σχεδιασμένοι να είναι δια-λειτουργικοί και εναλλάξιμοι, όμως διαφέρουν στην ακρίβεια και στους υπολογισμούς για την προσαρμογή του λευκού σημείου και στις μαθηματικές τεχνικές για βελτίωση της φαινομενικής ανάλυσης εικόνας (interpolation), καθώς και στο ότι μερικά χρωματικά προφίλ περιλαμβάνουν «κρυφές» λεπτομέρειες προσαρμοσμένες για συγκεκριμένους διαμορφωτές διαχείρισης χρώματος (CMM). Συνήθως οι διαφορές στην ακρίβεια τείνουν να είναι ανεπαίσθητες και καθορισμένες από τα χρωματικά προφίλ. Αν παρόλα αυτά είναι εγκατεστημένοι πολλοί διαμορφωτές διαχείρισης χρώματος και τα αποτελέσματα είναι περίεργα, τότε καλό είναι να δοκιμαστεί η χρήση κάποιου άλλου.

Οι διαμορφωτές διαχείρισης χρώματος (CMM) που χρησιμοποιούνται εξ ορισμού από τα λειτουργικά συστήματα των “Windows” και “Macintosh” έχουν κατασκευαστεί από την εταιρεία Heidelberg και προτίθενται να λειτουργούν το ίδιο και στα δυο λειτουργικά. Συγκεκριμένα στα “Windows XP” χρησιμοποιείται το “Color Engine ICM 2.0”. Υπάρχουν και λογισμικά που χρησιμοποιούν δική τους «μηχανή» όπως το “Photoshop” που περιέχει το Adobe ACE που λειτουργεί εξ ορισμού σε όλες τις εφαρμογές της Adobe και που προσφάτως έγινε ανοιχτού κώδικα (open source) ώστε να χρησιμοποιείται και από λογισμικά που δεν έχουν δική τους «μηχανή».

3.2.4 Μετατόπιση χρωματικών πληροφοριών (Rendering color)

Κάθε συσκευή έχει συγκεκριμένη γκάμα χρωμάτων που μπορεί να αναπαράγει όπως αυτή υπαγορεύεται από τους νόμους της φυσικής. Η γκάμα των χρωμάτων που μπορεί μια συσκευή να αναπαράγει λέγεται χρωματική κλίμακα της συσκευής (Color gamut). Χρώματα που υπάρχουν στο χρωματικό προφίλ προέλευσης αλλά δεν μπορούν να παραχθούν από το χρωματικό προφίλ προορισμού, λέγονται εκτός χρωματικής κλίμακας χρώματα (out-of-gamut). Αφού δεν γίνεται αναπαραγωγή αυτών των χρωμάτων, τότε αυτά πρέπει να αντικαθιστούν με κάποια άλλα χρώματα. Οι τεχνικές μετατόπισης χρωματικών πληροφοριών καθορίζουν με ποια χρώματα θα αντικαθιστούν τα εκτός χρωματικής κλίμακας χρώματα ώστε να εξομαλυνθούν οι χρωματικές διαφορές.

Οι προδιαγραφές των ICC χρωματικών προφίλ δίνουν τέσσερις τεχνικές μετατόπισης χρωματικών πληροφοριών: αντιληπτική (perceptual), κορεσμού (saturation), σχετική χρωματομετρική (relative colorimetric), απόλυτα χρωματομετρική (absolute colorimetric).

Η **αντιληπτική (perceptual)** μετατόπιση χρωματικών πληροφοριών στηρίζεται στις ιδιότητες της οπτικής αντίληψης των χρωμάτων και αλλάζει τα χρώματα του χρωματικού προφίλ προέλευσης ώστε να είναι εντός του χρωματικού προφίλ προορισμού προσπαθώντας να διατηρήσει την γενική χρωματική εμφάνιση. Αυτό επειδή τα μάτια είναι περισσότερο ευαίσθητα στις σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ χρωμάτων παρά σε απόλυτες τιμές. Είναι κατάλληλη τεχνική για εικόνες που έχουν πολλά χρώματα εκτός χρωματικής κλίμακας.

Η μετατόπιση χρωματικών πληροφοριών **κορεσμού (saturation)** παράγει χρώματα ζωντανά, χωρίς όμως να εστιάζει στην ακρίβεια των αναπαραγόμενων χρωμάτων. Αντιστοιχεί κορεσμένα χρώματα του χρωματικού προφίλ προέλευσης με παραπλήσια κορεσμένα χρώματα της συσκευής προορισμού. Βρίσκει εφαρμογή κυρίως σε γραφήματα και χάρτες αλλά δεν είναι κατάλληλο για αναπαραγωγή έγχρωμων εικόνων.

Η **σχετική χρωματομετρική (relative colorimetric)** μετατόπιση χρωματικών πληροφοριών στηρίζεται στο γεγονός ότι τα μάτια προσαρμόζονται πάντα στο λευκό του μέσου (medium) που βλέπουν. Ταυτίζει το λευκό του χρωματικού προφίλ προέλευσης με το λευκό προορισμού έτσι ώστε το λευκό της συσκευής να είναι το λευκό του υποστρώματος. Αναπαράγει κανονικά τα χρώματα που είναι εντός της χρωματικής κλίμακας της συσκευής (Color gamut) και αντικαθιστά τα εκτός χρωματικής κλίμακας χρώματα με την πλησιέστερα αναπαραγόμενη απόχρωση. Είναι ιδιαίτερα κατάλληλο για συσκευές που έχουν παρόμοιες χρωματικές κλίμακες.

Η **απόλυτα χρωματομετρική (absolute colorimetric)** μετατόπιση χρωματικών πληροφοριών είναι παρόμοια με την σχετική χρωματομετρική με

την διαφορά ότι το λευκό προορισμού ταυτίζεται με το λευκό του χρωματικού προφίλ προέλευσης και όλες οι ρυθμίσεις στηρίζονται σε αυτό το λευκό σημείο (white point). Αυτή η τεχνική χρησιμοποιείται για παραγωγή δοκιμίων (proof) παρά για περιγραφή συσκευής εξόδου.



Αντιληπτική (Perceptual)



Σχετική χρωματομετρική (Relative colorimetric)



Κορεσμού (saturation)



Απόλυτα χρωματομετρική (Absolute colorimetric)

Εικ. 20 Τεχνικές μετατόπισης χρωματικών πληροφοριών (Color Rendering)

3.3 Η διαχείριση χρώματος στην πράξη

Στην πράξη λοιπόν τα συστήματα διαχείρισης χρώματος κάνουν όπως προαναφέρθηκε δυο πράγματα. Προσδίδουν καθορισμένη χρωματική έννοια στους RGB και CMYK αριθμούς και τους αλλάζουν ώστε να αναπαράγουν αμετάβλητα χρώματα καθώς και να μεταφέρουν χρωματικές πληροφορίες από συσκευή σε συσκευή σωστά. Το πρώτο γίνεται ορίζοντας ή ενσωματώνοντας ένα χρωματικό προφίλ στο αρχείο. Ενώ το δεύτερο δίνοντας εντολή στο σύστημα διαχείρισης χρώματος να κάνει τις μετατροπές από το ορισμένο ή ενσωματωμένο χρωματικό προφίλ προέλευσης σε επιλεγμένο χρωματικό προφίλ συσκευής εξόδου.

Τα περισσότερα λογισμικά δίνουν την δυνατότητα να οριστεί ή να ενσωματωθεί κάποιο χρωματικό προφίλ στα αρχεία που δημιουργούν είτε από τις επιλογές τους είτε κατά την αποθήκευση. Να σημειωθεί ότι τα ορισμένα ή ενσωματωμένα προφίλ (embedded profiles) δεν αλλάζουν τους RGB και CMYK αριθμούς αλλά θέτουν μια καθορισμένη ερμηνεία για αυτούς.

Ενώ η διαχείριση χρώματος είναι απλή υπόθεση, η αναπαραγωγή χρώματος δεν είναι. Οι διάφορες συσκευές που χρησιμοποιούνται υπόκεινται σε πληθώρα παραγόντων που επηρεάζουν την συμπεριφορά τους. Τα συστήματα διαχείρισης χρώματος δεν γνωρίζουν για την συμπεριφορά των συσκευών που καθοδηγούν παρά μόνο τις πληροφορίες που δίνονται από τα χρωματικά προφίλ. Είναι σημαντικό επομένως τα χρωματικά προφίλ να είναι ακριβή.

Οι διαδικασίες της διαχείρισης χρώματος (Color Management) και των ICC χρωματικών προφίλ (ICC profiles) είναι σχεδόν συνυφασμένες. Όταν αναφέρεται ο όρος διαχείριση χρώματος συνήθως αναφέρεται στην διαχείριση χρώματος με χρήση ICC χρωματικών προφίλ και με αυτό κυρίως πραγματοποιείται η πειραματική διαδικασία της πτυχιακής εργασίας.

Τα ICC χρωματικά προφίλ εισάχθηκαν από την Διεθνή Κοινοπραξία Χρώματος (International Color Consortium ή εν συντομία ICC) που δημιουργήθηκε από κατασκευαστές εξοπλισμού που ασχολούνται με την αναπαραγωγή χρώματος με τον ένα ή το άλλο τρόπο (όπως για παράδειγμα η Apple, Kodak, Adobe, Fuju, κ.α.). Σκοπός αυτού του οργανισμού, ήταν η δημιουργία προτύπων (standards) ώστε να υπάρχουν τα ίδια χρωματικά αποτελέσματα από κάθε περιφερειακή συσκευή ενός συστήματος. Η κοινοπραξία δημιουργήθηκε το 1993 και παρέχει τεχνογνωσία και επιστημονική κάλυψη για την δημιουργία ICC χρωματικών προφίλ.

4.1 Τα χρωματικά προφίλ συσκευών

Ένα χρωματικό προφίλ είναι απλά ένα αρχείο που συσχετίζει τις τιμές χρώματος μιας συσκευής με αντίστοιχες τιμές χρώματος ανεξάρτητες από συσκευές, που απεικονίζουν το χρώμα όπως το βλέπει ο άνθρωπος. Οι τιμές των συσκευών εκφράζονται ως σήματα ελέγχου RGB και CMYK τα οποία στέλνονται στις συσκευές για να αναπαράγουν χρώμα. Οι αντίστοιχες τιμές χρώματος της συσκευής εκφράζονται στον συνδετικό χρωματικό χώρο (PCS), ο οποίος είναι CIE XYZ ή CIE LAB.

Το χρωματικό προφίλ της συσκευής περιλαμβάνει πληροφορίες για τις τρεις βασικές μεταβλητές που περιγράφουν την συμπεριφορά της συσκευής:

- ✿ Την χρωματική κλίμακα (Color gamut) δηλαδή το χρώμα και την φωτεινότητα βασικών χρωστικών (colorants ή αλλιώς primaries)

- ☛ Το δυναμικό εύρος (Dynamic range) δηλαδή το χρώμα και την φωτεινότητα του μαύρου σημείου και του λευκού σημείου (white point and black point)
- ☛ Τα χαρακτηριστικά τονικής αναπαραγωγής των βασικών χρωστικών

Μερικά χρωματικά προφίλ μπορεί να περιέχουν και επιπρόσθετες πληροφορίες όπως τρόπους για την διαχείριση χρωμάτων εκτός χρωματικής κλίμακας, λεπτομέρειες για την τονική αναπαραγωγή ή «κρυφές» πληροφορίες προσαρμοσμένες για συγκεκριμένους διαμορφωτές διαχείρισης χρώματος (CMM).

Σε κάθε περίπτωση στέλνονται στις συσκευές αρχεία που περιέχουν γνωστές τιμές RGB ή CMYK οι οποίες και μετρώνται. Αυτά τα αρχεία μπορεί είτε να προβληθούν είτε να τυπωθούν, είναι δηλαδή συμβατά στην οθόνη αλλά και στην συσκευή προορισμού. Ονομάζονται χρωματικοί πίνακες (color targets ή testcharts) ενώ οι τετράγωνα συνήθως περιοχές με τα γνωστά χρώματα λέγονται χρωματιστά τετράγωνα (color patches ή απλά patches).



Εικ. 21 Χρωματικός πίνακας "EIC2002target"

Οι χρωματικοί πίνακες κατασκευάζονται συνήθως από τις εταιρείες που παράγουν τα λογισμικά, σύμφωνα με κάποια πρότυπα και αποτελούν την μεγαλύτερη διαφορά μεταξύ των πακέτων λογισμικού δημιουργίας χρωματικών προφίλ των διάφορων εταιρειών. Τα περισσότερα πακέτα λογισμικού είναι συμβατά με τον χρωματικό πίνακα "IT8.7/3CMYK". Τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται και ο χρωματικός πίνακας "EIC2002target" που έχει δημιουργηθεί από την Ευρωπαϊκή Πρωτοβουλία Χρώματος (European Color Initiative- ECI) και ο οποίος περιλαμβάνει όλα τα χρωματιστά τετράγωνα (color patches) του "IT8.7/3CMYK" συν μερικά χρωματιστά τετράγωνα ώστε να αποδοθεί μια πιο ενιαία συμπεριφορά συσκευής. Η ECI ιδρύθηκε το 1996 στο Αμβούργο από μια ομάδα ειδικών που δούλευαν με δεδομένα χρώματος ανεξάρτητων από συσκευές.

Η βασική διαφορά μεταξύ των πακέτων λογισμικού είναι ο αριθμός των χρωματιστών τετράγωνων που πρέπει να μετρηθούν. Τα λογισμικά μπορεί να απαιτούν από 200 μέχρι μερικές χιλιάδες χρωματιστά τετράγωνα για να δώσουν αποτελέσματα. Δεν ισχύει όμως ότι όσα περισσότερα χρωματιστά τετράγωνα μετρούνται, τόσο καλύτερο θα είναι το χρωματικό προφίλ στο τέλος. Ένας γενικός κανόνας είναι ότι όσο περισσότερο διαμερισμένες είναι οι αποχρώσεις της συσκευής και όσο πιο κοντά βρίσκεται στην ισορροπία των γκρι, τόσο λιγότερα χρωματιστά τετράγωνα χρειάζεται να μετρηθούν.

Εν κατακλείδι, το χρωματικό προφίλ εξαρτάται από το είδος-χρώμα του υποστρώματος, την ανάλυση και τα μελάνια που χρησιμοποιούνται. Κάθε χρωματικό προφίλ που δημιουργείται σε ένα μηχάνημα ισχύει για συγκεκριμένο συνδυασμό των προηγούμενων παραμέτρων, των οποίων οι πληροφορίες πρέπει να περιλαμβάνονται στο αρχείο του χρωματικού προφίλ ώστε να γνωρίζει ο χειριστής τι θα επιλέξει κάθε φορά. Για κάθε λοιπόν, υπόστρωμα χρειάζεται διαφορετική βαθμονόμηση άρα και νέο ICC χρωματικό προφίλ.

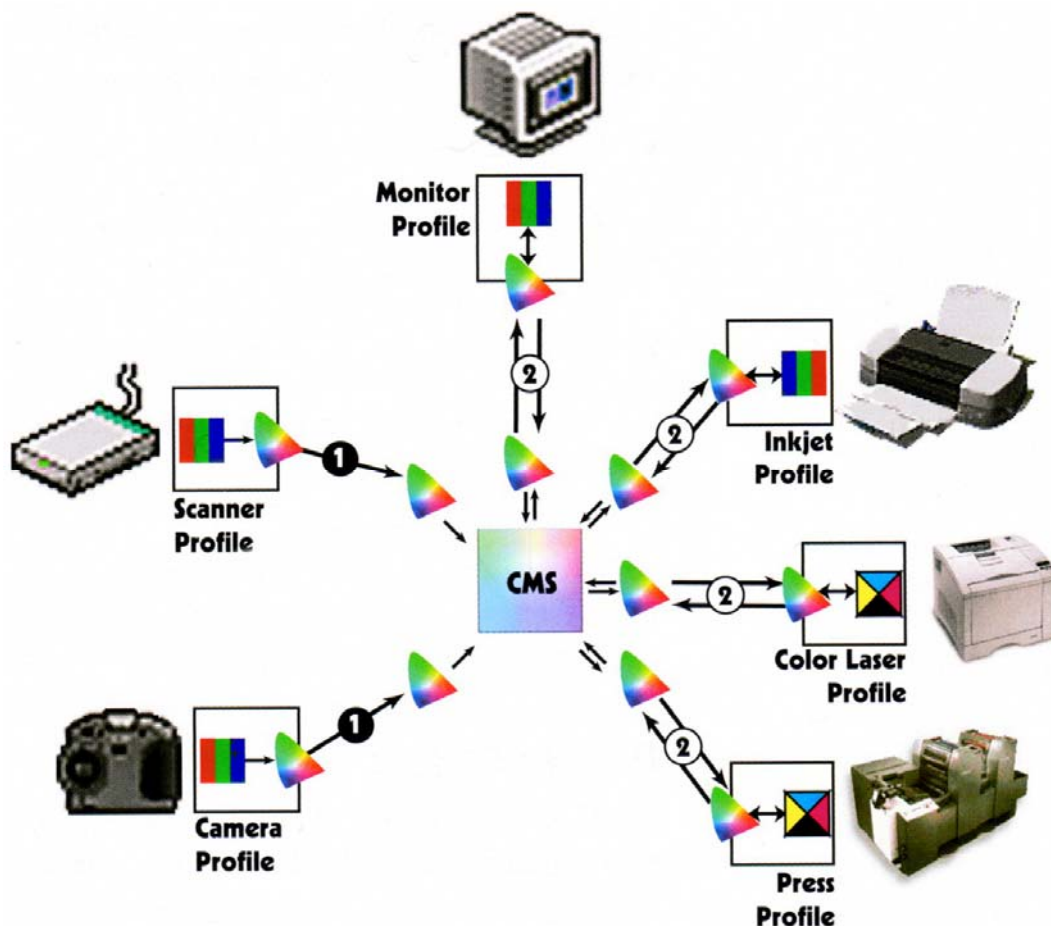
4.2 Κατηγορίες χρωματικών προφίλ

Οι κατηγορίες που χωρίζονται τα χρωματικά προφίλ είναι ανάλογα την συσκευή που περιγράφουν: χρωματικά προφίλ εισαγωγής (input profiles), χρωματικά προφίλ προβολής (display profiles) και χρωματικά προφίλ εξόδου (output profiles).

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι όροι χρωματικό προφίλ εισαγωγής (input profile) με χρωματικό προφίλ προέλευσης (source profile) και χρωματικό προφίλ εξόδου (output profile) με χρωματικό προφίλ προορισμού (destination) είναι διαφορετικοί. Οι όροι χρωματικό προφίλ προέλευσης και χρωματικό προφίλ προορισμού αναφέρονται στους προσωρινούς ρόλους που αναλαμβάνουν δυο χρωματικά προφίλ την στιγμή που γίνεται η μετατροπή ώστε το σύστημα διαχείρισης χρώματος (CMS) να γνωρίζει από πού «προέρχονται» τα χρώματα και που τελικά «πηγαίνουν». Δηλαδή, ένα προφίλ από μόνο του δεν μπορεί να κάνει τίποτα, ακόμα και αν είναι ενσωματωμένο σε αρχείο (embedded profile).

Ένας παράγοντας που διαφοροποιεί τις τρεις κατηγορίες των χρωματικών προφίλ είναι το αν είναι μονής κατεύθυνσης (one-way) ή διπλής κατεύθυνσης (two-way), δηλαδή το αν επιτρέπουν στο σύστημα διαχείρισης χρώματος να μετατρέπει από τον χρωματικό χώρο συσκευής στον συνδετικό χρωματικό χώρο (PCS) και από τον συνδετικό χρωματικό χώρο (PCS) σε χρωματικό χώρο συσκευής. Τα χρωματικά προφίλ εισαγωγής είναι μονής κατεύθυνσης γιατί λένε στο σύστημα διαχείρισης χρώματος ποια χρώματα αντιπροσωπεύουν οι τιμές της συσκευής. Τα χρωματικά προφίλ προβολής και

τα χρωματικά προφίλ εξόδου είναι διπλής κατεύθυνσης ώστε το σύστημα διαχείρισης χρώματος να στέλνει τις σωστές τιμές για αναπαραγωγή στις συσκευές αλλά και να μετατρέπει σωστά τις τιμές χρώματος μεταξύ των συσκευών.



Εικ. 22 Χρωματικά προφίλ μονής και διπλής κατεύθυνσης

4.3 ICC χρωματικά προφίλ μήτρας και πίνακα

Τα ICC χρωματικά προφίλ μπορεί να είναι βασισμένα σε μήτρα (Matrix-based) ή βασισμένα σε πίνακα αναφοράς (Lookup table-based ή αλλιώς LUT-based). Και οι δυο τύποι περιλαμβάνουν το λευκό σημείο της συσκευής αλλά διαφοροποιούνται στον τρόπο της τονικής αναπαραγωγής. Για αυτό ορισμένα χρωματικά προφίλ είναι μεγαλύτερα σε μέγεθος και για αυτό μερικά απλά δίνουν τα ίδια αποτελέσματα ανεξάρτητα από το τι μετατόπιση χρωματικών πληροφοριών θα χρησιμοποιηθεί.

Ο πιο απλός τρόπος για να αποθηκευτεί μια μετατροπή από τρι-κάναλο χρωματικό χώρο σε άλλο, όπως από RGB σε XYZ, είναι με το μαθηματικό μοντέλο γνωστό ως 3X3 μήτρα (3X3 matrix). Μια 3X3 μήτρα είναι ένα σύνολο

από εννιά αριθμούς που μπορούν να μετατρέψουν ένα σετ τριών αριθμών σε ένα άλλο. Στα ICC χρωματικά προφίλ οι 3X3 μήτρες αποτελούνται από τιμές XYZ για καθεμιά από τις βασικές χρωστικές της συσκευής. Επίσης τα ICC χρωματικά προφίλ συμπεριλαμβάνουν ένα ή παραπάνω σύνολα αριθμών για τον καθορισμό της τονικής καμπύλης (tone curve) κάθε βασικής χρωστικής. Οι τιμές των συσκευών διέρχονται από την τονική καμπύλη πριν μετατραπούν χρησιμοποιώντας την 3X3 μήτρα. Τα ICC χρωματικά προφίλ βασισμένα σε μήτρα (Matrix-based) χρησιμοποιούν πάντα ως συνδετικό χρωματικό χώρο (PCS) το CIE XYZ και χρησιμοποιούνται κυρίως σε οθόνες και σαρωτές.

Ο άλλος τρόπος είναι να αποθηκευτούν οι πληροφορίες της μετατροπής σε πίνακα αναφοράς (Lookup table- LUT) δηλαδή ένα πίνακα αριθμών που επιτρέπει να βρίσκεται η αντίστοιχη τιμή εξόδου για κάθε τιμή εισόδου. Τα εκάστοτε λογισμικά για την δημιουργία ICC χρωματικού προφίλ αποφασίζουν το πλήθος των χρωματιστών τετράγωνων στον πίνακα καθώς από αυτά μειώνεται η ταχύτητα λειτουργίας και αυξάνεται το μέγεθος του ICC χρωματικού προφίλ. Τα ICC χρωματικά προφίλ βασισμένα σε πίνακα αναφοράς (Lookup table- LUT) χρησιμοποιούν πάντα ως συνδετικό χρωματικό χώρο (PCS) το CIE LAB και χρησιμοποιούνται κυρίως σε εκτυπωτές.

4.4 Λειτουργία χρωματικών προφίλ

Ένας τρόπος για κατανόηση της διαδικασίας δημιουργίας χρωματικών προφίλ είναι από την σκοπιά δράσης-αντίδρασης. Οι δημιουργοί χρωματικών προφίλ (profile makers) στέλνουν ένα ερέθισμα-δράση (stimulus) στην συσκευή, παίρνουν μια αντίδραση (response) και μετά συγκρίνουν και συσχετίζουν την δράση με την αντίδραση. Δηλαδή κεντρίζουν την συσκευή με γνωστές τιμές RGB και CMYK και μετράνε τι παράγει η συσκευή.

Για παράδειγμα, στην περίπτωση μιας συσκευής προβολής, ο δημιουργός χρωματικού προφίλ στέλνει ερέθισμα με γνωστές τιμές RGB και μετρά τα χρώματα που αυτές οι τιμές RGB κάνουν την οθόνη να εκπέμψει. Οι μετρήσεις γίνονται με όργανο μέτρησης ικανό να λάβει μετρήσεις σε τιμές συνδετικού χρωματικού χώρου (XYZ ή LAB). Ύστερα το ανάλογο λογισμικό συγκρίνει τις τιμές και δημιουργεί χρωματικό προφίλ στο οποίο συσχετίζονται οι τιμές RGB με τις αντίστοιχες του συνδετικού χρωματικού χώρου (PCS). Οπότε το χρωματικό προφίλ μπορεί να πει στο σύστημα διαχείρισης χρώματος ποιο χρώμα θα δώσει πραγματικά ένα σύνολο αριθμών RGB και στον διαμορφωτή διαχείρισης χρώματος (CMM) ποιες τιμές RGB χρειάζονται για την προβολή ενός συγκεκριμένου χρώματος.

4.5 Περιορισμοί χρωματικών προφίλ

Υπάρχουν τρεις περιορισμοί στην διαδικασία δημιουργίας χρωματικών προφίλ. Ο πρώτος είναι ότι ο δημιουργός χρωματικού προφίλ (profile maker) δεν μπορεί να «καλύψει» όλους τους πιθανούς συνδυασμούς σύνθετων χρωμάτων μια συσκευής. Αυτό θα σήμαινε ότι θα έπρεπε να μετρήσει έναν χρωματικό πίνακα με πάνω από εκατό εκατομμύρια χρωματιστά τετράγωνα. Επομένως οι μαθηματικές τεχνικές για βελτίωση της φαινομενικής ανάλυσης εικόνας και του χρώματος (interpolation) είναι αναπόφευκτες. Γι' αυτό και είναι αναγκαίοι οι διαμορφωτές διαχείρισης χρώματος (CMM) και έτσι εξηγείται γιατί κάποιες μετατροπές είναι πιο αργές από άλλες.

Ο δεύτερος είναι ότι είναι ότι τα χρωματικά προφίλ δεν μπορούν να κάνουν τις συσκευές να αναπαράγουν χρώματα που δεν μπορούν. Αν για παράδειγμα ένας εκτυπωτής δεν μπορεί να αναπαράγει ένα συγκεκριμένο κόκκινο χρώμα, το χρωματικό προφίλ δεν θα τον κάνει να το αναπαράγει. Το χρωματικό προφίλ όπως έχει αναφερθεί περιγράφει την συσκευή, δεν μπορεί να μεγαλώσει την χρωματική της κλίμακα.

Ο τρίτος είναι ότι τα χρωματικά προφίλ είναι τόσο ακριβή όσο είναι οι μετρήσεις στις οποίες στηρίζονται. Τα χρωματικά προφίλ αποτελούν περιγραφή της συμπεριφοράς της συσκευής την στιγμή που έγιναν οι μετρήσεις. Οι συσκευές τείνουν να φθίνουν με τον καιρό για αυτό και είναι σημαντική η βαθμονόμηση τους πριν την δημιουργία του προφίλ αλλά και ανά ορισμένες χρονικές περιόδους ώστε να βεβαιωθεί ότι θα διατηρηθεί η λειτουργία τους στα ίδια επίπεδα. Επιπλέον, πρέπει να γίνεται σωστή συλλογή των μετρήσεων και υπό συνθήκες όσο το δυνατόν κοντά σε αυτές που προορίζονται τα αντίτυπα της εκτύπωσης.



Δημιουργία ICC χρωματικού προφίλ σε αυτοκόλλητο πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)



Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλυθεί η πειραματική διαδικασία για την δημιουργία του ICC χρωματικού προφίλ και θα εξεταστούν τα χαρακτηριστικά του εκτυπωτή, του υποστρώματος και των λογισμικών RIP και δημιουργίας ICC χρωματικού προφίλ.

5.1 Ψηφιακός εκτυπωτής

Ο εκτυπωτής στον οποίον έγιναν τα πειράματα για την δημιουργία του ICC χρωματικού προφίλ ήταν ο εκτυπωτής έγχυσης SaturnJet (ST II-1806) της Κορεάτικής εταιρείας DGI με μελάνια χαμηλής πτητικότητας (light solvent) και πιεζο-ηλεκτρικές κατ' εντολή κεφαλές εκτύπωσης (piezoelectric Drop-On-Demand inkjet print head) τύπου KM512M της εταιρείας Konica Minolta.

Πριν αναλυθούν οι προδιαγραφές των άνωθεν ας αναφερθεί συνοπτικά τι υπάρχει στις τεχνολογίες ψηφιακής εκτύπωσης.

Οι μέθοδοι ψηφιακής εκτύπωσης (άνευ εκτυπωτού) είναι:

- ⊕ ηλεκτροστατική εκτύπωση (electrostatic),
- ⊕ εκτύπωση έγχυσης (inkjet),
- ⊕ θερμικής μεταφοράς (thermal transfer).

Στη μέθοδο έγχυσης (inkjet) υπάρχουν τα είδη κεφαλών εκτύπωσης:

- ⊕ Συνεχούς ροής (Continuous),
- ⊕ Κατ' εντολή (Drop On Demand – DOD)

Ενώ στις κεφαλές κατ' εντολή (DOD) ανήκουν:

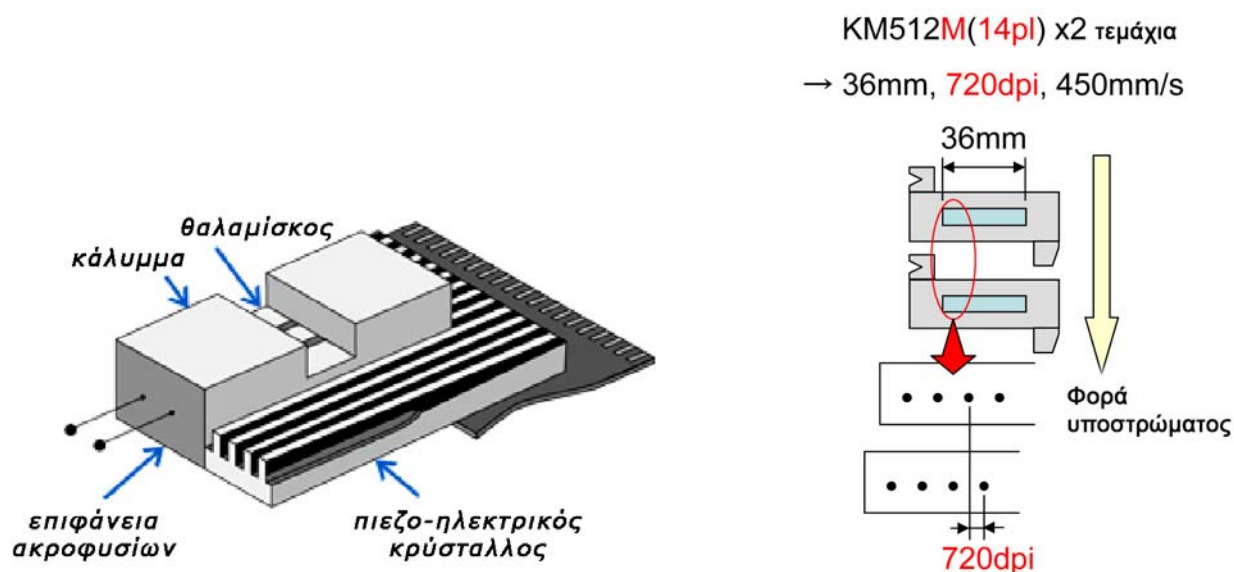
- ⊕ Θερμικές κεφαλές (thermal DOD) οι οποίες χρησιμοποιούνται κατά κόρον στους επιτραπέζιους εκτυπωτές,
- ⊕ Πιεζο-ηλεκτρικές κεφαλές (piezo DOD)

Σε αυτό το πείραμα ενδιαφέρουν οι ψηφιακοί εκτυπωτές έγχυσης με πιεζο-ηλεκτρικές κεφαλές. Ανεξάρτητα την εταιρεία κατασκευής και τον τύπο κεφαλών, υπάρχουν σε αυτού του είδους τους εκτυπωτές που είναι καθολικές δηλαδή γίνονται σε όλους.

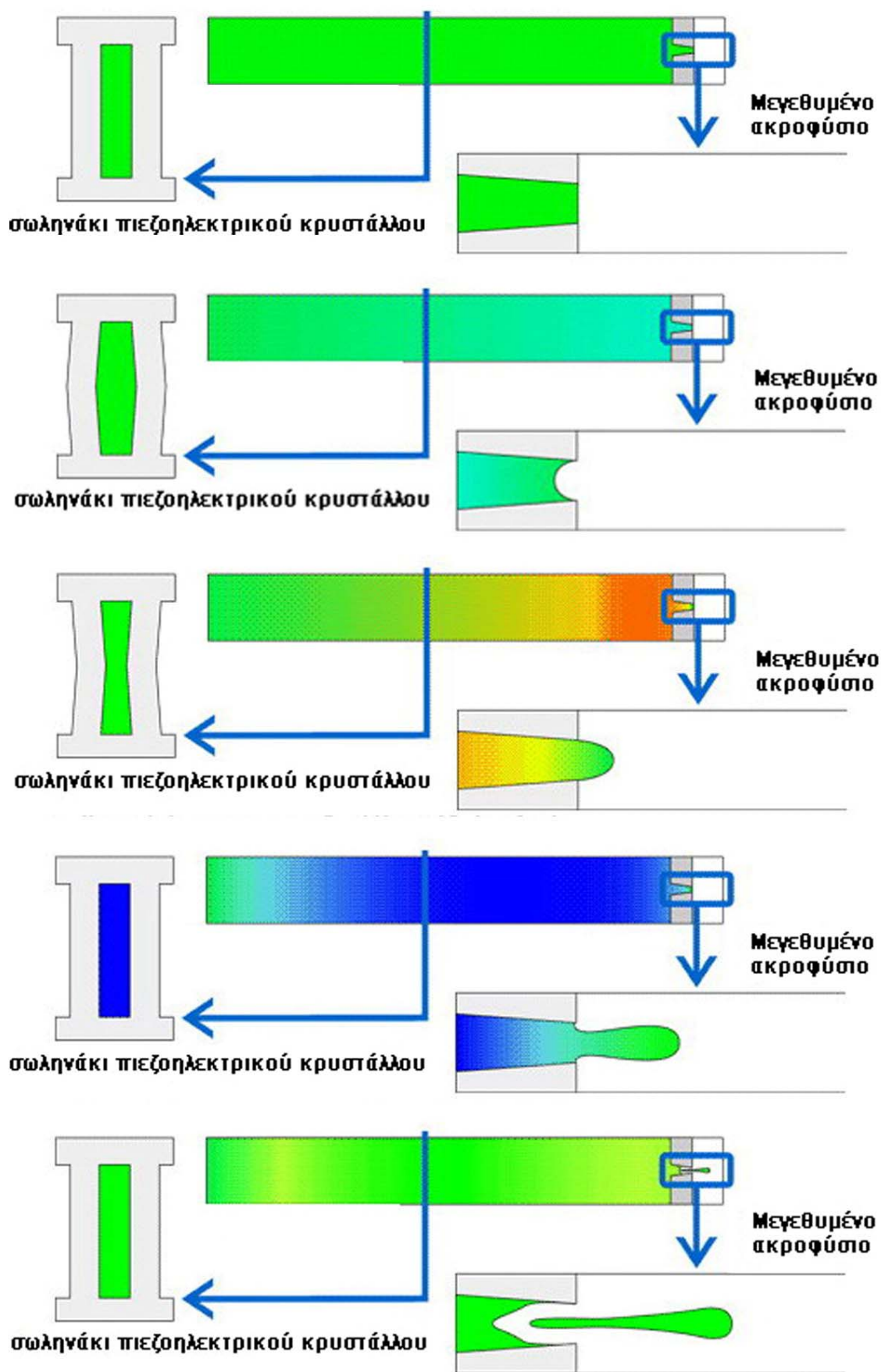
Οι πιεζοηλεκτρικές κεφαλές χρησιμοποιούνται σε εκτυπωτές παραγωγής (όχι γραφείου) και λειτουργούν ως εξής: Το μελάνι βρίσκεται σε σωληνίσκο όπου υπάρχει πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος, με την μετάδοση ελάχιστου ηλεκτρικού ρεύματος, ο κρύσταλλος φουσκώνει με αποτέλεσμα να πιέζει τον σωληνίσκο, ο οποίος με την σειρά του πιέζει το μελάνι προς το ακροφύσιο (nozzle) της κεφαλής. Όταν ο σωληνίσκος επιστρέφει στην αρχική του κατάσταση, ταυτόχρονα ξαναγεμίζει με μελάνι για τον επόμενο ψεκασμό. Οι σωληνίσκοι βρίσκονται σε τέτοια διάταξη μεταξύ τους ώστε να έχουν την μικρότερη κατανάλωση ενέργειας και ο αριθμός τους να δίνει τη μεγαλύτερη δυνατή ανάλυση.

Η διαμόρφωση μεγέθους κουκίδας των κεφαλών κατ' εντολή (DOD) επιτρέπει την εκτύπωση υψηλής ποιότητας εικόνων. Όλη η διαδικασία στηρίζεται σε εξελιγμένα λογισμικά ηλεκτρονικών υπολογιστών και ηλεκτρονικών κυκλωμάτων, τα οποία μπορούν να επιτύχουν επακριβώς το μέγεθός και την θέση της κουκίδας ψεκασμού. Η κουκίδα όμως επηρεάζεται επίσης σημαντικά και από τις διαφορετικές ιδιότητες των μελανιών.

Ο εκτυπωτής που χρησιμοποιήθηκε έχει κεφαλές Konica Minolta τύπου KM512M στις οποίες υπάρχει πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος δεξιά και αριστερά του σωληνίσκου. Γι' αυτό και η ρύθμιση της τάσης γίνεται σε δυο σημεία. Σε αντίθεση για παράδειγμα, με τις κεφαλές XAAR που έχουν πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο στην μια πλευρά. Οι πιο γνωστές εταιρείες κατασκευής πιεζο-ηλεκτρικών κεφαλών αυτή τη στιγμή στην αγορά, που χρησιμοποιούνται περισσότερο από τους κατασκευαστές ψηφιακών εκτυπωτών είναι η Konica Minolta, η XAAR, η Spectra, η Epson, η Toshiba Tec και η Fujifilm Dimatix. Συνήθως το όνομα της κεφαλής καθορίζεται από το όνομα της εταιρείας που την παράγει.



Εικ. 23 Σχηματικά διαγράμματα πιεζοηλεκτρικής κεφαλής



Εικ. 24 Δημιουργία κουκίδας έγχυσης

Τεχνολογία λειτουργίας	πιεζο-ηλεκτρική κατ' εντολή κεφαλή (piezo DOD)
Ανάλυση ακροφυσίων	180 dpi × 2 σειρές = 360 dpi
Αριθμός ακροφυσίων	256 ακροφύσια × 2 σειρές = 512
Απόσταση από ακροφύσιο σε ακροφύσιο	70.5 μm = (141 μm 2 σειρές) [1 μm = 1×10 ⁻⁶ m]
Ποσότητα ψεκασμού	14 pl [1 pl = 10 ⁻¹² litre]
Συχνότητα ψεκασμού (Firing Frequency)	12.8 kHz
Πλάτος εκτύπωσης	36.1 mm
Διαστάσεις	67mmW × 40mmD × 72mmH (πλάτος × πάχος × ύψος)
Solvent Μελάνια	Ναι
Υπεριώδη μελάνια	Ναι
Μελάνια λαδιού	Ναι
Μέγιστοι ψεκασμοί σε γκρι τονική σκάλα (Max. drops in grayscale)	3 ψεκασμοί

Τα μελάνια ψηφιακής εκτύπωσης έγχυσης (inkjet) που υπάρχουν στην αγορά είναι τα εξής ανάλογα με το υπόστρωμα:

Για χαρτιά, πλαστικά, κτλ:

- ☉ Υπεριώδη μελάνια (UV) τα οποία πολυμερίζονται μόνο με υπεριώδη ακτινοβολία
- ☉ Solvent μελάνια με διαλύτες (Volatile Organic Compounds- VOC δηλαδή οργανικές ενώσεις),
- ☉ Eco-solvent μελάνια που είναι μίξεις διαλυτών και λαδιού
- ☉ *Mild/light solvent* τα οποία έχουν την ίδια περίπου σύσταση με τα solvent αλλά περιέχουν ελαφρά πιο ήπιους διαλύτες,
- ☉ Μελάνια νερού για επιχρισμένα υποστρώματα σε δυο τύπους: α. με διαλύτες χρωστικές (dye stuff) και β. με pigments
- ☉ Μελάνια λαδιού (oil) για επιχρισμένα υποστρώματα.

Για υφάσματα:

- ⊕ Όξινα μελάνια (acid) για εκτύπωση σε ζωικές ίνες (π.χ. μετάξι),
- ⊕ Reactive μελάνια για εκτύπωση σε φυτικές ίνες (π.χ. λινά),
- ⊕ Pigments μελάνια για βαμβακερά, πολυεστερικά, μίξεις των προηγούμενων, βισκόζη και μετάξι,
- ⊕ Μελάνια διασποράς (dispersed dye) για πολυεστερικά.

Το μελάνι που θα χρησιμοποιηθεί, επιλέγεται ανάλογα το είδος των κεφαλών, του υποστρώματος και της εφαρμογής.

Στην αγορά υπάρχουν χύμα μελάνια σε μπουκάλια για γέμισμα μελάνης και «κασέτες» μελανιών (cartridge). Κάθε μηχανήμα ανάλογα με την επιλογή του κατασκευαστή του, υποστηρίζει το ένα ή το άλλο ή και τα δυο. Οι κασέτες είναι δύσκολο συνήθως να τοποθετηθούν και περιέχουν μικρή ποσότητα μελανιών της τάξης των 200-440 ml.

Το SaturnJet χρησιμοποιεί μόνο χύμα μελάνια χαμηλής πτητικότητας διαλύτη (light solvent) σε υγρά μορφή με διεσπαρμένες χρωστικές. Εδώ χρησιμοποιήθηκαν τα μελάνια K500 της εταιρείας DGI που κατασκευάζει και τον εκτυπωτή, τα οποία έχουν μελετηθεί ώστε να βρεθεί η κατάλληλη τάση κεφαλών για την καλύτερη ροή τους άρα και απόδοση τους.

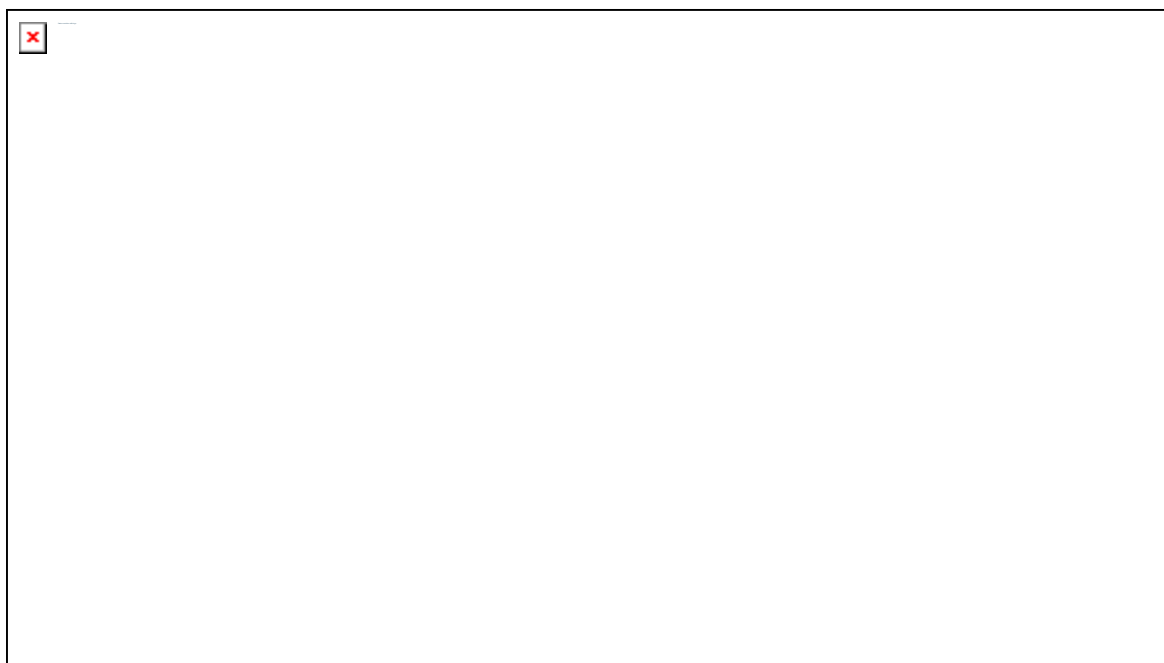
Οι οργανικοί διαλύτες solvent έχουν χαρακτηριστεί ως επιβλαβής για τον άνθρωπο και για αυτό είναι αναγκαία η εγκατάσταση συστήματος εξαέρωσης-ανακύκλωσης αέρα στους χώρους που χρησιμοποιούνται. Ένα ακόμα μειονέκτημα τους είναι ότι χρειάζεται ειδική διαχείριση των αποβλήτων solvent (waste solvent) που έχουν χρησιμοποιηθεί στην εκτύπωση. Όμως έχουν το πλεονέκτημα ότι είναι συγκριτικά φθηνά και επιτρέπουν ποιοτική εκτύπωση πάνω σε υποστρώματα βινυλίου που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη αυτοκινήτων, φωτεινών πινακίδων και σημαιών (banners). Αυτό που γίνεται με τα μελάνια solvent είναι ότι διαλύουν ελαφρώς την επιφάνεια του υποστρώματος, ώστε να εισχωρήσει μέσα το μελάνι και με την θερμοκρασία στις πλάκες μετακίνησης του υποστρώματος, εξατμίζεται ο διαλύτης με αποτέλεσμα να στεγνώνει και να σταθεροποιείται το χρώμα. Κάτι που αποτελεί τον λόγο της υψηλής ανθεκτικότητας και διάρκειας των μελανιών αυτών, ειδικά σε εξωτερικούς χώρους.

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ SaturnJet (ST II-1806)

Τεχνολογία εκτύπωσης	Κατ' εντολή πιεζοηλεκτρική (Piezo DOD)
Κεφαλές εκτύπωσης	Konica KM512 MN
Αριθμός κεφαλών	6 κεφαλές CMYKLCm (μια κεφαλή ανά χρώμα)
Μέγιστη ανάλυση	720 x 1440 dpi
Ταχύτητα εκτύπωσης	Γρήγορη 30-35 m ² /h
	Παραγωγική 13-17 m ² /h
	Ποιοτική 6-10 m ² /h
Τρόπος εκτύπωσης	Μιας κατεύθυνσης (Uni-Direction) ή διπλής κατευθύνσεως (Bi-Direction)
CPU	32 BIT RISC
Μνήμη	256 MB
Γλώσσα εντολών	SP-RTL, HP-RTL Emulation
Interface	TCP/IP
Είδος μελανιού	Χαμηλής πτητικότητας μελάνια light solvent
Διαστάσεις	3.030 x 955 x 1.235 mm
Βάρος	395 kg
Μέγιστο πλάτος εκτύπωσης	1,810mm
Μέγιστο πλάτος υποστρώματος	1,830 mm
Ηλεκτρική τάση	Μονοφασικό 220 V +/- 10% (50/60Hz, AC)
Μέσο εκτύπωσης	Ρολό & Φύλλο
Είδος υποστρώματος	Αυτοκόλλητο πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC), φωτογραφικό χαρτί, χαρτί, μουσαμάς, σημαιόπανο, κ.α.
Είδος μοτέρ	Ac Servo Motor για την Βάση μετακίνησης κεφαλών (Carriage) και το Σύστημα προώθησης υποστρώματος (Feed)
Άλλα χαρακτηριστικά	Αυτόματο σύστημα θέρμανσης και ανεμιστήρες στεγνώματος
	Αυτόματο σύστημα τροφοδοσίας υποστρώματος
	Αυτόματο σύστημα καθαρισμού κεφαλών
	Αυτόματο σύστημα προστασίας κεφαλών
	Σύστημα επανετύλιξης ρολού (αυτόματο και χειροκίνητο)
	Αυτόματο σύστημα τροφοδοσίας μελανιού

Οι συνδυασμοί ανάλυσης (Resolution) που μπορεί να εκτυπώσει το μηχάνημα είναι οι εξής: 360 x 360 dpi (Normal 2 pass), 360 x 720 dpi (Normal 2 pass), 360 x 1440 dpi (Normal 4 pass), 720 x 360 dpi (Normal 2 pass), 720 x 720 dpi (Quality 4 pass), 720 x 1440 dpi (Quality 8 pass), 720 x 360 dpi (Fine 2 pass), 720 x 720 dpi (Fine 4 pass), 720 x 1440 dpi (Fine 8 pass).

Το μηχάνημα έχει 6 κεφαλές από τις οποίες οι 4 είναι τετραχρωμίας CMYK, όμως υπάρχουν και 2 κεφαλές Lc και Lm δηλαδή ανοιχτό κυανό = Light cyan (Lc) και ανοιχτό πορφυρό = Light magenta (Lm). Πρόκειται για τις ίδιες χρωστικές με τα magenta και cyan της τετραχρωμίας αλλά σε αναλογία χρωστικής/διαλύτη 1:4 δηλαδή περισσότερο αραιωμένες. Αυτό που θα πρέπει να σημειωθεί εδώ είναι ότι δεν πρόκειται για μηχάνημα εξαχρωμίας (τύπου CMYK-Orange-Green που επεκτείνει την χρωματική κλίμακα της μηχανής με αποτέλεσμα περισσότερες αποχρώσεις) αλλά τετραχρωμίας που χρησιμοποιεί επιπροσθέτως Lc και Lm στους ανοιχτούς τόνους. Γιατί χρειάζονται τα Lc και Lm όμως; Όταν τυπώνονται ανοικτοί τόνοι αυτό που συμβαίνει είναι ότι τυπώνεται μικρός αριθμός κουκίδων ανά στοιχειώδη επιφάνεια. Αυτό όμως έχει ως αποτέλεσμα οι κουκίδες να είναι σε μεγάλη απόσταση μεταξύ τους και να φαίνονται άσχημα οπτικά. Χρησιμοποιώντας Lc και Lm ψεκάζονται επιπλέον κουκίδες ανά στοιχειώδη επιφάνεια (μεγαλύτερη ανάλυση) έχοντας έτσι καλύτερες οπτικές διαβαθμίσεις στα ανοιχτά χρώματα. Αυτό εξαρτάται από την τεχνολογία κατασκευής της κεφαλής εκτύπωσης, δηλαδή αν θα ψεκάζουν προκαθορισμένο μέγεθος κουκίδων (fixed dots) ή μεταβλητές κουκίδες (variable dots). Οι κεφαλές Konica Minolta 512M ψεκάζουν με προκαθορισμένο μέγεθος κουκίδας.



Εικ. 25 Ψηφιακός εκτυπωτής Saturn Jet

Η φόρτωση του υλικού στον εκτυπωτή έχει μεγάλη σημασία καθώς επηρεάζεται η σύμπτωση και η ποιότητα εκτύπωσης. Ο εκτυπωτής όπου έγινε η διαδικασία διαθέτει μαγνητικούς οδηγούς για σταθερή κατεύθυνση προώθησης του ρόλου οι οποίοι παίζουν μεγάλη σημασία στον αν θα δημιουργηθεί πάτημα στα περάσματα της εκτύπωσης.

Στο καλό στέγνωμα και σταθεροποίηση του μελανιού πάνω στο υπόστρωμα βοηθούν οι θερμαινόμενες πλάκες στηρίξεως του υποστρώματος και τα ανεμιστηράκια στεγνώματος του εκτυπωτή. Στο συγκεκριμένο εκτυπωτή υπάρχουν τρεις πλάκες και λειτουργούν ως εξής. Η πίσω πλάκα (rear platen ή αλλιώς pre-heater) η οποία είναι καμπυλωτή και προθερμαίνει το υπόστρωμα για να εισχωρήσει και να συγκρατηθεί η κουκίδα έγχυσης. Η μεσαία πλάκα (center platen ή αλλιώς heater) η οποία είναι ευθύγραμμη, είναι αυτή από όπου περνά η βάση μετακίνησης κεφαλών για την εκτύπωση και βοηθά στην συγκράτηση της κουκίδας και στο στεγνώματός της. Και η μπροστά πλάκα (front platen ή αλλιώς post-heater) η οποία είναι καμπυλωτή και χρειάζεται για γρηγορότερο στέγνωμα σε μηχανήματα που τυπώνουν με μεγάλες ταχύτητες.

5.2 Υπόστρωμα

Στην αγορά υπάρχει για κάθε χρήση, μεγάλη ποικιλία αυτοκόλλητων πολυβινυλοχλωριδίου (self-adhesive polyvinyl chloride ή self-adhesive PVC ή απλά τα λεγόμενα βινύλια αυτοκόλλητα). Υπάρχουν αυτοκόλλητα πολυβινυλοχλωριδίου για εσωτερικούς ή εξωτερικούς χώρους, κολλητικότητα μόνιμη ή αφαιρούμενη, διαφανής ή γκρι ή μπλε κόλλας ανάλογα με την εφαρμογή, γυαλιστερής ή ματ επιφάνειας είτε διαφανής, διαφορετικών φυσικοχημικών ιδιοτήτων και διάρκειας από 2 έως 11 χρόνια.

Στην εφαρμογή χρησιμοποιήθηκε ρολό αυτοκόλλητο πολυβινυλοχλωριδίου (PVC) τύπου Orajet 3164 G010 της εταιρείας Orafol σε πλάτος 1,37m, με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

Επιφάνεια φιλμ PVC	Λευκό γυαλιστερό
Προστατευτικό της αυτοκόλλητης επιφάνειας	Σιλικονούχο επιχρισμένο χαρτί, 135 g/m ²
Κόλλα	Μόνιμη, διαφανής, πολυακρυλική κόλλα
Χρήση	Σε εξωτερικούς χώρους
Εκτυπωτική μέθοδος	Ψηφιακή εκτύπωση έγχυσης με μελάνια βάσης solvent
Πάχος	100 μικρά (χωρίς το προστατευτικό και την κόλλα)
Σταθερότητα διαστάσεων (FINAT TM 14)	Με την προσκόλληση του σε ατσάλι, δεν γίνεται συρρίκνωση εγκάρσιως, γίνεται κατά μήκος μέχρι 0.4 mm το μέγιστο
Αντοχή στην θερμοκρασία	Με την προσκόλληση του σε αλουμίνιο δεν έχει μεταβολές μεταξύ θερμοκρασιών -40°C έως +80°C
Αντοχή στο νερό	Με την προσκόλληση του σε αλουμίνιο δεν έχει μεταβολές μετά από 48 ώρες στους 23°C
Συμπεριφορά στη φωτιά	Με την προσκόλληση του σε ατσάλι, δεν είναι εύφλεκτο
Κολλητική ισχύς κατά μέσο όρο (FINAT TM 1, μετά 24h, stainless steel)	16 N/25 mm
Αντοχή τάνυσης	Κατά μήκος: ελάχ. 19 MPa Κατά πλάτος: ελάχ. 19 MPa
Επιμήκυνση στο σημείο θραύσης	Κατά μήκος: ελάχ. 130% Κατά πλάτος: ελάχ. 150%
Χρόνος αποθήκευσης	2 χρόνια (στην αρχική του συσκευασία, στους 20°C και 50% σχετική υγρασία)

Αφού το υπόστρωμα εκτυπωθεί, το μελάνι θα πρέπει να στεγνώσει πλήρως ώστε να μην απλώσει σε περίπτωση που πλαστικοποιηθεί στο επόμενο στάδιο. Οι επιφάνειες στις οποίες θα προσκολληθεί το υπόστρωμα, θα πρέπει να είναι καθαρές από σκόνη, λάδι ή άλλο συστατικό που μπορεί να επηρεάσει την πρόσφυση της κόλλας. Φρεσκοβαμμένες επιφάνειες ή περασμένες με λάκκες, θα πρέπει να στεγνώσουν για τουλάχιστον τρεις εβδομάδες. Η συμβατότητα των λάκκων και των μπογιών με την κόλλα θα πρέπει να ελεγχτεί από τον χρήστη, πριν την εφαρμογή του υποστρώματος.

Οι τεχνικοί έλεγχοι του υποστρώματος έχουν πραγματοποιηθεί σύμφωνα με τις οδηγίες του οργανισμού *Fédération Internationale des fabricants et transformateurs d'Adhésifs et Thermocollants sur papiers et autres supports (FINAT)*, που σε ελεύθερη μετάφραση είναι ο Διεθνής οργανισμός κατασκευαστών και επεξεργαστών αυτοκόλλητων και θερμοσυγκολλητικών ουσιών σε χαρτιά και άλλα υποστρώματα.

Σχεδόν κάθε υπόστρωμα είναι επεξεργασμένο με την μέθοδο επεξεργασίας Corona (Corona treatment). Είναι μια διαδικασία που βελτιώνει τα συνδετικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας ώστε να είναι περισσότερο δεκτική στα μελάνια, στις επιστρώσεις, στα βερνίκια και στις κόλλες. Ειδικά τα πλαστικά υποστρώματα που χρησιμοποιούνται στην ψηφιακή εκτύπωση πρέπει να είναι επεξεργασμένα με Corona treatment γιατί η επιφάνεια τους γίνεται πιο λεία και αποφορτίζεται από τον στατικό ηλεκτρισμό ώστε η κουκίδα που ψεκάζεται να μένει ακριβώς στην θέση που πέφτει. Αντίθετα, σε μια τραχιά επιφάνεια η κουκίδα μπορεί να γλιστρήσει και να ενοποιηθεί με κάποια διπλανή.

5.3 Φασματοφωτόμετρο και λογισμικό χρωματικού προφίλ

Το φασματοφωτόμετρο (spectrophotometer) που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή την εφαρμογή είναι το Eye One Pro της εταιρείας GretagMacbeth και έρχεται μαζί με το πακέτο λογισμικού “Profile Maker Pro 5.0.1” για δημιουργία ICC χρωματικού προφίλ και άλλων εφαρμογών.

Το φασματοφωτόμετρο που χρησιμοποιήθηκε είναι χειρός και γενικά χρησιμοποιούνται συχνά στις γραφικές τέχνες μετρητές χειρός καθώς διευκολύνουν κατά την διάρκεια των εκτυπωτικών διαδικασιών. Είναι βολικά στην μέτρηση ορισμένων περιοχών (spot) χρωμάτων όμως όχι για την μέτρηση πολλών χιλιάδων χρωματικών πινάκων. Μερικά φασματοφωτόμετρα είναι αντανakλαστικά και απορροφητικά με αποτέλεσμα να μπορούν να μετρήσουν και οθόνες και υποστρώματα όπως το Eye One Pro που χρησιμοποιήθηκε εδώ. Τα φασματοφωτόμετρα της GretagMacbeth χρησιμοποιούν στροβοσκοπική λυχνία ξένου (pulsed xenon flash) το οποίο έχει υψηλή ένταση και μικρή διάρκεια με αποτέλεσμα να μην επηρεάζει σημαντικά τις θερμο-χρωματικές ιδιότητες του δείγματος. Φωτίζει το δείγμα ομοιόμορφα και είναι πιο δραστικό από τους λαμπτήρες τόξου με αλογόνο (tungsten halogen lamp), με αποτέλεσμα να δίνει σωστότερες μετρήσεις ειδικά στα σκούρα χρώματα. Η στροβοσκοπική λυχνία ξένου εκπέμπει φως παρόμοιο με το φως της ημέρας που είναι πολύ σημαντικό για τον συσχετισμό των χρωμάτων.

Επιπρόσθετα το Eye One Pro δίνει την μοναδική δυνατότητα μέτρησης χρωματικών πινάκων με σάρωση γραμμών από κατάλληλα σχεδιασμένα χρωματιστά τετράγωνα (color patches) μετακινώντας από πάνω το όργανο μέτρησης. Το λογισμικό Profile Maker Pro 5.0.1 μπορεί επίσης να παράγει νέους χρωματικούς πίνακες μετρήσεων αλλά δίνει την δυνατότητα ελέγχου μόνο του αριθμού των χρωματιστών τετράγωνων και όχι του περιεχομένου τους. Δεν έχει φίλτρα υπεριώδους ακτινοβολίας αλλά έχει επιλογή στο λογισμικό για ανίχνευση και αντιστάθμιση των φωσφοριζόντων ουσιών λεύκανσης (brighteners).



Εικ. 26 Τρόπος μέτρησης με το Eye One Pro

Το Profile Maker Pro 5.0.1 αποτελεί πακέτο λογισμικού και περιλαμβάνει τις εξής εφαρμογές:

- ❖ Το Profile Maker για την δημιουργία των ICC χρωματικών προφίλ
- ❖ Το Measure Tool για την δημιουργία, βελτιστοποίηση, μέτρηση χρωματικών πινάκων καθώς και την σύγκριση των τιμών μετρήσεων
- ❖ Το Color Picker για μέτρηση και μετατροπή ορισμένων περιοχών (spot) χρωμάτων.
- ❖ Το Profile Editor για επεξεργασία, συντονισμό χρωματικών προφίλ καθώς και για επαναφορά ICC χρωματικών προφίλ.

Είναι διαθέσιμο για έξι ενότητες: για οθόνη (βαθμονόμηση και περιγραφή), για ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές (περιγραφή), για σαρωτή (περιγραφή με αδιαφανής και διαφανής χρωματικούς πίνακες), για εκτυπωτή (περιγραφή RGB και CMYK εκτυπωτών), για πολυκάναλη συσκευή δηλαδή που τυπώνει με περισσότερα χρώματα από τα τέσσερα της τετραχρωμίας και τα οποία επίσης καθορίζουν την χρωματική κλίμακα της συσκευής όπως εξάχρωμοι εκτυπωτές [MultiColor] (περιγραφή συσκευών εξόδου που έχουν μέχρι 10 κανάλια) και για συσκευή συνδέσμου [DeviceLink] (συγχώνευση δυο χρωματικών προφίλ προέλευσης και προορισμού σε μια συσκευή ICC χρωματικών προφίλ).

5.4 Βαθμονόμηση και ICC χρωματικό προφίλ οθόνης

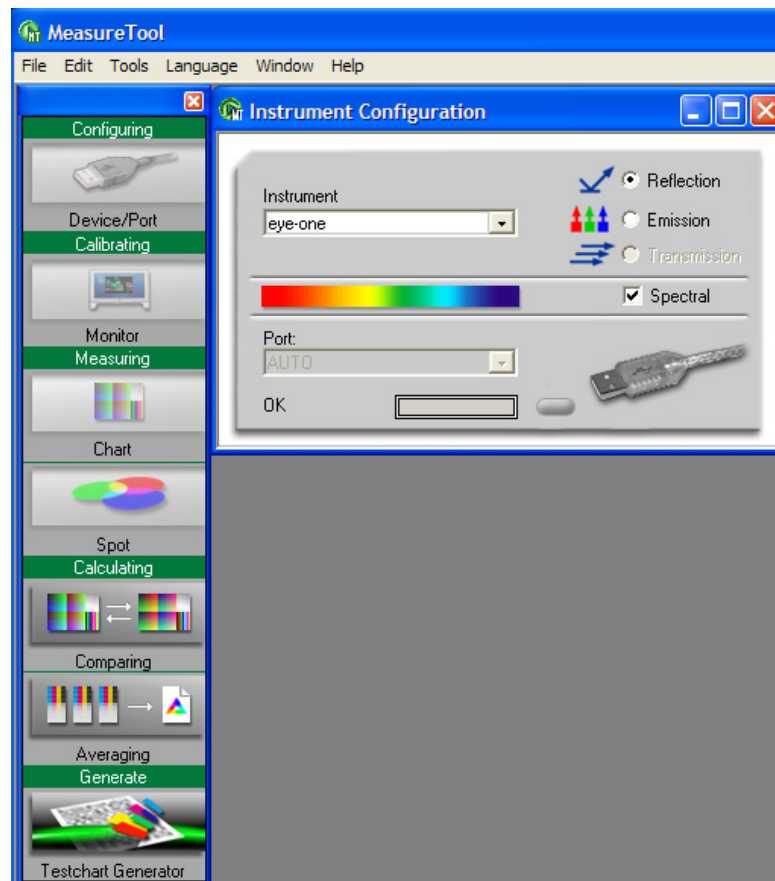
Πρώτο βήμα στην διαχείριση χρώματος (color management) αποτελεί η επιλογή χρωματικού χώρου εργασίας (working color space) δηλαδή ο χρωματικός χώρος όπου γίνεται η επεξεργασία των εικόνων (image processing). Είναι καλό ο χώρος που θα χρησιμοποιηθεί να είναι αρκετά μεγάλος για αυτό και προτείνεται ο Adobe RGB (1998). Στα περισσότερα εκτυπωτικά εργαστήρια όμως δεν γίνεται επεξεργασία αρχείων αλλά έρχονται έτοιμα από ατελιέ και διαφημιστικές εταιρείες. Ζητείται λοιπόν να υπάρχουν ενσωματωμένα χρωματικά προφίλ (embedded profile) από αυτόν που «συλλαμβάνει» το αρχείο ώστε να υπάρχουν διαθέσιμες οι χρωματικές του πληροφορίες. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει ενσωματωμένο χρωματικό προφίλ χρησιμοποιείται το χρωματικό προφίλ της οθόνης προβολής. Έτσι και σ' αυτή την πειραματική διαδικασία, χρησιμοποιήθηκαν έτοιμες εικόνες μεγάλης ανάλυσης κατάλληλες για εκτύπωση από τρίτους. Οπότε πρώτο βήμα είναι η βαθμονόμηση της οθόνης και η δημιουργία του αντίστοιχου ICC χρωματικού προφίλ, ώστε να μην χρησιμοποιείται απλώς το γενικό προφίλ που είναι προεπιλεγμένο από το λειτουργικό των Windows. Υπάρχουν δυο τρόποι για την βαθμονόμηση: α. με ενσωματωμένο σύστημα βαθμονόμησης, β. με χρήση συσκευής μέτρησης και συνοδευτικού λογισμικού. Ο τελευταίος τρόπος είναι ο πιο ακριβής και αυτός που ακολουθήθηκε σ' αυτήν την διαδικασία.

Πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν ότι στην αγορά υπάρχουν όπως έχει αναφερθεί, δυο διαφορετικής τεχνολογίας οθόνες. Οι οθόνες καθοδικού σωλήνα (CRT) και οι οθόνες υγρού κρυστάλλου (LCD), καθεμιά από τις οποίες χρειάζεται διαφορετικές τιμές κατά την βαθμονόμηση. Λόγω της κατασκευής και του τρόπου λειτουργίας τους οι CRT χρειάζονται ξανά βαθμονόμηση δυο φορές τον μήνα σε αντίθεση με τις LCD που απορυθμίζονται περίπου μια φορά το μήνα. Επιπλέον πριν ξεκινήσει η βαθμονόμηση, οι οθόνες CRT πρέπει να μείνουν μια ώρα ανοιγμένες ώστε να έχουν χρόνο να σταθεροποιηθούν.

Η οθόνη που χρησιμοποιήθηκε ήταν το μοντέλο 447ZiPlus τεχνολογίας καθοδικού σωλήνα (CRT) της εταιρείας Nokia. Το μενού αυτής της οθόνης επιτρέπει ρύθμιση θερμοκρασίας χρώματος (color temperature), λαμπρότητας (brightness), αντίθεσης (contrast), και εκπομπών RGB της οθόνης (RGB colorants). Η βαθμονόμηση γίνεται μέσω του φασματοφωτομέτρου και το λογισμικό.

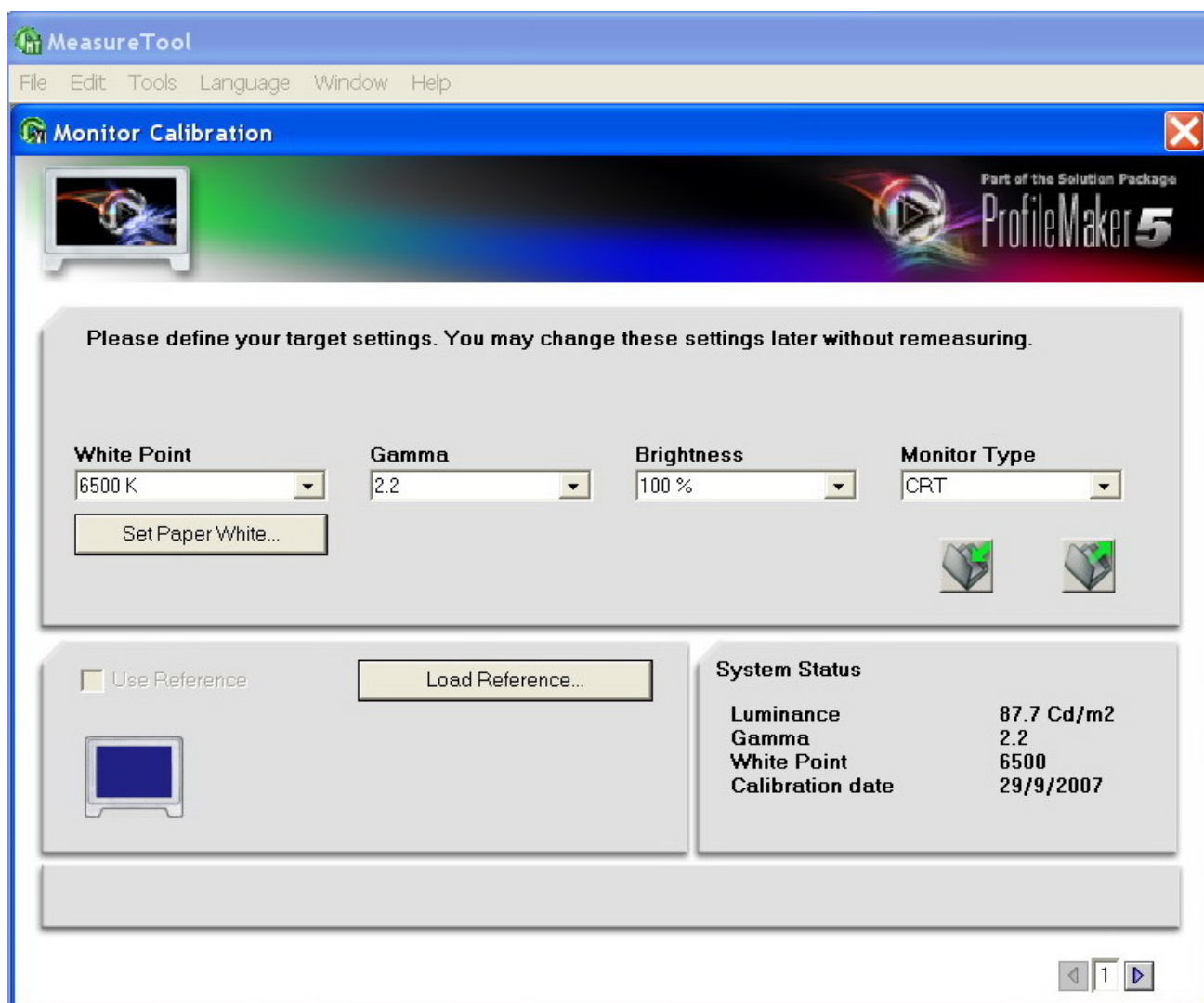
Διαδικασία βαθμονόμησης της οθόνης:

- ❖ 1 Εκκίνηση του λογισμικού “Measure tool” της GretagMacBeth έχοντας συνδέσει πρώτα το φασματοφωτόμετρο Eye One Pro στον υπολογιστή μέσω USB θύρας.
- ❖ 2 Ρύθμιση σύνδεσης του φασματοφωτομέτρου με τον υπολογιστή, από το μενού “Configuring”. Γίνεται επιλογή του οργάνου μέτρησης [Instrument] και του τρόπου λειτουργίας που ρυθμίστηκε δια αντανάκλασης [Reflection].



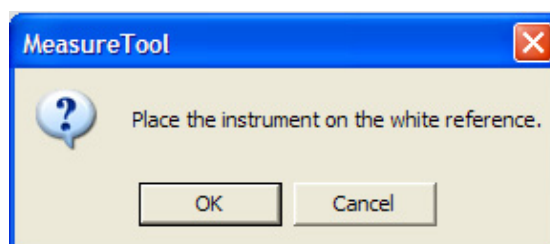
Εικ. 27 Βαθμονόμησης της οθόνης βήμα #2

- ❖ 3. Έναρξη της βαθμονόμησης από το μενού “Calibrating”, οπότε και εμφανίζεται η πρώτη οθόνη με ρυθμίσεις που πρέπει να γίνουν ανάλογα την οθόνη. Ρυθμίζεται η θερμοκρασία χρώματος δηλαδή το λευκό σημείο στους 6500K [White point] δηλαδή στο φως της ημέρας, η σχετική λαμπρότητα [Gamma] που για PC χρησιμοποιείται 2.2 ενώ για Mac 1.8, η φωτεινότητα [Brightness] στο 100% και ο τύπος της οθόνης που βαθμονομείται [Monitor type > CRT].



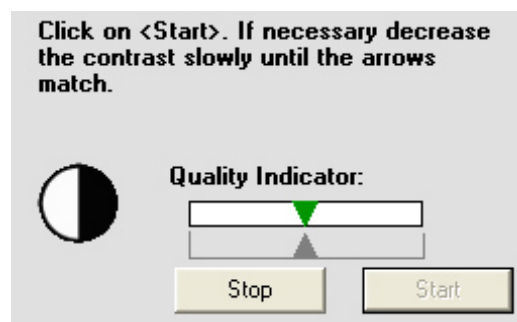
Εικ. 28 Βαθμονόμησης της οθόνης βήμα #3

4. Στο επόμενο βήμα ζητείται από το λογισμικό να γίνει βαθμονόμηση του φασματοφωτομέτρου. Η διαδικασία αυτή γίνεται αυτόματα από το λογισμικό της συσκευής τοποθετώντας την στη βάση της.



Εικ. 29 Βαθμονόμησης της οθόνης βήμα #4

5. Το φασματοφωτόμετρο τοποθετείται στην οθόνη με βοήθημα στήριξης όπως φαίνεται στις παρακάτω φωτογραφίες ώστε να κάνει τις αναγκαίες μετρήσεις. Οι πρώτες μετρήσεις αφορούν την αντίθεση (contrast) της οθόνης. Στο παράθυρο υπάρχει «χάρακας» υπόδειξης ποιότητας

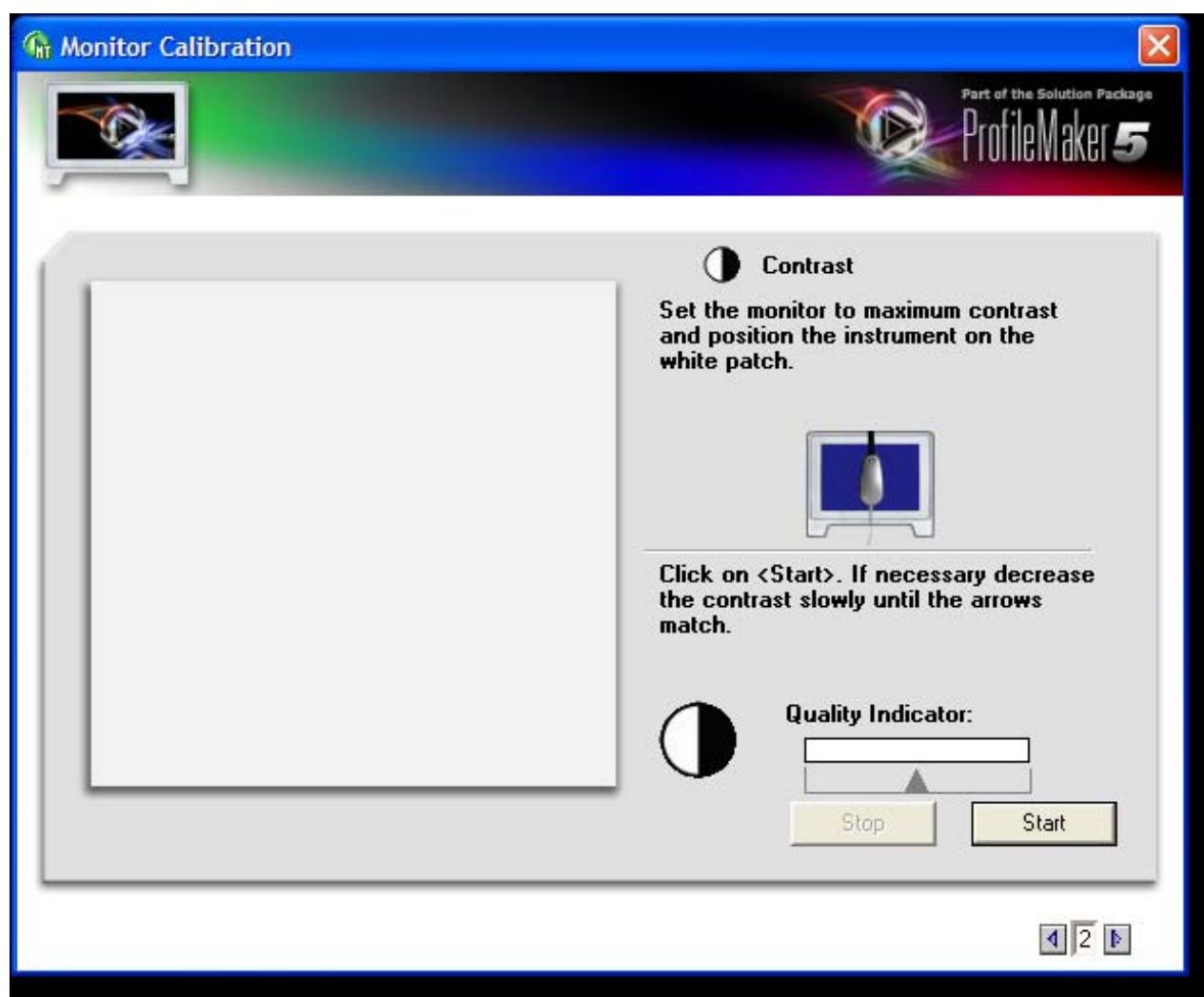


Εικ. 30 Βαθμονόμησης της οθόνης βήμα #5, στινμιότυπο διαδικασίας

[Quality Indicator] που αποτελείται από δυο βέλη, από τα οποία το ένα είναι σταθερό γιατί αποτελεί το σημείο αναφοράς της βαθμονόμησης και το άλλο κινείται ανάλογα με την τιμή της μέτρησης του φασματοφωτομέτρου. Η οθόνη ρυθμίζεται από το μενού της στην μέγιστη τιμή αντίθεσης και επιλέγεται έναρξη από το κουμπί “Start” του λογισμικού. Τότε ξεκινούν οι μετρήσεις και ο δείκτης μέτρησης εικονιζόμενος ως πράσινο βέλος, δείχνει ποια είναι η παρούσα κατάσταση-μέτρηση της αντίθεσης. Η σωστή ρύθμιση είναι εκεί που τα δυο βέλη ευθυγραμμίζονται. Ο δείκτης μετακινείται δεξιά αν μετράται μεγαλύτερη αντίθεση και αριστερά αν μετράται μικρότερη. Έτσι ο χειριστής αυξάνει ή μειώνει την τιμή αντίθεσης σταδιακά από το μενού της οθόνης, περιμένει να σταθεροποιηθεί η μέτρηση και συνεχίζει αναλόγως ωσότου ευθυγραμμιστούν τα βέλη. Αφού σταθεροποιηθεί η μέτρηση, αποθηκεύει την τιμή αντίθεσης στην οθόνη και στην συνέχεια πατάει το κουμπί “Stop” στο λογισμικό για να σταματήσει τις μετρήσεις.

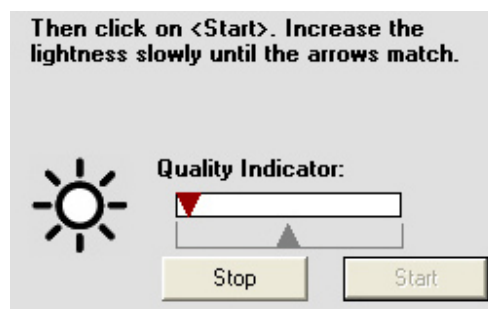


Εικ. 31 Τρόπος τοποθέτησης του Eye One Pro σε οθόνη CRT

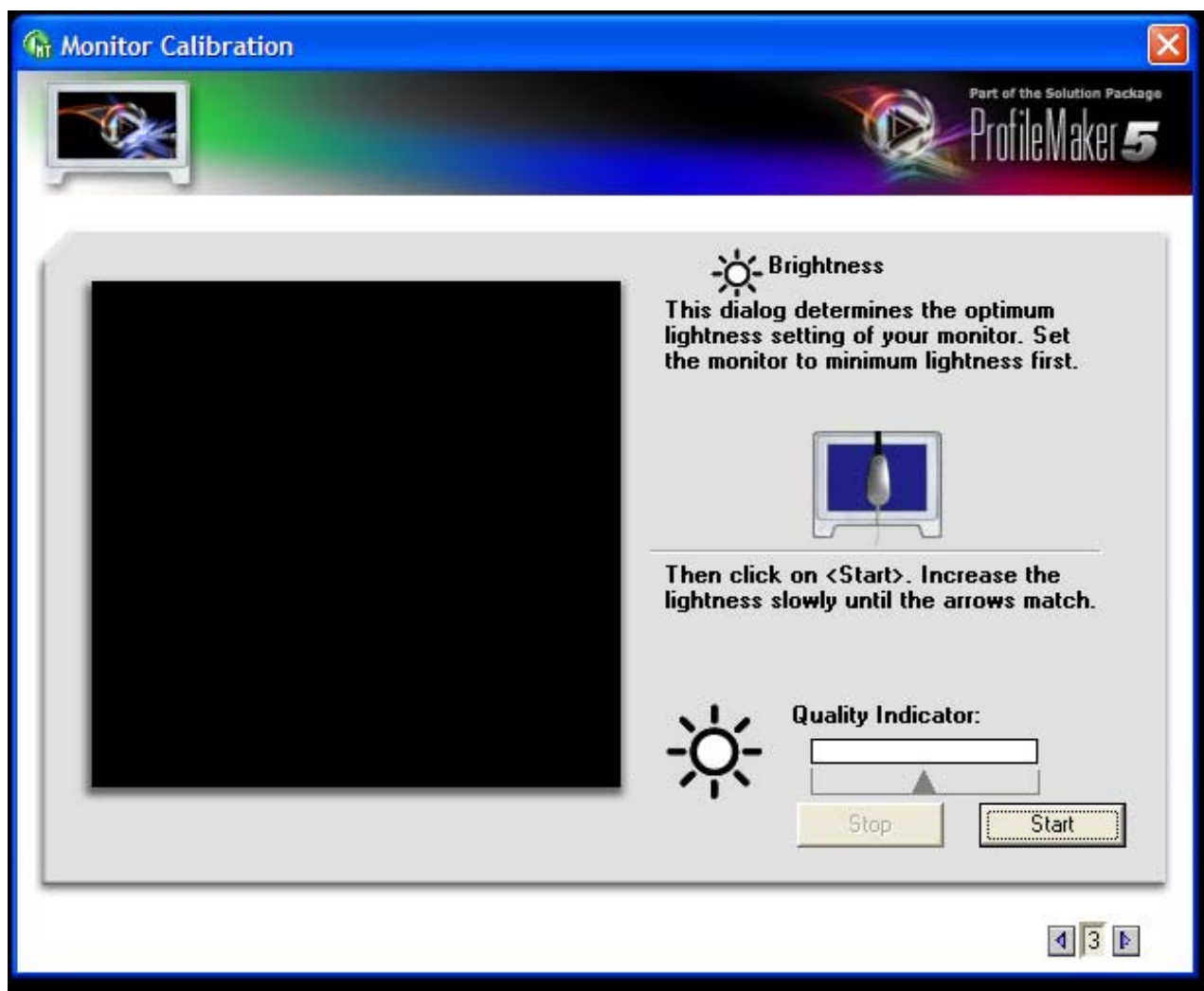


Εικ. 32 Βαθμονόμησης της οθόνης βήμα #5

6. Επόμενο βήμα η ρύθμιση της φωτεινότητας (brightness). Η διαδικασία είναι ανάλογη με την προηγούμενη. Όμως η οθόνη ρυθμίζεται από το μενού της στην ελάχιστη τιμή φωτεινότητας και όταν ξεκινούν οι μετρήσεις, ο δείκτης μέτρησης βρίσκεται στο κατώτερο σημείο και ο χειριστής πρέπει να αυξάνει σιγά-σιγά την φωτεινότητα από το μενού της οθόνης ώσπου να ευθυγραμμιστούν τα βέλη. Πρέπει να γίνεται η αύξηση της φωτεινότητας σιγά-σιγά ώστε να έχει χρόνο να σταθεροποιείται η εκπομπή. Εδώ παρατηρείται ότι όταν η τιμή μέτρησης είναι εντελώς εκτός επιθυμητών τιμών τότε το βέλος γίνεται καφέ χρώματος και πρασινίζει όσο πλησιάζει στο κέντρο του «χάρακα».

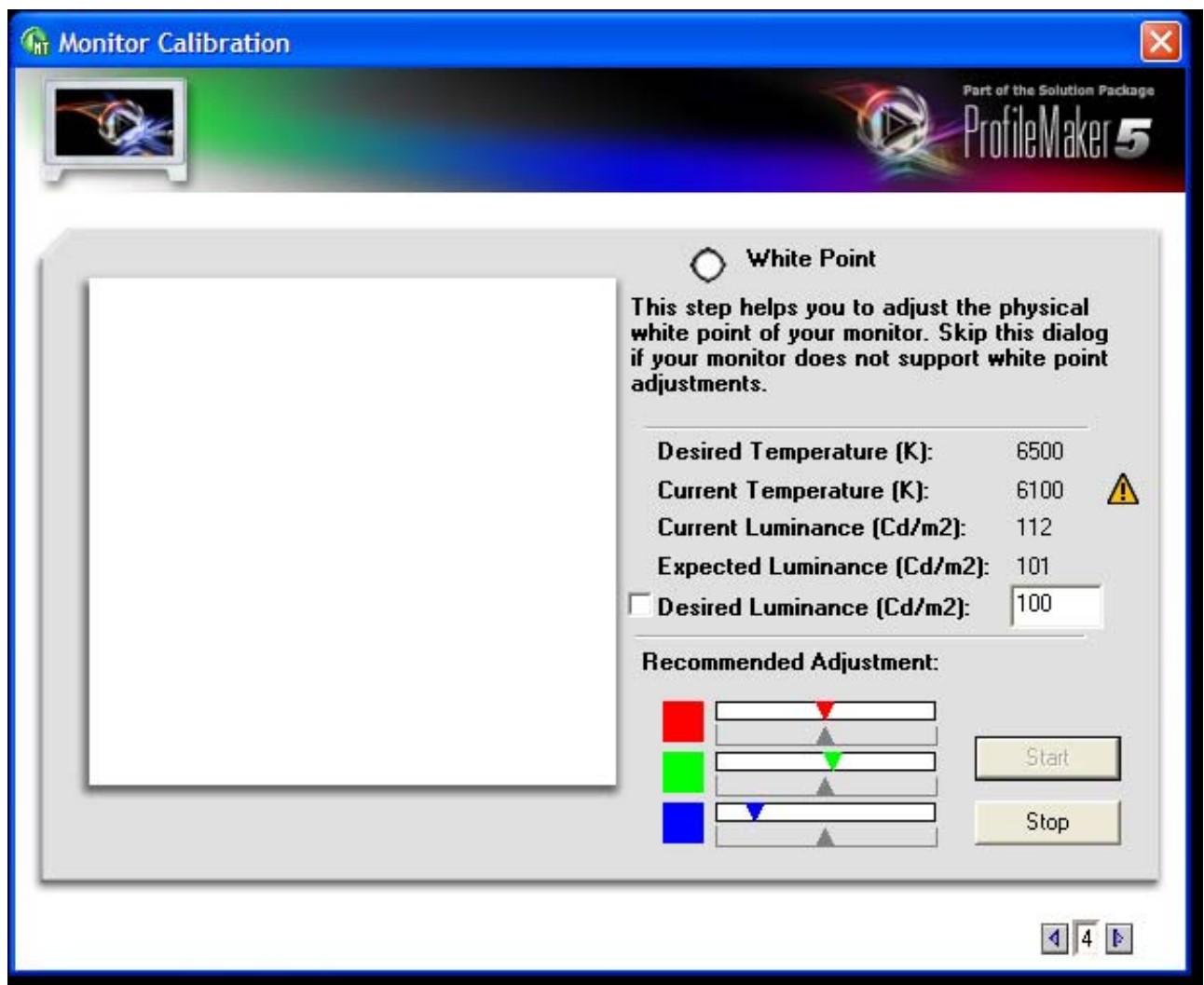


Εικ. 33 Βαθμονόμησης της οθόνης βήμα #6, στιγμιότυπο διαδικασίας



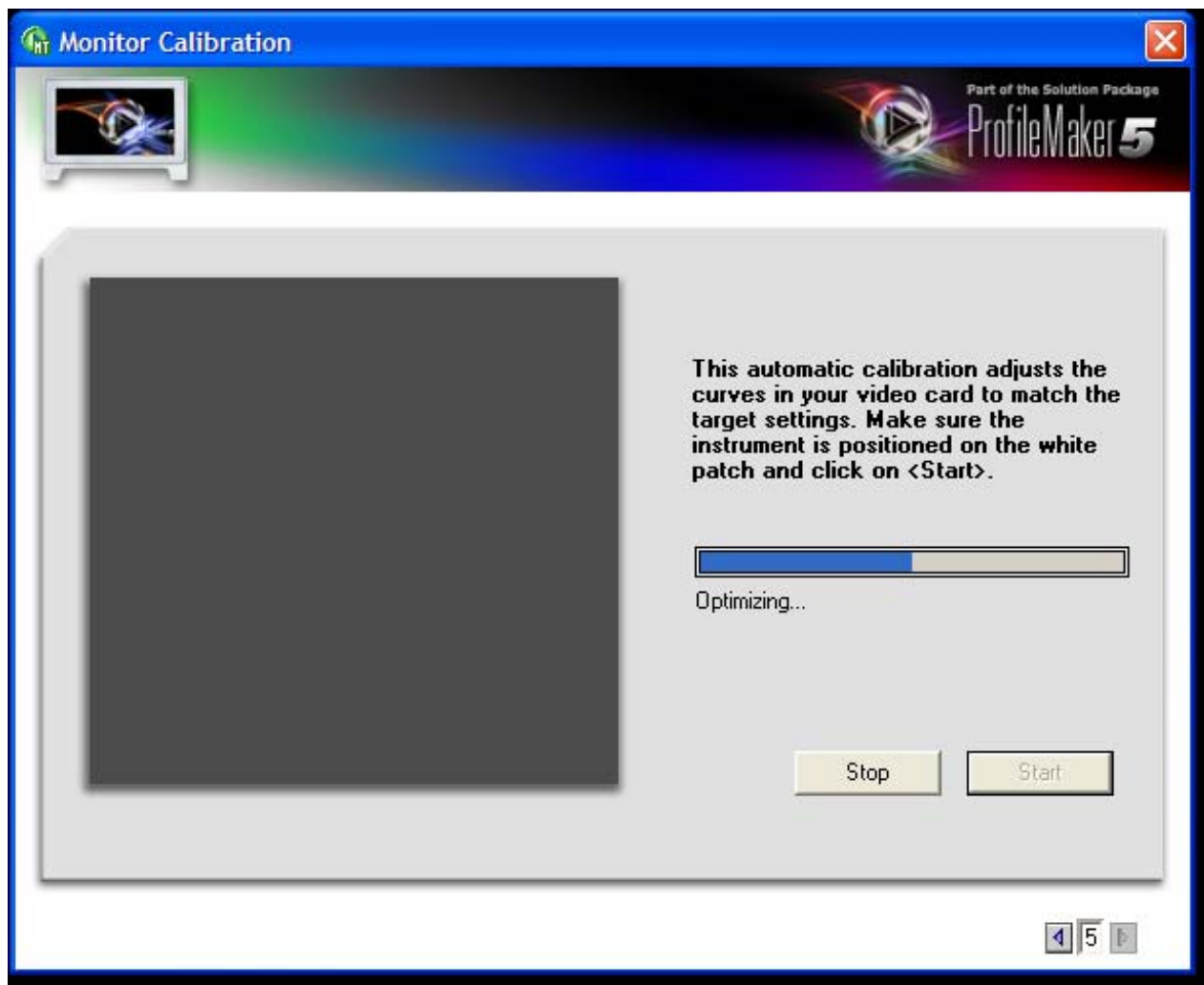
Εικ. 34 Βαθμονόμησης της οθόνης βήμα #6

7. Στην τέταρτη οθόνη βαθμονόμησης ρυθμίζεται η θερμοκρασία του χρώματος ή αλλιώς το λευκό σημείο [White Point]. Αυτό το βήμα δεν μπορεί να γίνει σε όλες τις οθόνες καθοδικού σωλήνα καθότι δεν περιέχουν στο μενού τους την δυνατότητα ρύθμισης των κάθε εκπομπής RGB ξεχωριστά. Γίνονται μετρήσεις από το φασματοφωτόμετρο για κάθε χρώμα του RGB. Με την επιλογή “Start” προβάλλονται τρία διαφορετικά τετράγωνα χρώματος κόκκινου, πράσινου και μπλε και με βάση αυτά υπολογίζεται η θερμοκρασία του χρώματος δηλαδή το φάσμα της φωτεινής πηγής. Όπως και στα προηγούμενα, γίνονται αυξομειώσεις ωσότου ευθυγραμμιστούν τα βέλη. Η επιθυμητή θερμοκρασία χρώματος είναι 6.500K δηλαδή όσο το φως της ημέρας και επιτυγχάνεται με σωστή εκπομπή RGB.



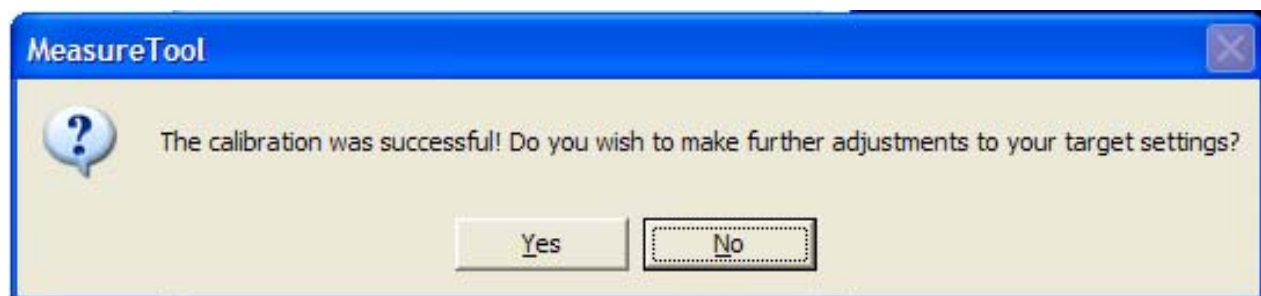
Εικ. 35Βαθμονόμησης της οθόνης βήμα #7

8. Το τελευταίο βήμα γίνεται αυτόματα αφού πατηθεί έναρξη “Start”. Το λογισμικό προβάλλει στην οθόνη σειρά από χρωματιστά πλαίσια, τα οποία μετράει το φασματοφωτόμετρο και με βάση τις μετρήσεις ρυθμίζει τις καμπύλες της κάρτας γραφικών σύμφωνα με τα νέα δεδομένα.



Εικ. 36 Βαθμονόμησης της οθόνης βήμα #8

✦ 9. Τέλος, αφού τελειώσει με την βαθμονόμηση, το λογισμικό ερωτά αν υπάρχει κάτι άλλο που ο χρήστης θα ήθελε να διορθώσει ή αν έχει τελειώσει με την βαθμονόμηση. Το φασματοφωτόμετρο έμεινε στην οθόνη καθώς θα χρειαστεί και στην επόμενη φάση της διαδικασίας.



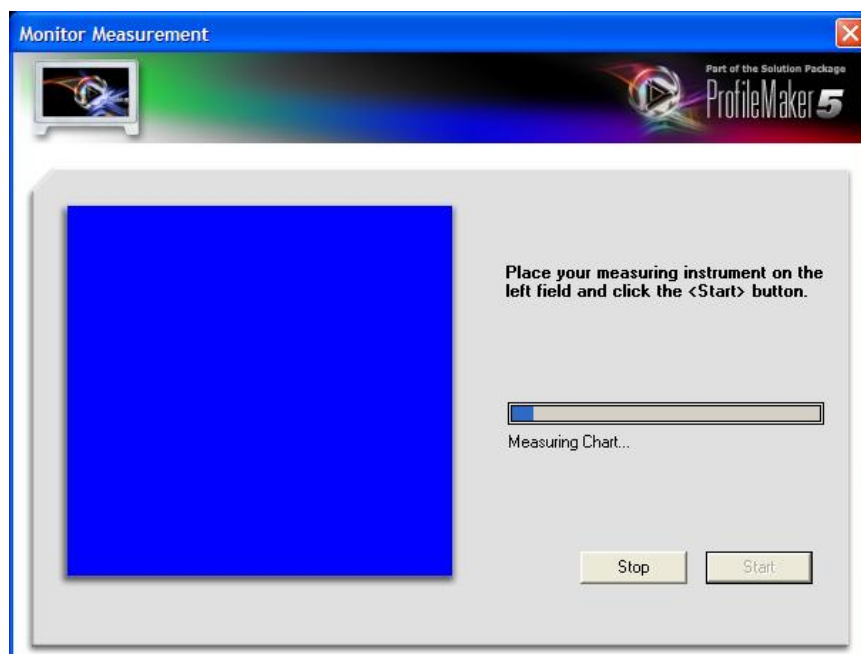
Εικ. 37 Βαθμονόμησης της οθόνης βήμα #9

Διαδικασία δημιουργίας ICC χρωματικού προφίλ οθόνης:

- ❖ 1. Εκκίνηση του λογισμικού “Profile Maker” της GretagMacBeth και επιλογή του μενού για δημιουργία χρωματικού προφίλ σε οθόνη [Monitor].
- ❖ 2. Στην αναδιπλούμενη λίστα με τίτλο “Reference Data” ρυθμίζεται το αρχείο αναφοράς με τις γνωστές τιμές. Επιλέχθηκε χρωματικός πίνακας “CRT Monitor Reference.txt” για οθόνη καθοδικών σωλήνων.
- ❖ 3. Γίνεται επιλογή του μεγέθους του χρωματικού προφίλ και της θερμοκρασίας χρώματος της φωτεινής πηγής [White Point] και εισάγεται η ίδια τιμή που επιλέχθηκε στην βαθμονόμηση, δηλαδή D65.
- ❖ 4. Στην αναδιπλούμενη λίστα με τίτλο “Measurement Data” επιλέγονται τα αρχεία μετρήσεων και γίνεται επιλογή του φασματοφωτομέτρου Eye One Pro ώστε να ξεκινήσει νέα μέτρηση χρωματικού πίνακα στην οθόνη. Ζητείται από το λογισμικό να γίνει βαθμονόμηση του φασματοφωτομέτρου, όπως έγινε στην βαθμονόμηση. Στην συνέχεια το λογισμικό ερωτά αν ο χρήστης θέλει να κάνει βαθμονόμηση της οθόνης. Εδώ επιλέχθηκε όχι, αφού είχε ήδη γίνει σε προηγούμενο στάδιο, και έτσι άνοιξε το παράθυρο με τις προβολές του χρωματικού πίνακα για τις απαραίτητες μετρήσεις στην οθόνη. Στην αντίθεση περίπτωση ανοίγει αυτόματα το λογισμικό “Measure tool” για να γίνει.

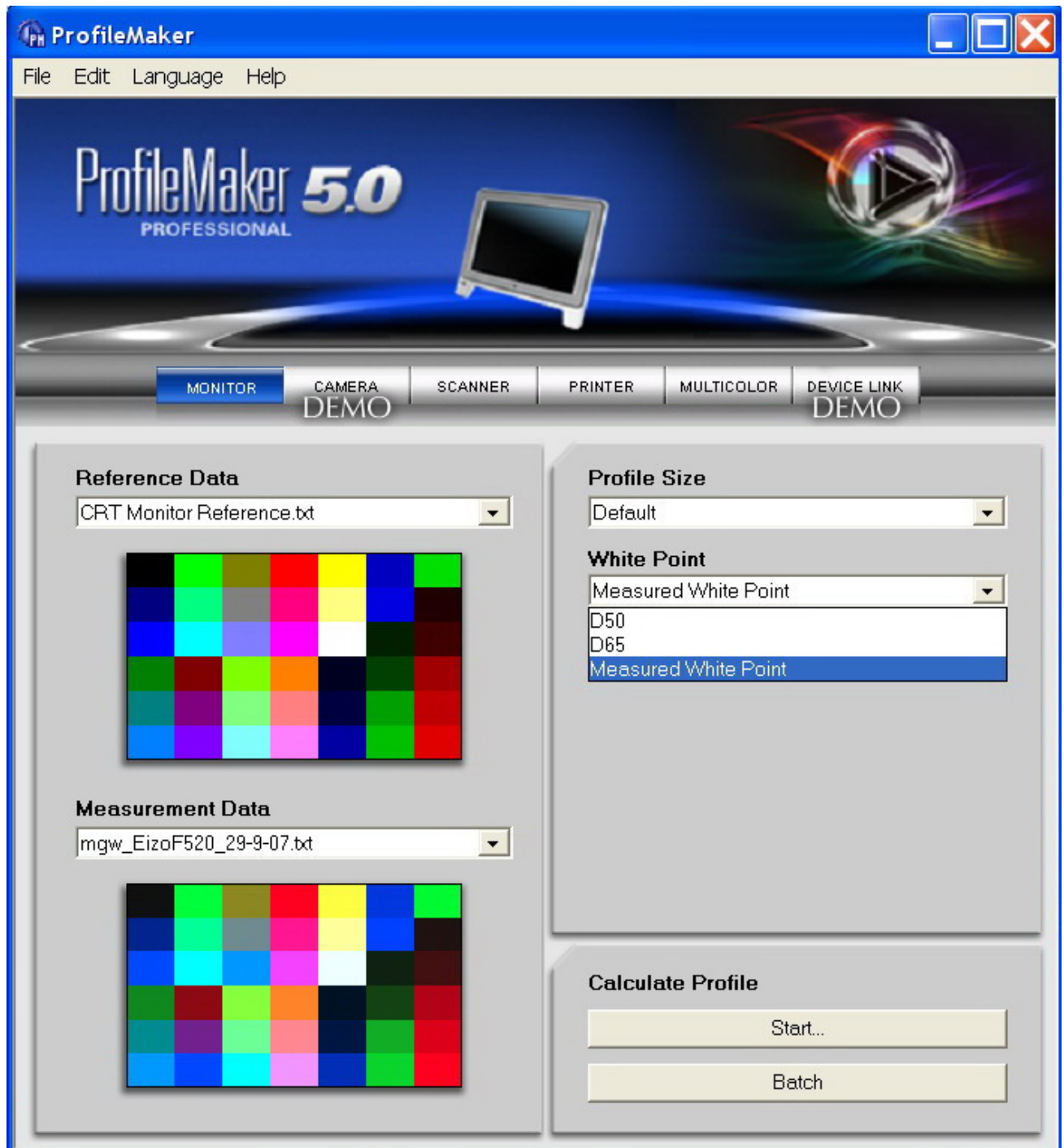


Εικ. 38 Δημιουργία ICC χρωματικού προφίλ οθόνης βήμα#4



Εικ. 39 Δημιουργία ICC χρωματικού προφίλ οθόνης βήμα#4, στιγμιότυπο διαδικασίας μετρήσεων

5. Μόλις τελειώσουν οι μετρήσεις ζητείται αποθήκευση των δεδομένων τα οποία εισάγονται στην λίστα “Measurement Data”. Ορίζονται μέγεθος χρωματικού προφίλ [Profile Size] και λευκό σημείο [white point] D65 για το φως της ημέρας όπως είχε επιλεγεί και στην βαθμονόμηση. Στην συνέχεια επιλέγεται το κουμπί “Start” στις επιλογές για τον υπολογισμό του χρωματικού προφίλ [Calculate Profile] και αφού τελειώσει γίνεται η αποθήκευση του χρωματικού προφίλ. Τέλος, ορίζεται το χρωματικό προφίλ που δημιουργήθηκε ως το χρωματικό προφίλ της οθόνης από τις επιλογές του λειτουργικού συστήματος των “Windows”.



Εκ. 40 Δημιουργία ICC χρωματικού προφίλ οθόνης βήμα#5

5.5 Βαθμονόμηση εκτυπωτή και ραστεροποιητές

Σε αυτή την φάση ο εκτυπωτής θα πρέπει να ρυθμιστεί ώστε να δίνει την μέγιστη δυνατή ποιότητα και απόδοση για ζητούμενη ανάλυση και υπόστρωμα. Θα έλεγε κανείς ότι γίνεται το «κούρδισμα» του εκτυπωτή. Επιγραμματικά, πρόκειται για την ευθυγράμμιση των κεφαλών στην βάση μετακίνηση τους (head alignment), το ύψος κεφαλών από την πλάκα στηρίξεως υποστρώματος (head base height), τη ρύθμιση προώθησης υποστρώματος (media feeding adjustment) και τη ρύθμιση διπλής κατεύθυνσης εκτύπωσης (Bi-Directional printing).

Η ρύθμιση του ύψους της κεφαλής από την πλάκα στηρίξεως υποστρώματος αποτελεί σημαντική ενέργεια για σταθερή και χωρίς προβλήματα εκτύπωση. Γίνεται κατά την εγκατάσταση του εκτυπωτή και συνήθως δεν χρειάζεται να επαναληφθεί αν δεν πειραχτεί η βάση στηρίξεως των κεφαλών και δεν μετακινηθεί ο εκτυπωτής. Σε αυτή τη ρύθμιση σημαντικό ρόλο παίζει και το ακριβές αλφάδιασμα του μηχανήματος στον χώρο, κάτι που επίσης γίνεται κατά την εγκατάσταση του εκτυπωτή σε προγενέστερο στάδιο. Το αλφάδιασμα πρέπει να γίνεται και στις δυο άκρες και στην μέση της πλάκας στηρίξεως του υποστρώματος για σωστά αποτελέσματα. Αφού ελεγχθεί ότι το αλφάδιασμα του μηχανήματος είναι σωστό, μπορεί να γίνει η ρύθμιση του ύψους της κεφαλής. Με ειδικό παχύμετρο ρυθμίζεται το ύψος με βάση τις συνιστώμενες αποστάσεις του κατασκευαστή του εκτυπωτή, που στην συγκεκριμένη περίπτωση πρέπει να είναι 1,7-2,0 χιλιοστά. Ο έλεγχος και ρύθμιση του ύψους πρέπει να γίνεται στις τέσσερις γωνίες της βάσης μετακίνησης κεφαλών και σε τρία σημεία (άκρες και μέση) της πλάκας στηρίξεως υποστρώματος. Άλλη σημαντική ενέργεια κατά την εγκατάσταση του εκτυπωτή είναι η τοποθέτηση γείωσης. Έτσι γειώνεται ο στατικός ηλεκτρισμός και η κουκίδα πέφτει ακριβώς στην θέση της χωρίς να «πιτσιλάει» τριγύρω (satellite dot).

Πριν την εκκίνηση εκτύπωσης πρέπει να έχει ρυθμιστεί η κατάλληλη **θερμοκρασία στις πλάκες στηρίξεως** για το χρησιμοποιούμενο υπόστρωμα. Η θερμοκρασία αυτή βέβαια δεν είναι ίδια για όλα τα μηχανήματα αφού εξαρτάται από την θερμότητα που τελικά καταφέρνουν να εκπέμψουν λόγω των χαρακτηριστικών κατασκευής τους, το είδος του υποστρώματος καθώς και τη σύσταση των μελανιών. Στον συγκεκριμένο εκτυπωτή πρέπει όλες οι πλάκες να ρυθμιστούν στους 50°C για αυτοκόλλητα πολυβινυλοχλωριδίου. Σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να χρειαστεί η πίσω πλάκα να ρυθμιστεί σε θερμοκρασία μικρότερη από 50°C γιατί ορισμένοι τύποι πολυβινυλοχλωριδίου μπορεί να καμπυλώσουν και να φουσκώσουν από την υψηλή θερμότητα. Έτσι και σε αυτό το υπόστρωμα η θερμοκρασία στην πίσω πλάκα ρυθμίστηκε στους 45 °C. Κατά την διάρκεια των εκτυπώσεων ο χειριστής μπορεί ανάλογα με τα αποτελέσματα να ανεβοκατεβάσει ξανά την θερμοκρασία.

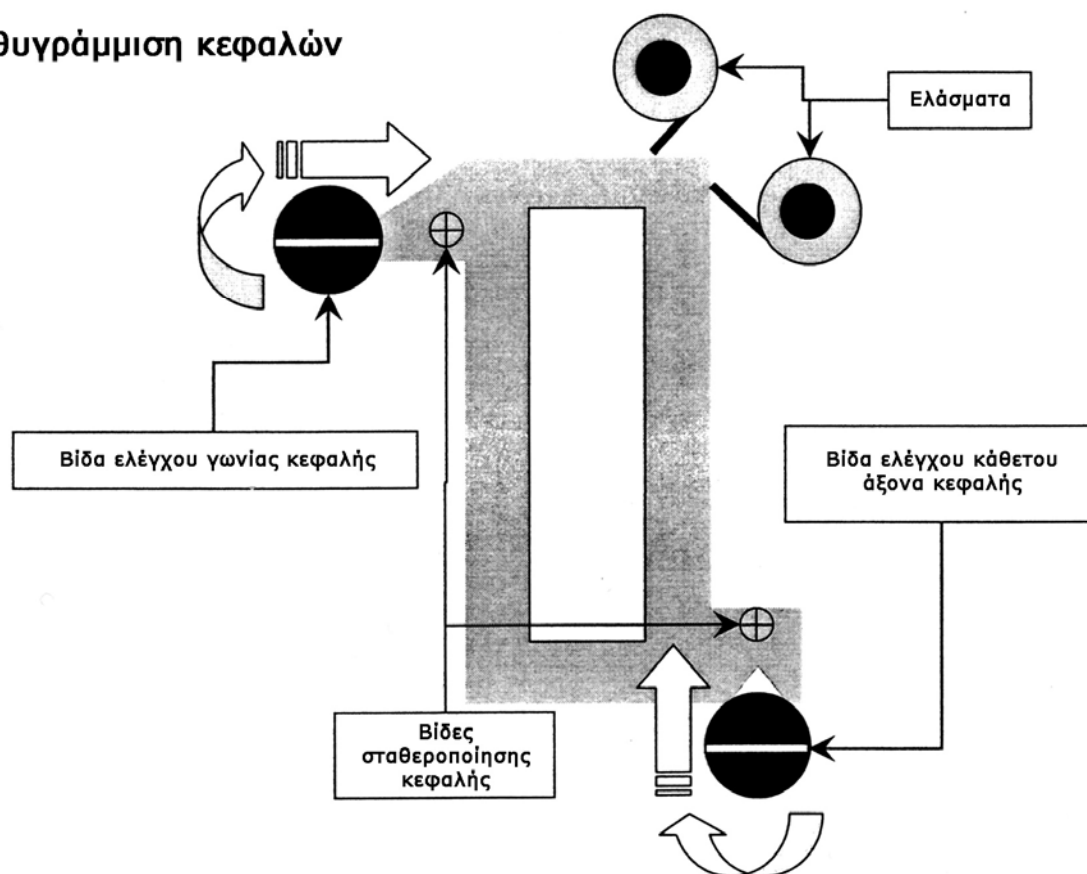
Εκτός από την θερμοκρασία στις πλάκες, εξίσου σημαντική είναι η **θερμοκρασία κεφαλών**. Η θερμοκρασία στις κεφαλές βοηθά την ροή των μελανιών. Όσο μεγαλώνει η θερμοκρασία τόσο αυξάνεται η ρευστότητα του. Αλλά από κάποιες θερμοκρασίες και πάνω, το μελάνι αρχίζει να στεγνώνει και να βουλώνει τις κεφαλές. Μάλιστα σε κάποια χρώματα το πρόβλημα θα παρουσιαστεί πιο έντονο λόγω της σύστασης των χρωστικών τους. Οι ιδανικές θερμοκρασίες για αυτό το μηχάνημα είναι μεταξύ 33-35 °C και εδώ ρυθμίστηκε στους 33 °C καθότι στις πρώτες δοκιμαστικές εκτυπώσεις παρατηρήθηκαν βουλώματα.

Ένας άλλος παράγοντας που παίζει ρόλο στην εκτύπωση είναι η **τάση κεφαλών (print heads' voltages)**. Το ρεύμα που ρυθμίζεται εδώ είναι αυτό που περνάει από τους πιεζο-ηλεκτρικούς κρυστάλλους για την δημιουργία της σταγόνας έγχυσης. Κάθε κεφαλή έχει δικές τις τιμές τάσεων και συνήθως έρχονται ρυθμισμένες από το εργοστάσιο παραγωγής. Σε περίπτωση που ο χειριστής διαπιστώσει πρόβλημα με τον ψεκασμό μπορεί να αυξομειώσει τις τάσεις $\pm 1V$. Εναλλακτικά μπορεί να εισάγει τις τάσεις που αναγράφονται πάνω στις ετικέτες των κεφαλών. Σε αυτόν τον εκτυπωτή γίνεται ρύθμιση τάσης εύκολα από την οθόνη του πίνακα ρυθμίσεων. Σε κάθε περίπτωση και η θερμοκρασία και η τάση στις κεφαλές επηρεάζουν η μια την άλλη.

Το πρώτο σημαντικό βήμα για την βαθμονόμηση του εκτυπωτή είναι το **καθάρισμα των κεφαλών (head cleaning)**. Όσο απλό και αν ακούγεται, πρέπει ο χειριστής να βεβαιώνεται από τα αντίστοιχα τεστ του εκτυπωτή ότι όλα τα ακροφύσια μπορούν και ψεκάζουν μελάνι. Είναι μια διαδικασία που πρέπει να γίνεται κάθε φορά που ξεκινά εκτύπωση καθώς και όταν υπάρχει κάποιο εκτυπωτικό πρόβλημα. Στον εκτυπωτή αυτής της εργασίας, υπάρχει τεστ από τον εκτυπωτή ονομαζόμενο "Prime Test" όπου ψεκάζουν γραμμές όλα τα ακροφύσια και ελέγχεται αν υπάρχουν κενά ή «σπασμένες» γραμμές. Αν υπάρχουν τότε θα πρέπει να επαναληφθεί η διαδικασία καθαρισμού.

Το δεύτερο σημαντικό βήμα είναι η **ευθυγράμμιση των κεφαλών** στην βάση μετακίνησης (**head alignment**). Αν οι κεφαλές δεν είναι ευθυγραμμισμένες, δεν πρόκειται να έχουν σωστή σύμπτωση τα χρώματα. Σε αυτό το μηχάνημα, υπάρχουν δυο ελάσματα στην γωνία της κεφαλής, τα οποία την μετακινούν με την βοήθεια βιδών. Το ένα αλλάζει την γωνία της κεφαλής και το άλλο τον κάθετο άξονα. Η κίνηση γίνεται σαφής στην επόμενη εικόνα. Αυτή η ρύθμιση ισχύει για όλα τα υποστρώματα και δεν χρειάζεται να επαναλαμβάνεται κάθε φορά. Χρειάζεται να γίνει μόνο κατά την εγκατάσταση νέου εκτυπωτή, όποτε αλλαχτεί κάποια κεφαλή ή όταν γίνει μετακόμιση.

Ευθυγράμμιση κεφαλών



Εικ. 41 Κάτοψη κεφαλής με το σύστημα μετακίνησης για ευθυγράμμιση

Στην συνέχεια πρέπει να γίνει **ρύθμιση προώθησης υποστρώματος** (media feeding adjustment). Το υπόστρωμα κινείται από τα ροδάκια που το αγκιστρώνουν στην βάση στηρίξεως του υποστρώματος, οπότε ανάλογα το βάρος του αλλάζει ελαφρώς η μετακίνηση του. Αυτή η μετακίνηση πρέπει να ελέγχεται κάθε φορά που αλλάζει το βάρος του υποστρώματος ώστε κάθε πέρασμα να πέσει ακριβώς εκεί που τελειώνει το προηγούμενο, για να μην έχουμε επικάλυψη που θα δημιουργήσει έντονες γραμμές ή κενά. Η ρύθμιση γίνεται με εκτύπωση τεστ παράλληλων γραμμών από τον εκτυπωτή όπου ελέγχεται αν συμπίπτουν. Ο χρήστης δεν χρειάζεται να κάνει αυτή την διαδικασία κάθε φορά αλλά να κρατάει μια λίστα με τις τιμές για τα υλικά που χρησιμοποιεί. Η τιμή που εισήχθηκε στην οθόνη του πίνακα ρυθμίσεων για το υπόστρωμα αυτής της διαδικασίας είναι +13.

Σε αυτόν τον εκτυπωτή γίνεται **ρύθμιση οριζόντιας/κάθετης ευθυγράμμισης** (horizontal/vertical adjustment) μέσα από την οθόνη του πίνακα ρυθμίσεων του εκτυπωτή. Η ρύθμιση γίνεται με εκτύπωση τεστ παράλληλων και κάθετων συνόλων γραμμών του μαύρου με τα άλλα χρώματα. Τυπώνονται 21 σύνολα του μαύρου με τα άλλα χρώματα και επιλέγεται η τιμή του συνόλου όπου συμπίπτουν οι γραμμές.

Και σε τελικό στάδιο έγινε η **ρύθμιση διπλής κατευθύνσεως εκτύπωσης** (Bi-Directional printing). Το πάχος του υποστρώματος επηρεάζει την εκτύπωση διπλής κατευθύνσεως για αυτό και είναι πολύ σημαντικό να ελέγχεται για διαφορετικού πάχους υποστρώματα γιατί μπορεί και πάλι να δημιουργηθούν επικαλύψεις. Η ρύθμιση γίνεται με εκτύπωση τεστ κάθετων συνόλων γραμμών των ιδίων χρωμάτων. Τυπώνονται και πάλι 21 σύνολα όπου ελέγχεται η σύμπτωση των γραμμών και επιλέγεται από την οθόνη του πίνακα ρυθμίσεων, η κατάλληλη τιμή του συνόλου. Σε αυτό το τεστ τυπώνονται δυο σύνολα ανάλογα τον τρόπο λειτουργίας: για παραγωγή (Quality) και για ποιοτική εκτύπωση (Fine).

Επειδή όλες οι γραμμές των προαναφερθέντων τεστ ρυθμίσεων είναι πολύ λεπτές, οι έλεγχοι γίνονται παρατηρώντας με λούπα ώστε να διασφαλίζεται η ακρίβεια. Επιπλέον για τις γραμμές κίτρινου χρώματος που δεν φαίνονται στο λευκό φως, χρησιμοποιείται ειδικός μπλε φωτισμός στον οποίο το χρώμα αυτό παρουσιάζει μεγάλη απορροφητικότητα με αποτέλεσμα να φαίνονται πιο σκούρες.

Σε αυτούς τους εκτυπωτές είναι αναγκαία και η χρήση **ραστεροποιητή (Raster Image Processor- RIP)** ο οποίος μπορεί να είναι συσκευή (hardware) ή λογισμικό (software) και δημιουργεί ψηφιακά αρχεία εκτύπωσης με ημιτονικές (ράστερ) εικόνες.

Οι ραστεροποιητές είναι αρκετά ακριβοί και χρειάζονται χρόνο για να στηθούν αλλά προσφέρουν παραγωγικότητα και υψηλή ακρίβεια στον έλεγχο χρώματος ακόμα και σε διαφορετικούς τύπους υποστρωμάτων. Η παραγωγικότητα αυξάνεται γιατί γίνεται απελευθέρωση του οδηγού (driver) του εκτυπωτή από την διαδικασία να επεξεργαστεί τα αρχεία. Πλεονεκτήματα στην ταχύτητα των διαδικασιών έρχονται όταν ο ραστεροποιητής είναι σε διαφορετικό υπολογιστή από αυτόν που τυπώνει ή όταν χρησιμοποιείται ξεχωριστή συσκευή ραστεροποιητή.

Τα λογισμικά RIP μπορούν να εγκατασταθούν σε οποιοδήποτε ηλεκτρονικό υπολογιστή ενώ οι συσκευές RIP εγκαθίστανται πάνω στους εκτυπωτές ή είναι αυτόνομοι. Οι συσκευές RIP έχουν το πλεονέκτημα ότι συνδέονται και λειτουργούν αμέσως (plug and play). Από την άλλη δεν μπορούν να αναβαθμιστούν όπως γίνεται με τα λογισμικά RIP, τα οποία είναι φθηνότερα και έχουν περισσότερες επιλογές ελέγχου.

Στο πείραμα χρησιμοποιήθηκε λογισμικό ραστεροποίησης “SoftRIP 6.3” από την εταιρεία Wasatch Computer Technology. Πρόκειται για λογισμικό που κάνει μετατόπιση χρωματικών πληροφοριών (rendering color) σε 16-bit για σωστή αντιστοίχιση των χρωμάτων από συσκευή σε συσκευή, ώστε να επιτυγχάνει μεγαλύτερη λεπτομέρεια εκτύπωσης, ομαλότερες χρωματικών

διαβαθμίσεων και απαλών σκιάσεων. Είναι εύκολο στον χειρισμό, με δυνατότητες διαχείρισης χρώματος και χρήση ICC χρωματικών προφίλ. Έχει ξεχωριστές ρυθμίσεις για κάθε μάρκα εκτυπωτή και δυνατότητα σύνδεσης και λειτουργίας έως τεσσάρων εκτυπωτών ταυτόχρονα. Άλλα χαρακτηριστικά του λογισμικού είναι: δημιουργία «πλακιδίων» (tiling) δηλαδή δημιουργία κομματιών για κάλυψη επιφανειών με υπολογισμό τμημάτων επικάλυψης, εισαγωγή σημείων κοπής και σταυρών σύμπτωσης, καθορισμός ορισμένων περιοχών (spot) χρωμάτων, βάση δεδομένων με τις διεκπεραιωμένες εργασίες, αυτόματο «έξυπνο» μοντάζ για εξοικονόμηση υλικού εκτύπωσης, δυνατότητα χρωματικών διορθώσεων εικόνας, κ.α..

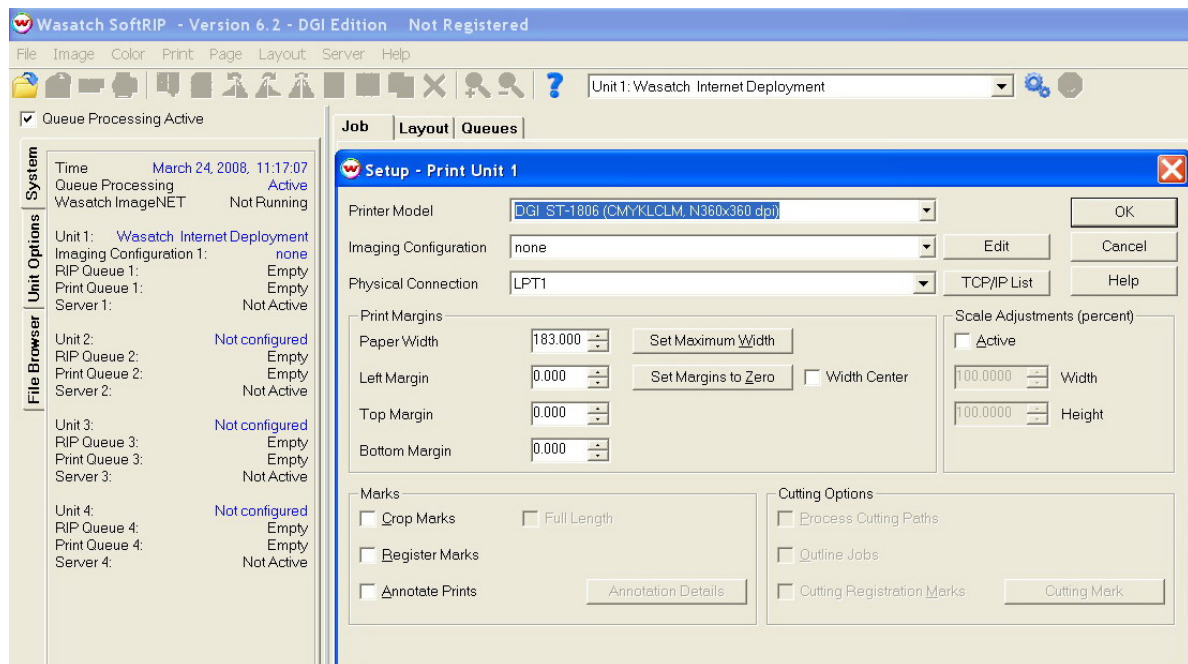
Αφού έχει βαθμονομηθεί ο εκτυπωτής, ακολουθεί η βαθμονόμηση μέσω του λογισμικού ραστεροποίησης (RIP). Με την βοήθεια χρωματικών πινάκων ρυθμίζονται τα εξής πολύ σημαντικά στοιχεία της εκτύπωσης: η μείωση ποσότητας μελανιού σε κάθε κανάλι χρώματος (ink reduction ή αλλιώς ink restriction), η συνολική μείωση ποσότητας μελανιού (ink limit) και ο διαμερισμός αποχρώσεων (linearization ή αλλιώς tone distribution). Η σειρά αυτών αλλάζει ανάλογα με την συμπεριφορά του μελανιού στο υπόστρωμα. Η σειρά που συνήθως ακολουθείται διότι δίνει καλά αποτελέσματα είναι:

- ❖ 1. μείωση ποσότητας μελανιού σε κάθε κανάλι χρώματος,
- ❖ 2. διαμερισμός αποχρώσεων και
- ❖ 3. συνολική μείωση ποσότητας μελανιού.

Εναλλακτικά μπορεί να γίνουν με την ακόλουθη σειρά (σε περίπτωση που υπάρχει υπερβολική ποσότητα μελάνης ώστε να «τρέχει» στο υλικό και η μείωση μελανιού που χρειάζεται σε κάποια κανάλια ξεπερνάει κατά πολύ το ποσοστό του 70%):

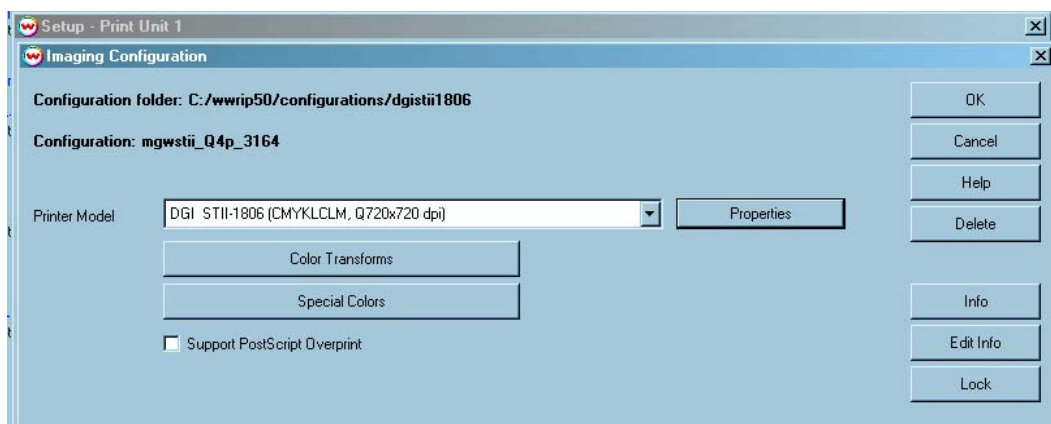
- ❖ α. συνολική μείωση ποσότητας μελανιού,
- ❖ β. μείωση ποσότητας μελανιού σε κάθε κανάλι χρώματος και
- ❖ γ. διαμερισμός αποχρώσεων.

Πριν ξεκινήσουν οι εκτυπώσεις ρυθμίστηκαν κάποιες βασικές επιλογές για την εκτύπωση. Στις ρυθμίσεις της εκτυπωτικής μονάδας “**Setup**”, εισάχθηκαν στην αρχική οθόνη: πλάτος υποστρώματος “Paper width” στα 1,37m, τυχόν περιθώρια [Margin], σημεία ξακρίσματος [Crop Marks], σταυροί σύμπτωσης [Register Marks] και εκτύπωση των πληροφοριών της εκτύπωσης [Annotation Prints]. Στην συνέχεια από την αναδιπλούμενη λίστα σχημάτων ρυθμίσεων αναπαραγωγής εικόνας “**Imaging Configuration**” επιλέχθηκε “none” που δεν έχει καμιά ρύθμιση και μετά επεξεργασία “Edit” για να δημιουργηθεί νέο.



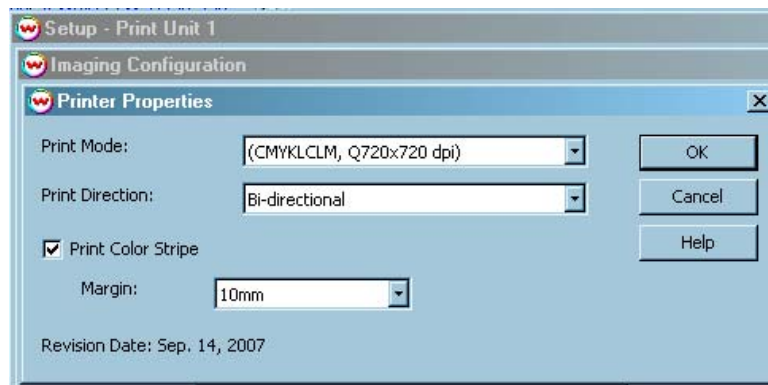
Εικ. 42 Περιβάλλον λογισμικού SoftRIP και της αρχικής οθόνης του Setup

Στην αρχική οθόνη “Imaging Configuration” υπάρχουν δυο βασικές επιλογές: οι ιδιότητες εκτυπωτή “Properties” (ή Printer Properties όπως εμφανίζεται μετά την επιλογή του) και οι χρωματικές μετατροπές “Color Transforms” όπου στην ουσία γίνονται όλες οι ρυθμίσεις για την διαχείριση χρώματος, είναι το σύστημα διαχείρισης χρώματος του SoftRIP.



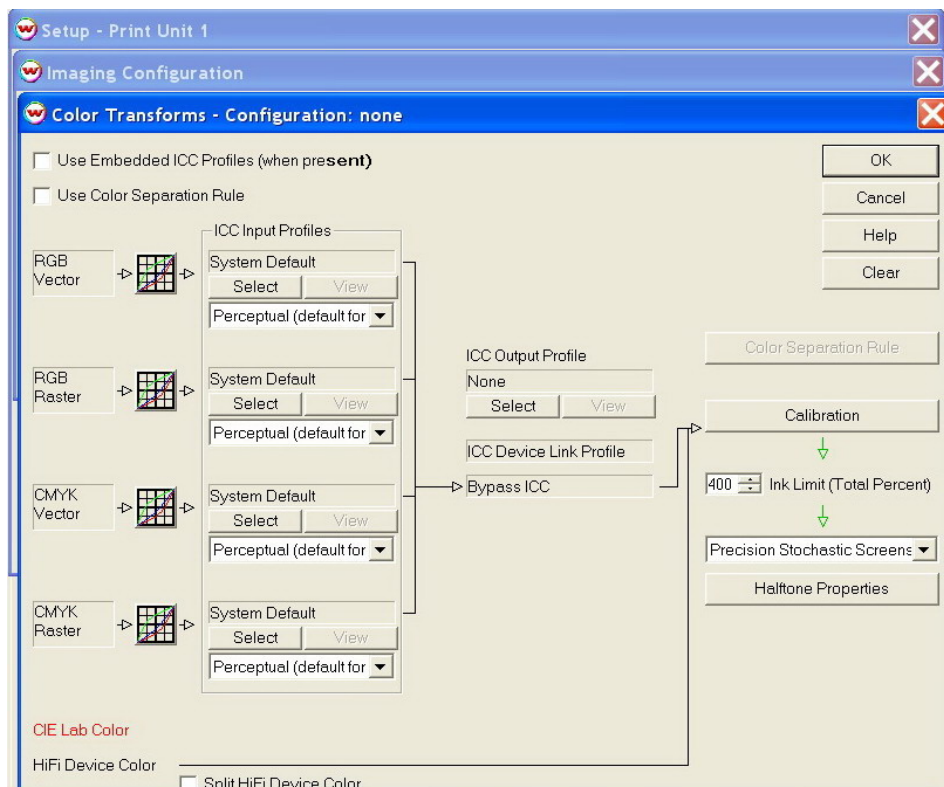
Εικ. 43 Αρχική οθόνη Imaging Configuration

Στις ιδιότητες εκτυπωτή “Properties” ρυθμίστηκαν τα εξής: ανάλυση εκτύπωσης [Print Mode] 720 X 720 dpi δηλαδή 4 «περάσματα» (pass), εκτύπωση διπλής κατεύθυνσης “Bi-directional” στο μενού “Print direction” και “Print Color Strip” ώστε να τυπώνεται στην άκρη του υποστρώματος λωρίδα από όλα τα χρώματα, για να μην βουλώνουν οι υπόλοιπες κεφαλές όσην ώρα τυπώνουν κάποιο άλλο χρώμα.



Εικ. 44 Ιδιότητες εκτυπωτή

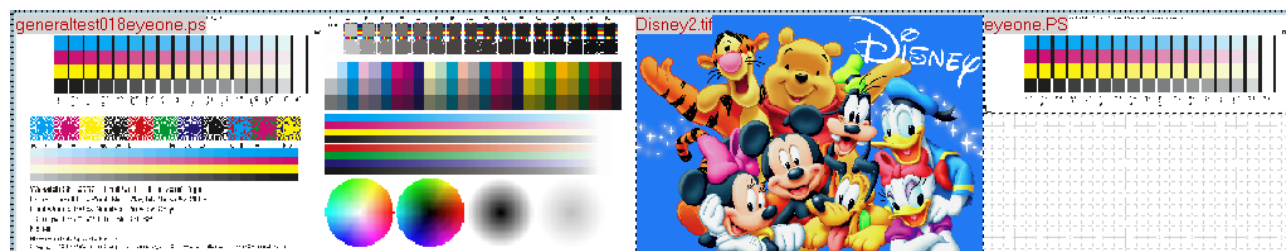
Στις “Color Transforms” εφόσον είναι γνωστά τα ICC χρωματικά προφίλ της συσκευής εισόδου, εισάγονται στην λίστα “ICC Input Profiles”, διαφορετικά αφήνονται ρυθμισμένα στα προκαθορισμένα “System default”, όπως έγινε και εδώ. Επιλέχθηκε να γίνεται χρήση ενσωματωμένων προφίλ όταν υπάρχουν “Use Embedded ICC Profiles (when present)” και ορίστηκε η αντιληπτική “Perceptual» ως η μετατόπιση χρωματικών πληροφοριών για να διατηρηθεί η γενική εμφάνιση του χρώματος στις εικόνες. Στο μενού με τις ημιτονικές ιδιότητες “**Halftone Properties**”, επιλέχθηκε μείωση μελανιών προκαθορισμένου μεγέθους κουκίδας “Fixed Dot Ink Reduction” λόγω του τύπου των κεφαλών. Όλα τα υπόλοιπα στις μέγιστες τιμές τους γιατί πρέπει να παρατηρηθεί η συμπεριφορά της συσκευής στο μέγιστο των δυνατοτήτων της. Τέλος, αποθηκεύεται το νέο σχήμα με το όνομα “mgwstii_Q4p_3164”.



Εικ. 45 Οθόνη των Color Transforms

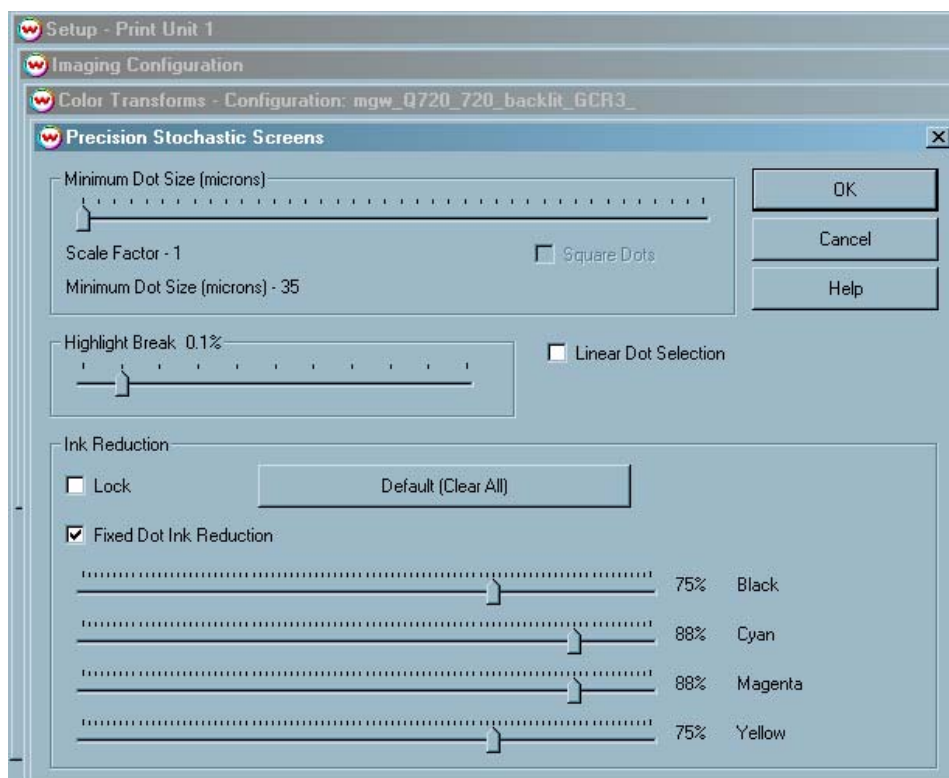
Τα αρχεία για ψηφιακή εκτύπωση χρειάζεται να είναι 180-360 ppi αλλά τελικά το ποια ανάλυση είναι καλύτερη εξαρτάται κυρίως από την ανάλυση της συσκευής εξόδου και ποια ανάλυση έχει θέσει ο κατασκευαστής της ως την ιδανικότερη. Επιπλέον, η επιλογή της κατάλληλης ανάλυσης εκτύπωσης καθορίζεται από την ποιότητα του υποστρώματος καθώς και το πόσο μελάνι μπορεί να αντέξει η επιφάνεια του. Στην συνέχεια έρχονται κριτήρια όπως ποια είναι τα επιθυμητά ποιοτικά αποτελέσματα, πόση ευκρίνεια και λεπτομέρεια επιθυμεί ο πελάτης, κ.α. Οι λωρίδες διχρωματισμού που εμφανίζονται μερικές φορές στην ψηφιακή εκτύπωση μπορεί να οφείλονται σε κακή ανάλυση του αρχείου εκτύπωσης αλλά και στην ανυπαρξία ICC χρωματικού προφίλ επομένως και διαχείρισης χρώματος.

Αρχικά τυπώνεται το αρχείο ελέγχου “generalTest018eyeone.ps” που περιλαμβάνεται στον φάκελο “psfiles” του λογισμικού SoftRIP ώστε να γίνει γενικός έλεγχος του αποτελέσματος και να επιλεχθεί αν θα γίνει πρώτα μείωση ποσότητας μελανιού σε κάθε κανάλι χρώματος ή συνολική μείωση ποσότητας μελανιού. Κρίθηκε ότι το μελάνι δεν ήταν υπερβολικά πολύ οπότε με βάση τα ανωτέρω, το πρώτο βήμα που έγινε ήταν η **μείωση ποσότητας μελανιού σε κάθε κανάλι χρώματος (Ink Reduction)**. Σε αυτό το στάδιο χρειάζεται μόνο η τονική σκάλα (linearization test pattern) με τις διαβαθμίσεις των τεσσάρων χρωμάτων CMYK, δηλαδή το αρχείο “eyeone.ps” που είναι το αντίστοιχο για το φασματοφωτόμετρο που χρησιμοποιείται και για τα τέσσερα κανάλια των βασικών χρωμάτων του εκτυπωτή. Αυτή η σκάλα περιέχεται ήδη στο “generalTest018eyeone.ps” επομένως δεν χρειάζεται να επανεκτυπωθεί αλλά χάριν ευκολίας για τις μετρήσεις, επιλέχθηκε να τυπώνονται και τα δυο αρχεία ταυτόχρονα. Μαζί με τα δυο αρχεία ελέγχου, τυπώνεται συνήθως και μια εικόνα με γνωστά χρώματα ώστε να είναι δυνατόν να κρίνονται τα αποτελέσματα σε εικόνα. Στην πειραματική διαδικασία, τα τρία αρχεία τυπώνονταν πάντα όλα μαζί σε κάθε αλλαγή που γινόταν στις ρυθμίσεις ώστε να είναι εφικτό να γίνονται συγκρίσεις των αποτελεσμάτων κάθε μεταβολής.



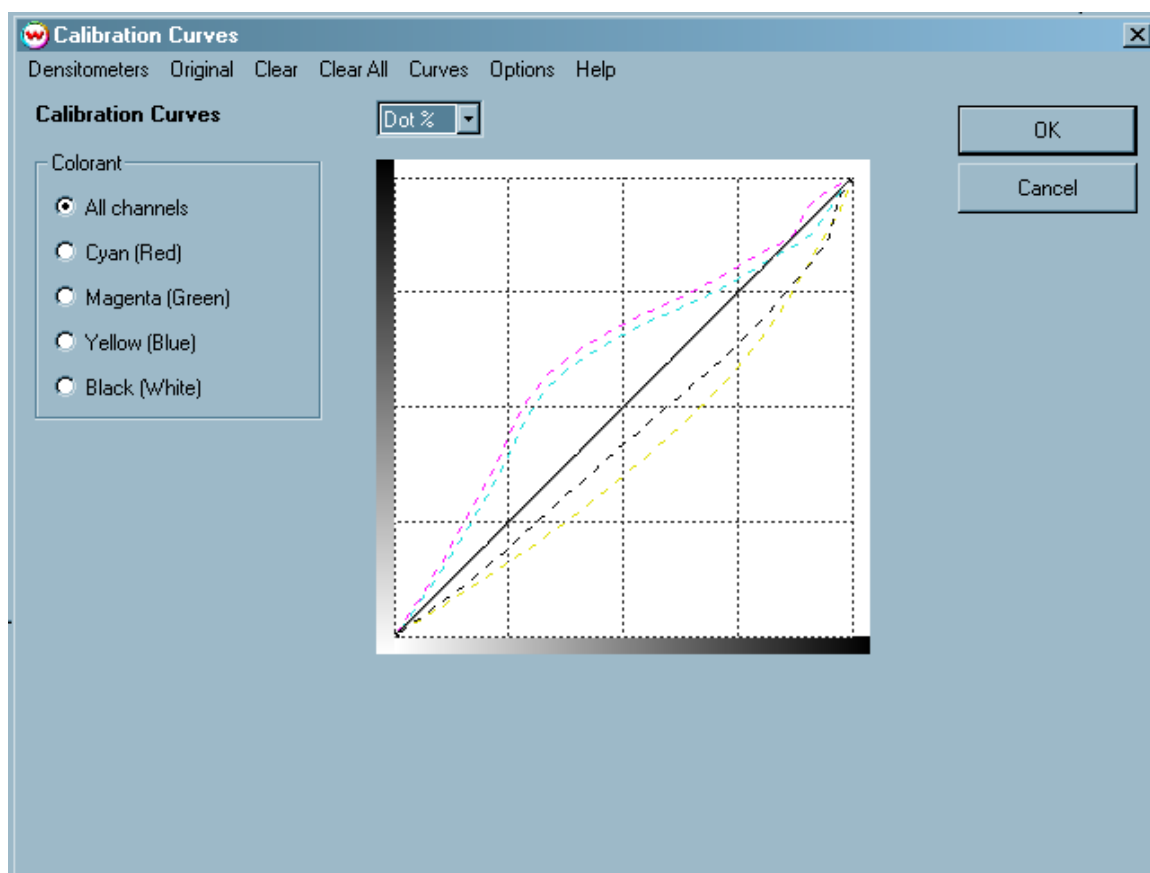
Εικ. 46 generalTest018eyeone.ps/ εικόνα με γνωστά χρώματα/ eyeone.ps

Η μείωση ποσότητας μελανιού σε κάθε κανάλι χρώματος γίνεται κυρίως για οικονομία μελανιών αν και σαφέστατα επηρεάζει την χρωματική κλίμακα (color gamut) του εκτυπωτή. Αφού τυπωθεί το αρχείο πρέπει να στεγνώσει καλά το χρώμα ώστε να βγουν συμπεράσματα για το ποσοστό της μείωσης που πρέπει να γίνει. Παρατηρήθηκε λοιπόν στην πρώτη εκτύπωση ότι υπάρχει πολύ κίτρινο στην εκτύπωση και γενικά ιδιαίτερα έντονα σκούροι τόνοι. Η τονική σκάλα “eyecone.ps” αποτελείται από 17 χρωματιστά τετράγωνα για κάθε χρώμα ξεκινώντας από το 0% έως το 100% και με διαφορά πυκνότητας 6,25% το ένα από το άλλο. Το ζητούμενο είναι να εντοπιστούν δυο χρωματιστά τετράγωνα τα οποία να έχουν ορατή διαφορά μεταξύ τους (να μην είναι όμοια στην πυκνότητα) και στη συνέχεια να οριστεί μείωση ίση με το ποσοστό του σκουρότερου από τα δυο χρωματιστά τετράγωνα. Μετά από δοκιμές η μείωση μελανιού σε κάθε κανάλι ορίστηκε σε 69% για μαύρο και κίτρινο και 87% για κυανό και πορφυρό. Τα ποσοστά αυτά εισήχθησαν από το μενού “Setup” > “Imaging Configuration” επιλογή του “mgwstii_Q4p_3164” > “Color Transforms” > “Halftone Properties” > στην θέση για μείωση ποσότητας μελανιού σε κάθε κανάλι χρώματος “Ink reduction”. Εάν μετά την μείωση σε κάθε κανάλι, τα χρωματιστά τετράγωνα στην τονική σκάλα από το 10% έως το 80% φαίνονται σχεδόν ίδια, τότε σημαίνει ότι έχει γίνει σωστή μείωση και έχει επιτευχθεί η εκτύπωση του 100% μόνο με το 80% μελανιού. Το αποτέλεσμα είναι μεγάλη οικονομία στο μελάνι. Βέβαια, η μείωση σε κάθε κανάλι χρώματος επηρεάζει σημαντικά και τη συνολική χρωματική κλίμακα (color gamut) γι’ αυτό δεν πρέπει να γίνεται μείωση πολύ μεγαλύτερη του 70%.



Εικ. 47 Μείωση μελανιών σε κάθε κανάλι χρώματος

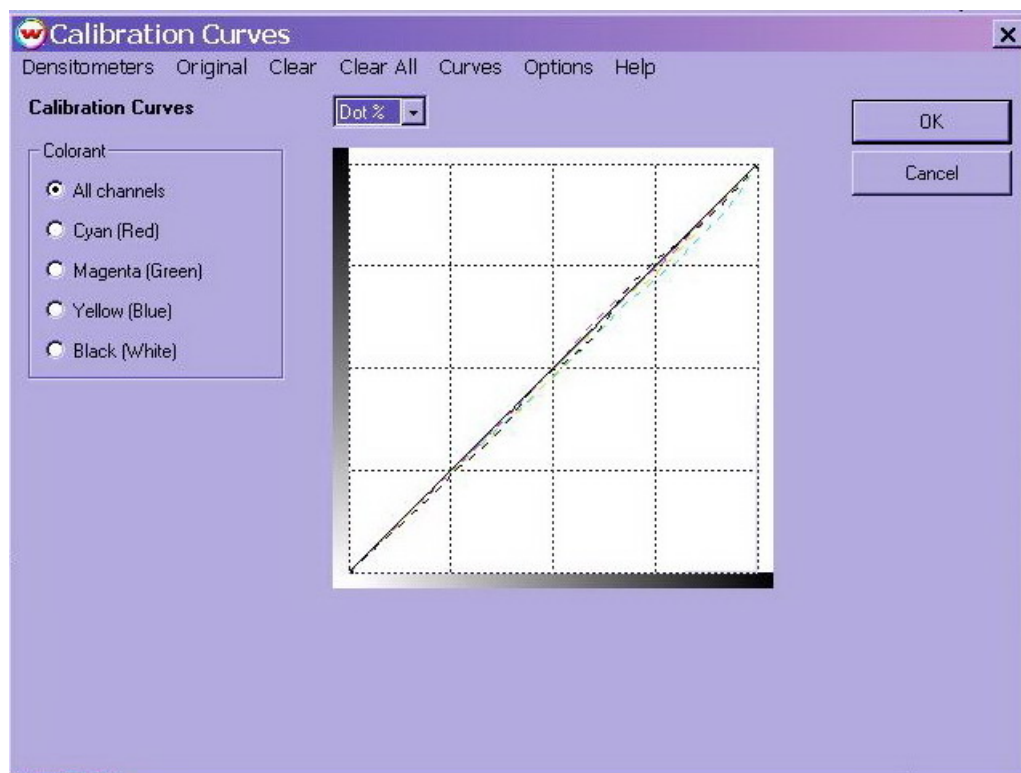
Στην συνέχεια γίνεται ο **διαμερισμός αποχρώσεων (Linearization)** απλά μετρώντας την τονική σκάλα “eyeone.ps” με το φασματοφωτόμετρο, η οποία αποκόπηκε από το υπόλοιπο υπόστρωμα. Οι μετρήσεις γίνονται από το μενού των ρυθμίσεων της εκτυπωτικής μονάδας “Setup” > στο “Imaging Configuration” επιλέγεται το “mgwstii_Q4p_3164” > “Color Transforms” > “Halftone Properties” > επιλογή για βαθμονόμηση “Calibration” > επιλογή του φασματοφωτόμετρου “Eye One Pro” από το μενού Densitometers. {Επιλέγεται βαθμονόμηση από το μενού “Halftone Properties” για κεφαλές σταθερών κουκίδων (print heads with fixed dots) και από το μενού “Calibration” για κεφαλές μεταβλητών κουκίδων (print heads with variable dots).} Γίνεται βαθμονόμηση του φασματοφωτομέτρου, σαρώνεται κάθε τονική σκάλα και στο τέλος εμφανίζεται πίνακας με τις καμπύλες κάθε χρώματος και αποθηκεύονται οι τιμές. Με αυτή την διαδικασία οι τόνοι τοποθετούνται σωστά, δηλαδή κάθε χρωματιστό τετράγωνο έχει ίδια διαφορά πυκνότητας με το προηγούμενο και το επόμενο.



Εικ. 48 Καμπύλες χρωμάτων μετά τον διαμερισμό αποχρώσεων

Έπειτα, γίνεται **επιβεβαίωση του διαμερισμού αποχρώσεων (Confirm Linearization)**. Τυπώνονται ξανά τα αρχεία, αφήνονται να στεγνώσουν και μετράται ξανά η τονική σκάλα “eyeone.ps” όπως στο προηγούμενο βήμα. Αφού τελειώσουν οι μετρήσεις το λογισμικό ερωτά αν θα πρέπει να αντικαταστήσει τις προηγούμενες μετρήσεις με τις νέες και απαντάται ναι. Τότε εμφανίζεται ξανά ο πίνακας με τις καμπύλες κάθε χρώματος όπου

παρατηρείται ότι όλες οι καμπύλες είναι ευθυγραμμισμένες. Αυτό σημαίνει ότι η διαδικασία βαθμονόμησης έγινε σωστά. Τα δεδομένα από αυτήν την μέτρηση όμως δεν πρέπει να αποθηκευτούν οπότε ο χρήστης πρέπει να επιλέξει άκυρο [Cancel] σε όλα τα παράθυρα μέχρι να καταλήξει στην αρχική οθόνη του λογισμικού. Στην εκτύπωση παρατηρήθηκε ότι τα χρώματα έχουν αλλάξει εντελώς συμπεριφορά καθότι πλέον έχει επανέλθει η ισορροπία των γκρι.



Εικ. 49 Καμπύλες χρωμάτων μετά από επιβεβαίωση διαμερισμού αποχρώσεων

Τέλος γίνεται η **συνολική μείωση ποσότητας μελανιού (Ink Limit)** που περικόπτει τους συνδυασμούς μελανιών. Από το αρχείο ελέγχου “generalTest018eyeone.ps” και την σκάλα του “Total limit” επιλέγεται το χρωματιστό τετράγωνο με την τιμή όπου δεν έχει «τρέξει» μελάνι (bleeding) και στο οποίο φαίνονται καθαρά οι γραμμώσεις, που εδώ είναι στην τιμή 275. Η εισαγωγή της τιμής μείωσης γίνεται από το μενού “Setup” > “Imaging Configuration” επιλογή του “mgwstii_Q4p_3164” > “Color Transforms” > στην θέση “Ink Limit (Total Percent)”. Με σωστή μείωση συνολικής ποσότητας μελανιού αποφεύγεται αποδυνάμωση του μελανιού (starvation) και αυξάνεται η ευκρίνεια της εκτύπωσης (definition), αν και εξαρτάται και από τον εκτυπωτή. Μετά την μείωση γίνεται ακόμα μια εκτύπωση ώστε να διαπιστωθεί ότι επιλέχθηκε η σωστή τιμή και πλέον ο εκτυπωτής είναι έτοιμος για την περιγραφή του, δηλαδή την δημιουργία του χρωματικού προφίλ.

5.6 Δημιουργία ICC χρωματικού προφίλ εκτύπωσης

Αφού τελειώσουν οι ρυθμίσεις μέσω του ραστεροποιητή, φτάνει η τελευταία φάση που είναι η δημιουργία του χρωματικού προφίλ. Η διαδικασία ICC χρωματικού προφίλ εκτύπωσης είναι ανάλογη της διαδικασίας που ακολουθήθηκε για το προφίλ της οθόνης, με την διαφορά ότι υπάρχουν κάποιες επιπλέον ρυθμίσεις που πρέπει να γίνουν.

Διαδικασία δημιουργίας ICC χρωματικού προφίλ εκτύπωσης:

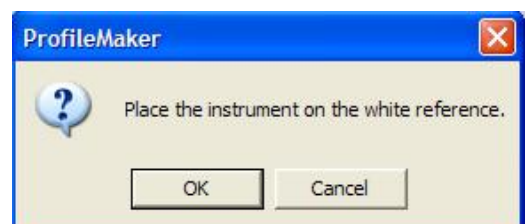
- ❖ 1. Μέσα από το SoftRIP εκτυπώθηκε ο χρωματικός πίνακας (testchart) “ECI2002CMYK1” που περιέχεται στον φάκελο με τους διάφορους χρωματικούς πίνακες του λογισμικού της GretagMacBeth για τις μετρήσεις των χρωμάτων. Οι χρωματικοί πίνακες είναι αρχεία κειμένου με τις γνωστές τιμές χρωμάτων. Επιλέχθηκε ο συγκεκριμένος γιατί καταρχήν είναι αυτός που προτείνεται από την GretagMacbeth και κατά γενική ομολογία δίνει πολύ καλά αποτελέσματα. Πριν συνεχιστεί η διαδικασία πρέπει το μελάνι να στεγνώσει πάρα πολύ καλά για να ληφθούν σωστά δεδομένα.
- ❖ 2. Εκκίνηση του λογισμικού “Profile Maker” της GretagMacBeth και επιλογή του μενού για δημιουργία χρωματικού προφίλ σε εκτυπωτή [Printer].
- ❖ 3. Οι επιλογές που πρέπει να κάνει εδώ ο χρήστης είναι διαφορετικές από αυτές για την οθόνη. Οι πρώτες ρυθμίσεις που γίνονται είναι για το μέγεθος του χρωματικού προφίλ [Profile Size] ορισμένο στο “Default” (κανονικό μέγεθος και όχι μεγάλο), την αντιληπτική μετατόπιση χρωματικών πληροφοριών ως προς το υπόστρωμα [Perceptual Rendering Intent] ορισμένο στο “Paper-coloured Gray” δηλαδή συνυπολογίζει ότι το χαρτί δεν είναι το απόλυτο λευκό και για τον αλγόριθμο χαρτογράφησης της χρωματικής κλίμακας [Gamut Mapping] ορισμένο στο “LOGO Classic” που διατηρεί την ακρίβεια στην απόχρωση και την φωτεινότητα χάνοντας όμως λίγο στον κορεσμό. Αυτό που πρέπει να επιλεγθεί σωστά είναι οι συνθήκες φωτισμού [Viewing Light Source] που θα προβάλλονται τα εντυπωθέντα καθώς αυτό μπορεί να επηρεάσει συνολικά το εύρος του χρωματικού προφίλ αφού όπως έχει προαναφερθεί θα αλλάξει το φάσμα της φωτεινής πηγής επομένως και το αποτέλεσμα από την ανάκλαση του φωτός στο εντυπωθέν υπόστρωμα. Επιλέχθηκε πάλι D65 που είναι για το φως ημέρας και αντιστοιχεί στην θερμοκρασία χρώματος που έχει επιλεγθεί ως σ’ αυτό το σημείο. Επιπλέον, υπάρχει στο πρόγραμμα η επιλογή για διόρθωση λεύκανσης [Correct for Optical Brightener] σε περίπτωση χρήσης ουσιών τόνωσης χρωμάτων (Brighteners) ή υπεριδρών UV μελανιών, η οποία πρέπει να είναι πάντα επιλεγμένη.

4. Στην αναδιπλούμενη λίστα με τίτλο “Reference Data” γίνεται επιλογή του χρωματικού πίνακα “ECI2002CMYKi1.txt” που έχει εκτυπωθεί.



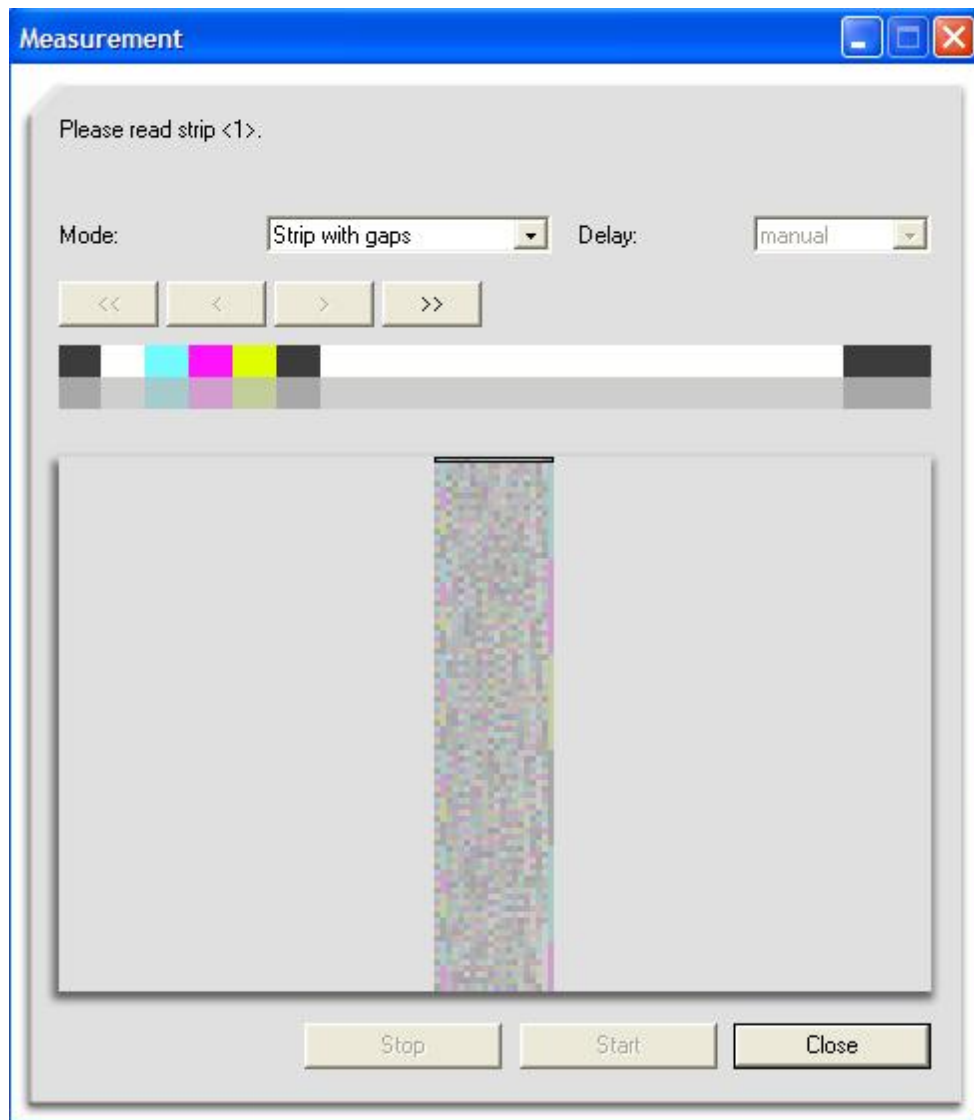
Εικ. 50 Δημιουργία ICC χρωματικού προφίλ εκτυπωτή βήμα#4

5. Στην αναδιπλούμενη λίστα με τίτλο “Measurement Data” γίνεται επιλογή του φασματοφωτομέτρου Eye One Pro ώστε ο χρήστης να ξεκινήσει την μέτρηση του χρωματικού πίνακα. Όπως και στο χρωματικό προφίλ για οθόνη, εμφανίζεται παράθυρο για βαθμονόμηση του φασματοφωτομέτρου.



Εικ. 51 Δημιουργία ICC χρωματικού προφίλ εκτυπωτή βήμα#5

6. Επόμενο παράθυρο αυτό των μετρήσεων του χρωματικού πίνακα. Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να επιλέξει σε αυτό το λογισμικό αν θα κάνει τις μετρήσεις ανά σειρά [Strip with gaps] ή ανά χρωματιστό τετράγωνο [Patch] με δυνατότητα χειροκίνητης μέτρησης και ανά καθορισμένο χρόνο. Επιλέχθηκε η μέτρηση ανά σειρά που είναι γρηγορότερη. Το λογισμικό ενημερώνει τον χρήστη για ποια σειρά πρέπει να σαρώσει και αν η μέτρηση που έκανε κάθε φορά είναι σωστή ή θα πρέπει να την επαναλάβει. Μόλις τελειώσουν οι μετρήσεις και ο χρήστης επιλέξει να κλείσει το παράθυρο, το λογισμικό εμφανίζει άλλο παράθυρο για την αποθήκευση των μετρήσεων. Τα δεδομένα της μέτρησης αποθηκεύονται ως αρχείο κειμένου (ίδια μορφή με τους χρωματικούς πίνακες) στον φάκελο λογισμικού της GretagMacBeth με τα δεδομένα μετρήσεων [Measurement Data] και πρέπει ο χρήστης να δώσει περιγραφικό όνομα ώστε να ξέρει για ποιο μηχάνημα και με ποια στοιχεία έχει γίνει αυτή η μέτρηση ώστε να μπορεί να την ξαναχρησιμοποιήσει. Τα δεδομένα εμφανίζονται αυτόματα στην λίστα με τα “Measurement Data”, διαφορετικά τότε ο χρήστης τα αναζητεί στον σκληρό δίσκο.



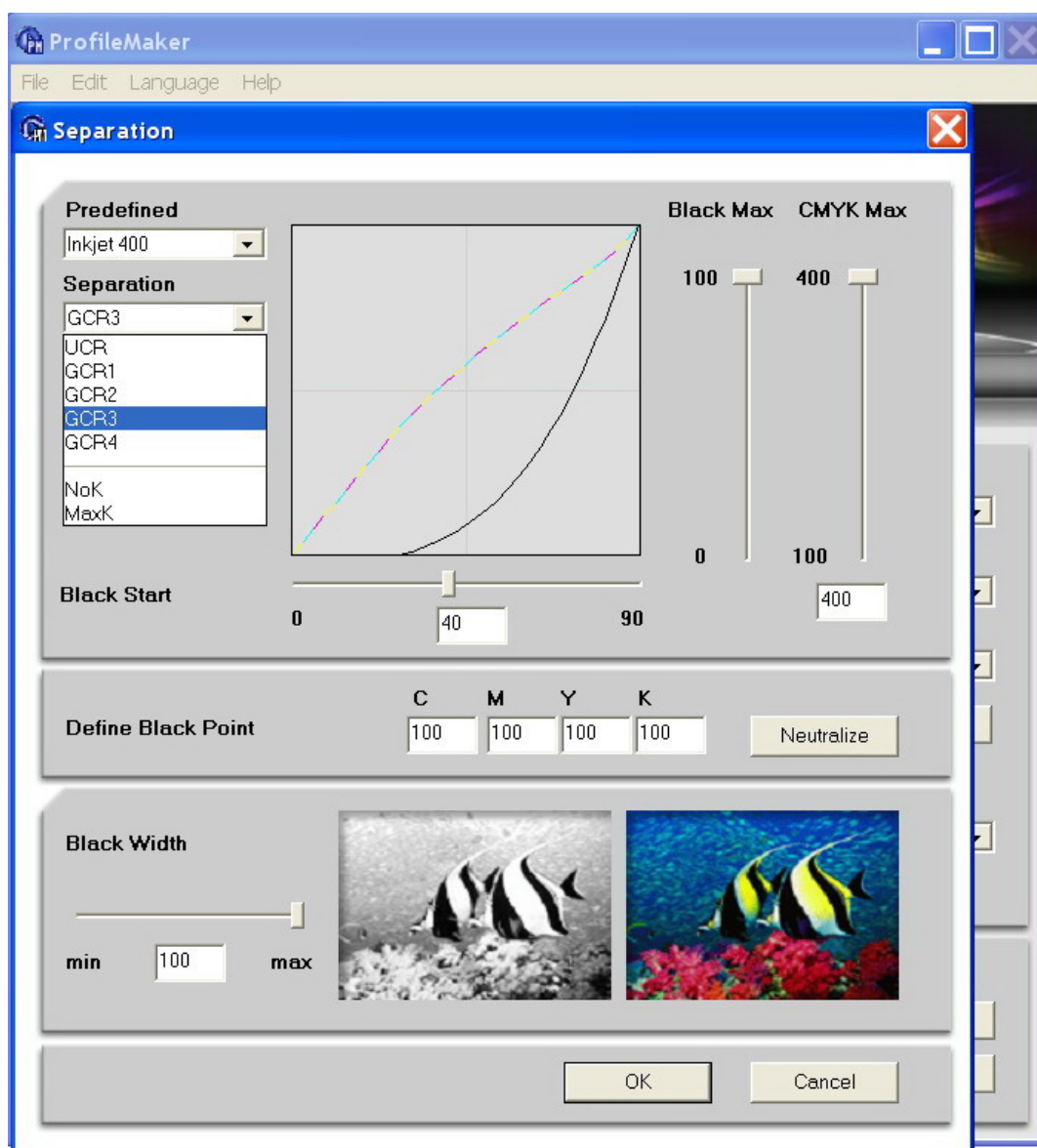
Εικ. 52 Δημιουργία ICC χρωματικού προφίλ εκτυπωτή βήμα#6



Εικ. 53 Δημιουργία ICC χρωματικού προφίλ εκτυπωτή βήμα#6, μετά την αποθήκευση των μετρήσεων

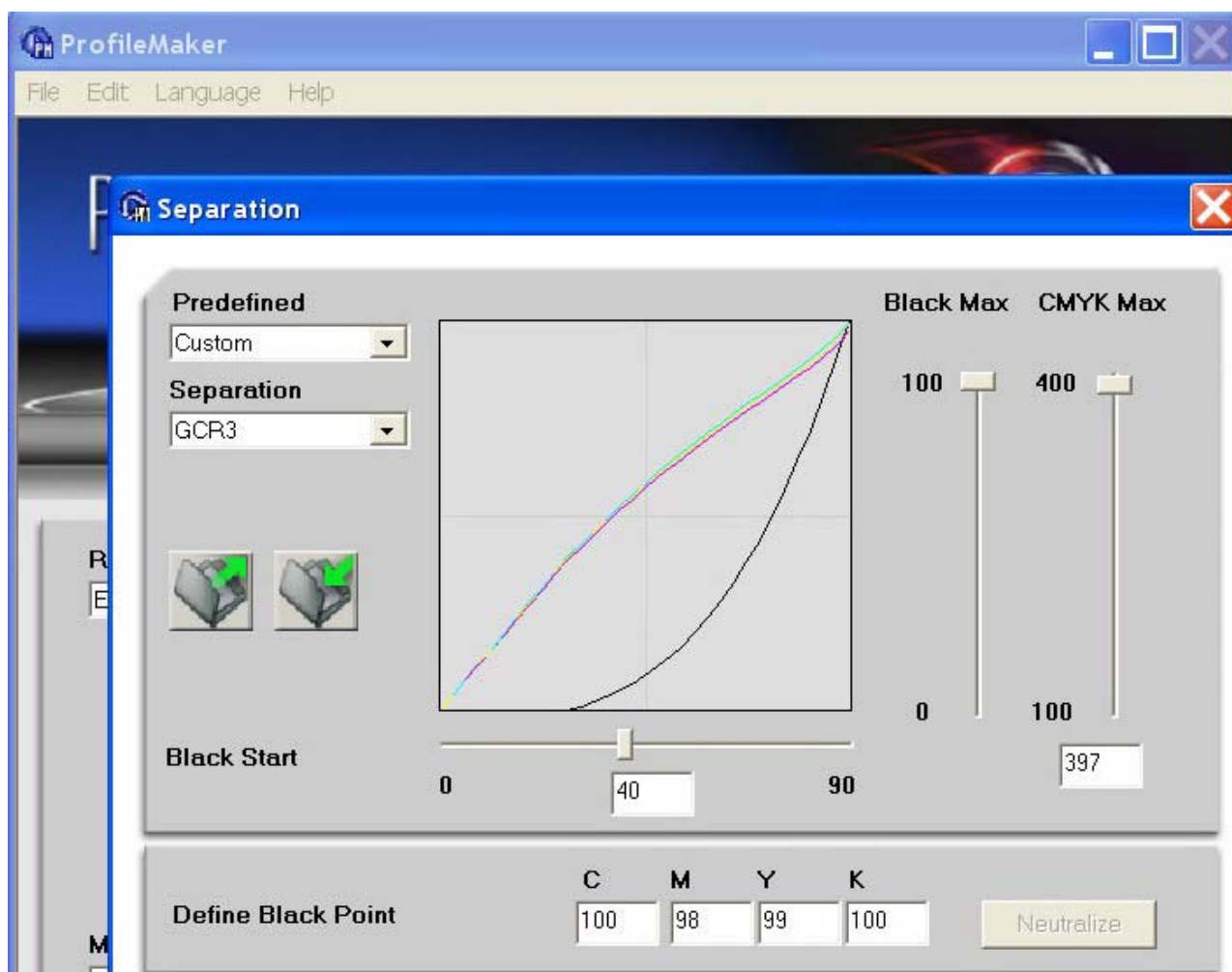
7. Αφού έγιναν όλα τα προηγούμενα, μπορεί να επιλεχθεί το κουμπί “Separation” όπου καθορίζεται με ποιον τρόπο θα γίνουν οι διαχωρισμοί και οι αναμίξεις των χρωμάτων. Με την επιλογή ανοίγει νέο παράθυρο με τις παραμέτρους που μπορούν να οριστούν ανάλογα την μέθοδο εκτύπωσης [Predefined] και τα επιθυμητά αποτελέσματα. Από τις αναδιπλούμενες λίστες επιλέχθηκε ως μέθοδος εκτύπωσης, η ψηφιακή εκτύπωση έγχυσης για εκτυπωτές παραγωγής “Inkjet 400” και ως διαχωρισμός “Separation”, ο GCR3 ο οποίος δεν αντικαθιστά πλήρως την αχρωματική σύνθεση του χρώματος αλλά ένα ποσοστό της σκιερότητας. Υπάρχουν και άλλοι τύποι διαχωρισμού GCR αλλά χρησιμοποιήθηκε ο GCR3 καθώς θεωρείται ότι δίνει καλύτερα αποτελέσματα για εκτύπωση εικόνων στην ψηφιακή εκτύπωση. Στην συνέχεια

ρυθμίζονται κάποιες επιπλέον παράμετροι. Η μπάρα για ρύθμιση του μέγιστου μαύρου “Black Max”, η οποία μένει στο μέγιστο. Η μπάρα για ρύθμιση μέγιστου αθροίσματος των τεσσάρων χρωμάτων “CMYK Max” που επίσης μένει στο μέγιστο για αυτή την εφαρμογή. Πρέπει να σημειωθεί ότι το “CMYK Max” είναι διαφορετικό από την συνολική ποσότητα μελάνης (Ink limit). Η συνολική μείωση ποσότητας μελάνης έχει ήδη γίνει και πάνω στα αποτελέσματα της στηρίζεται η δημιουργία του χρωματικού προφίλ. Επιπλέον υπάρχει η μπάρα για ρύθμιση ποσοστού εκκίνησης του μαύρου “Black Start”, στην οποία ορίζεται σε ποιο σημείο των ανοιχτών τόνων θα ξεκινά η αντικατάσταση του τρίτου χρώματος CMY με μαύρο (αναλόγως του τύπου διαχωρισμού δηλαδή UCR ή GCR). Εδώ ρυθμίστηκε στο 40 ώστε να βγουν «δυνατά» χρώματα.



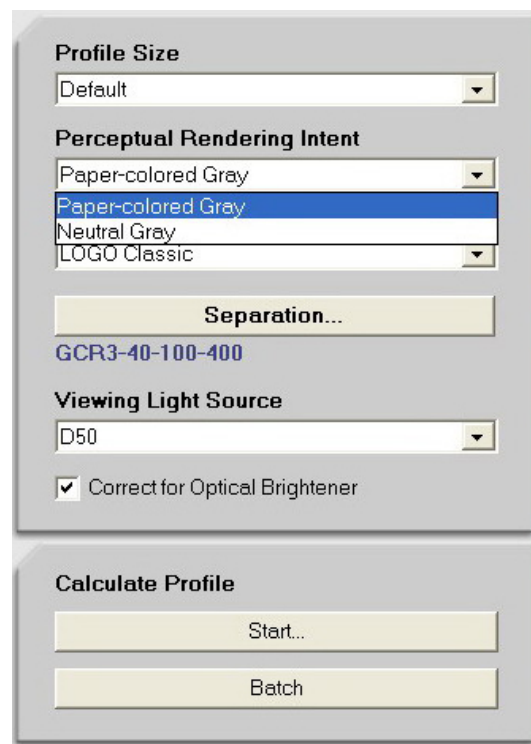
Εικ. 54 Δημιουργία ICC χρωματικού προφίλ εκτυπωτή βήμα#7

8. Στην συνέχεια πρέπει να γίνει καθορισμός του μαύρου σημείου “Define Black Point”. Με την επιλογή ουδετεροποίησης “Neutralize”, ο χρήστης είναι σε θέση να ουδετεροποιήσει τα γκρι που βγάζει η μίξη των CMY χρωμάτων με βάση τον διαχωρισμό που έχει επιλέξει καθώς και τις χρωματικές πληροφορίες που έχουν συλλεχθεί. Πρέπει κάθε φορά να γίνεται “Neutralize” γιατί με αυτό τον τρόπο επαναφέρεται η ισορροπία των γκρι. Παρατηρήθηκε ότι μετά την επιλογή του κάποια από τα χρώματα μπορεί να μειωθούν, το ίδιο και το άθροισμα των τεσσάρων χρωμάτων. Αυτό είναι φυσικό αφού το λογισμικό διορθώνει την ισορροπία των γκρι. Ο χρήστης μπορεί επιπλέον να αλλάξει και την δύναμη «αντικατάστασης του χρωματικού γκρι» GCR από την κλίμακα “Black Width”, η οποία υπαγορεύει σε πιο σημείο των μεσαίων τόνων θα εισέρθει το μαύρο στις συνθέσεις των χρωμάτων, δηλαδή στην ουσία αλλάζει το βάθος χρώματος. Εδώ επιλέχθηκε να μείνει στο μέγιστο. Γίνεται αποδοχή των επιλογών και επιστροφή στο προηγούμενο μενού.



Εικ. 55 Δημιουργία ICC χρωματικού προφίλ εκτυπωτή βήμα#8

9. Αφού όλες οι παράμετροι ήταν εντάξει, δημιουργήθηκε το ICC χρωματικό προφίλ από το μενού υπολογισμού χρωματικού προφίλ “Calculate Profile” με επιλογή “Start” και κατόπιν η αποθήκευση του.



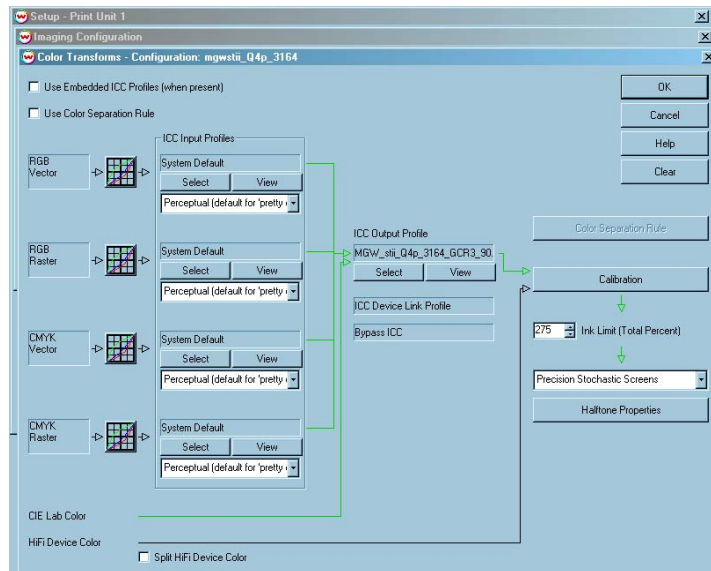
Εικ. 56 Δημιουργία ICC χρωματικού προφίλ εκτυπωτή βήμα#9

5.7 Εκτίμηση τελικής εκτύπωσης

Στο τελικό στάδιο το δημιουργημένο ICC χρωματικό προφίλ εισήχθηκε στο σχήμα “mgwstii_Q4p_3164”. Το ICC χρωματικό προφίλ πήρε την θέση του στην διαχείριση χρώματος του SoftRIP από το μενού “Setup” > “Imaging Configuration” επιλογή του “mgwstii_Q4p_3164” > “Color Transforms” > και εισαγωγή στην λίστα χρωματικών προφίλ εξόδου “ICC Output Profiles”. Μετά την εισαγωγή του ICC χρωματικού προφίλ στις χρωματικές μετατροπές “Color Transforms”, παρατηρείται ότι οι συνδέσεις μεταξύ των χρωματικών προφίλ αλλάζουν.

Αφού αποθηκεύτηκαν οι αλλαγές έγινε ξανά εκτύπωση των αρχείων ώστε να εκτιμηθεί το εκτυπωτικό αποτέλεσμα. Η αρχική με την τελική εκτύπωση δεν έχουν πια καμιά σχέση. Καταρχήν η συνολική εμφάνιση των εικόνων έχει βελτιωθεί όσο αφορά την ευκρίνεια και τον σχηματισμό των κουκίδων. Σε σχέση με την αρχική έχουν διορθωθεί πολλά: η φωτεινότητα, η σκιερότητα, οι διαβαθμίσεις των τόνων και φυσικά οι ποσότητες των μελανιών.

Παρακάτω παραθέτονται πίνακες με μετρήσεις των τονικών σκαλών οι οποίες έχουν ληφθεί μετά από κάθε αλλαγή στην διαδικασία βαθμονόμησης. Εδώ χρησιμοποιήθηκε και πάλι το Eye One Pro, το οποίο έχει την δυνατότητα μέτρησης φωτός όπως και τα πυκνόμετρα.



Εικ. 57 Μεταβολή των συνδέσεων μετά την εισαγωγή του χρωματικού προφίλ

Πυκνομετρήσεις

Δείγμα: mgwstii_Q4p_3164 (όλα στο 100%)																		
	0	15	31	47	63	79	95	111	127	143	159	175	191	207	223	239	255	
	100%	93,75%	87,50%	81,25%	75%	68,75%	62,50%	56,25%	50%	43,75%	37,50%	31,25%	25%	18,75%	12,50%	6,25%	0%	
D _C	2,32	2,25	2,13	1,85	1,47	1,10	0,82	0,64	0,53	0,48	0,42	0,37	0,32	0,25	0,19	0,12	0,05	
XYZ _c	9,5	10,4	11,6	13,7	17,6	23,7	31,4	38,9	44,7	47,7	51,0	55,0	59,0	64,8	70,8	77,8	86,5	
	15,7	17,2	19,2	22,6	28,0	35,4	43,9	51,5	57,1	59,7	62,5	65,9	69,2	73,8	78,4	83,6	89,9	
	43,6	45,7	48,4	52,5	57,6	63,0	67,5	70,7	72,6	73,1	73,6	74,3	74,8	75,5	76,1	76,4	77,0	
D _M	2,05	1,97	1,81	1,56	1,26	0,96	0,72	0,57	0,48	0,43	0,39	0,33	0,28	0,22	0,17	0,11	0,05	
XYZ _M	28,5	29,9	31,7	34,9	39,3	45,0	51,5	56,9	60,8	62,7	64,7	67,7	70,3	73,5	77,0	81,5	86,3	
	14,1	14,9	16,1	18,4	22,1	28,0	35,6	42,5	47,7	50,8	53,8	58,4	62,6	67,9	73,9	81,4	89,7	
	7,9	9,4	11,7	15,7	21,8	29,7	38,7	46,1	51,1	53,6	56,0	59,2	62,1	65,4	68,8	72,7	76,7	
D _Y	1,08	1,05	1,03	1,00	0,96	0,92	0,87	0,82	0,77	0,71	0,64	0,56	0,46	0,36	0,27	0,15	0,05	
XYZ _Y	66,1	66,7	67,1	67,5	68,0	68,5	69,0	69,7	70,5	71,1	72,2	73,2	74,8	76,8	78,7	82,0	86,3	
	67,3	68,3	69,1	69,8	70,7	71,7	72,6	73,8	75,0	76,0	77,5	78,7	80,5	82,5	84,1	86,7	89,7	
	3,4	3,6	3,8	4,1	4,7	5,3	6,3	7,5	8,9	10,7	13,7	17,5	23,6	31,2	41,2	56,1	76,6	
D _K	2,53	2,51	2,50	2,42	2,33	2,21	1,92	1,78	1,62	1,37	1,10	0,96	0,80	0,58	0,40	0,24	0,06	
XYZ _K	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	1,2	1,6	2,3	4,1	7,7	10,6	15,4	25,7	38,8	56,0	85,0	
	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	1,2	1,6	2,4	4,2	8,0	10,9	15,9	26,6	40,4	58,2	88,3	
	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,9	1,2	1,7	3,1	6,3	8,7	12,8	22,1	34,0	49,4	75,5	

Δείγμα: mgwstii_Q4p_3164_ink red4 (μετά από μείωση ποσότητας μελανιού σε κάθε κανάλι)																		
	0	15	31	47	63	79	95	111	127	143	159	175	191	207	223	239	255	
	100%	93,75%	87,50%	81,25%	75%	68,75%	62,50%	56,25%	50%	43,75%	37,50%	31,25%	25%	18,75%	12,50%	6,25%	0%	
D _C	2,23	2,09	1,94	1,66	1,31	0,98	0,72	0,57	0,47	0,43	0,38	0,33	0,28	0,23	0,17	0,12	0,05	
XYZ _c	10,4	11,4	12,7	15,1	19,5	26,1	34,6	41,8	47,7	50,7	53,4	57,4	61,5	66,1	71,6	78,0	85,3	
	17,2	18,8	21,0	24,6	30,3	38,0	46,9	54,0	59,5	62,1	64,4	67,7	70,9	74,5	78,7	83,4	88,7	
	45,2	47,4	50,0	53,7	58,5	63,3	67,5	70,0	71,7	72,3	72,7	73,3	73,8	74,2	74,8	75,3	75,8	
D _M	1,93	1,83	1,69	1,43	1,14	0,88	0,67	0,53	0,45	0,41	0,36	0,32	0,27	0,22	0,17	0,11	0,05	
XYZ _M	29,6	29,6	33,1	36,3	40,9	46,2	52,4	57,7	61,2	63,1	65,5	67,6	70,1	73,4	76,7	80,8	85,2	
	14,8	15,0	17,1	19,7	24,0	29,8	37,4	44,3	49,2	52,1	55,7	59,1	63,2	68,4	74,0	80,8	88,5	
	9,5	10,8	13,7	18,1	24,3	32,0	40,6	47,5	52,0	54,4	57,0	59,5	62,2	65,2	68,4	71,9	75,5	
D _Y	0,94	0,91	0,88	0,86	0,81	0,77	0,73	0,68	0,64	0,59	0,53	0,46	0,37	0,29	0,21	0,13	0,05	
XYZ _Y	67,1	67,6	68,0	68,5	68,9	69,6	70,2	70,6	71,1	71,7	72,6	73,9	75,5	77,3	79,7	82,3	85,5	
	70,1	71,0	71,6	72,4	73,2	74,2	75,1	75,7	76,5	77,3	78,4	79,7	81,1	82,7	84,7	86,5	88,8	
	5,0	5,6	6,1	6,6	7,7	8,9	10,0	11,8	13,6	16,1	18,9	23,7	30,7	39,1	48,5	60,5	75,7	
D _K	2,26	2,17	2,12	1,94	1,83	1,71	1,51	1,41	1,26	1,05	0,95	0,82	0,66	0,51	0,35	0,20	0,05	
XYZ _K	0,5	0,7	0,7	1,1	1,4	1,9	3,0	3,7	5,3	8,5	10,8	14,4	21,1	29,5	42,9	61,3	85,5	
	0,5	0,6	0,7	1,1	1,4	1,9	3,0	3,7	5,4	8,7	11,0	14,8	21,8	30,6	44,5	63,6	88,8	
	0,4	0,5	0,5	0,7	0,9	1,2	2,0	2,6	3,8	6,6	8,4	11,5	17,5	25,1	37,1	53,9	75,7	

Μετά τη μείωση ποσότητας μελανιού σε κάθε κανάλι, παρατηρείται ότι οι πυκνότητες μένουν σχεδόν αμετάβλητες στους ανοιχτούς τόνους ενώ υπάρχει μεγάλη μείωση στα σκούρα χρώματα. Φαίνεται σαν να έγινε συμπίεση της σκάλας στους σκούρους τόνους, ενώ από το 80% και κάτω οι μετρήσεις μειώνονται αρκετά απότομα, κάτι που φαίνεται και οπτικά. Επιπλέον, το γεγονός ότι μεταξύ των ποσοστών 20-80% δεν φαίνεται ιδιαίτερη οπτική διαφορά μεταξύ των χρωματιστών τετραγώνων είναι μια ένδειξη ότι οι μειώσεις έχουν γίνει σωστά.

Δείγμα: mgwstij_Q4p_3164 (μετά από μετρήσεις για επιβεβαίωση διαμερισμού αποχρώσεων)																	
	0	15	31	47	63	79	95	111	127	143	159	175	191	207	223	239	255
	100%	93,75%	87,50%	81,25%	75%	68,75%	62,50%	56,25%	50%	43,75%	37,50%	31,25%	25%	18,75%	12,50%	6,25%	0%
D _C	2,23	2,13	2,04	1,92	1,79	1,61	1,50	1,33	1,19	1,07	0,93	0,78	0,63	0,49	0,34	0,20	0,05
XYZ _C	10,5	11,2	12,0	12,9	13,9	15,3	16,7	18,8	21,2	23,8	27,5	32,5	39,0	46,9	56,9	68,7	85,7
	17,4	18,6	19,9	21,3	22,7	24,7	26,6	29,2	32,2	35,3	39,5	44,7	51,3	58,8	67,3	76,6	89,1
	45,6	47,3	49,0	50,6	52,0	53,8	55,7	57,8	59,9	62,1	64,4	66,9	69,7	72,0	73,6	75,0	76,2
D _M	1,95	1,85	1,73	1,59	1,48	1,37	1,27	1,15	1,01	0,90	0,79	0,67	0,55	0,42	0,31	0,18	0,05
XYZ _M	29,9	31,2	32,5	34,2	35,5	37,1	38,7	40,6	43,2	45,8	49,0	53,6	57,4	62,8	68,4	75,8	85,7
	14,9	15,8	16,6	18,0	19,0	20,4	21,8	23,7	26,5	29,3	32,9	37,4	43,6	51,2	60,1	72,3	89,0
	9,6	11,1	12,8	14,9	16,9	18,9	21,2	23,9	27,5	31,2	35,5	40,5	46,9	53,9	60,4	67,7	76,1
D _Y	0,93	0,87	0,82	0,77	0,73	0,67	0,61	0,57	0,52	0,47	0,41	0,35	0,30	0,24	0,19	0,12	0,05
XYZ _Y	67,9	68,5	69,2	69,9	70,3	71,0	71,9	72,5	73,2	73,9	75,0	76,1	77,2	78,8	80,2	82,4	85,7
	71,0	72,1	73,4	74,4	75,3	76,2	77,4	78,1	79,0	79,8	80,8	81,7	82,7	84,0	85,1	86,8	89,0
	5,3	6,3	7,6	8,7	10,0	12,3	15,0	16,7	20,0	23,1	27,4	32,4	37,6	44,9	51,2	61,3	76,0
D _K	2,25	2,16	2,04	1,97	1,88	1,71	1,55	1,50	1,28	1,13	1,02	0,88	0,73	0,55	0,40	0,22	0,05
XYZ _K	0,5	0,7	0,9	1,0	1,3	1,9	2,7	3,0	5,1	7,1	9,3	12,5	17,8	27,1	38,2	58,2	85,7
	0,5	0,7	0,9	1,0	1,3	1,9	2,7	3,0	5,1	7,2	9,5	12,9	18,3	28,1	39,6	60,5	89,0
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,2	1,8	2,0	3,7	5,3	7,2	9,9	14,6	23,0	33,0	51,3	76,1

Μετά τον διαμερισμό αποχρώσεων και την επιβεβαίωση του διακρίνεται ότι οι τόνοι έχουν απλωθεί ομοιόμορφα σε βαθμιαίες ποσότητες γεγονός που διαπιστώνεται και από τις πυκνομετρήσεις. Οι ακραίες τιμές των σκούρων έχουν παραμείνει σταθερές ενώ οι δυνάμεις των υπόλοιπων διαβαθμίσεων απλώνονται ισόποσα προς τους ανοιχτούς τόνους.

Δείγμα: mgwstij_Q4p_3164 (μετά από συνολική μείωση ποσότητας μελανιού- ink limit)																	
	0	15	31	47	63	79	95	111	127	143	159	175	191	207	223	239	255
	100%	93,75%	87,50%	81,25%	75%	68,75%	62,50%	56,25%	50%	43,75%	37,50%	31,25%	25%	18,75%	12,50%	6,25%	0%
D _C	2,23	2,15	2,05	1,91	1,80	1,68	1,55	1,39	1,26	1,09	0,95	0,80	0,64	0,50	0,35	0,21	0,05
XYZ _C	10,5	11,1	11,9	12,9	13,9	14,9	16,3	18,3	20,4	23,6	27,0	31,9	38,6	46,3	56,2	68,2	85,8
	17,3	18,4	19,7	21,2	22,7	24,2	26,2	28,7	31,4	35,2	39,0	44,2	50,9	58,3	66,8	76,3	89,2
	45,7	47,2	48,9	50,5	52,2	53,7	55,4	57,5	59,7	62,1	64,3	66,8	69,5	72,0	73,6	75,0	76,2
D _M	1,90	1,82	1,71	1,58	1,47	1,35	1,26	1,14	1,00	0,90	0,80	0,67	0,55	0,42	0,31	0,18	0,05
XYZ _M	30,9	31,8	33,1	34,8	36,3	37,8	39,4	41,4	44,0	46,4	49,1	53,1	57,5	62,9	68,3	75,7	85,8
	15,5	16,2	17,1	18,3	19,5	20,9	22,3	24,2	27,0	29,6	32,9	37,7	43,5	51,3	60,0	72,1	89,1
	10,4	11,9	13,6	15,6	17,7	19,8	22,0	24,7	28,3	31,7	35,6	40,9	46,9	53,8	60,2	67,6	76,2
D _Y	0,94	0,89	0,83	0,77	0,73	0,68	0,62	0,55	0,52	0,46	0,41	0,36	0,30	0,24	0,19	0,12	0,05
XYZ _Y	67,6	68,3	69,3	69,9	70,4	71,2	71,9	72,5	73,1	74,2	75,2	76,3	77,5	78,8	80,3	82,5	85,6
	70,6	71,8	73,3	74,4	75,2	76,4	77,4	78,1	78,9	80,0	81,0	82,1	83,1	84,1	85,2	86,8	89,0
	5,0	6,0	7,4	8,7	10,1	11,9	14,2	16,6	19,4	23,6	27,5	32,0	37,8	44,0	51,1	61,5	76,1
D _K	2,28	2,16	2,01	1,91	1,81	1,67	1,56	1,41	1,28	1,02	0,91	0,80	0,64	0,51	0,36	0,22	0,05
XYZ _K	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5	2,1	2,6	3,7	5,1	9,1	11,8	15,4	22,3	29,9	42,6	58,5	85,7
	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5	2,1	2,6	3,7	5,1	9,4	12,1	15,9	23,1	31,0	44,2	60,8	89,1
	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	1,4	1,7	2,6	3,7	7,3	9,6	12,6	18,9	25,6	37,2	51,5	76,2

Μετά την συνολική μείωση ποσότητας μελανιού δεν υπάρχουν ιδιαίτερες διαφοροποιήσεις στις μετρήσεις σε σχέση με την τονική σκάλα όπου έγιναν οι διαμερισμοί αποχρώσεων. Το σημείο που παρατηρείται

μεγαλύτερη αλλαγή είναι στο μαύρο στην περιοχή από τους μεσαίους προς τους ανοιχτούς τόνους. Αυτό συμβαίνει γιατί με την διόρθωση της συνολικής ποσότητας μελανιού διορθώνονται οι συνδυασμοί των μελανιών.

Δείγμα: mgwstij_Q4p_3164 (μετά την δημιουργία του ICC χρωματικού προφίλ)																	
	0	15	31	47	63	79	95	111	127	143	159	175	191	207	223	239	255
	100%	93,75%	87,50%	81,25%	75%	68,75%	62,50%	56,25%	50%	43,75%	37,50%	31,25%	25%	18,75%	12,50%	6,25%	0%
D _C	1,28	1,24	1,14	1,07	0,96	0,86	0,77	0,66	0,56	0,49	0,44	0,36	0,30	0,24	0,19	0,15	0,05
XYZ _c	18,8	19,4	21,1	23,1	26,2	28,3	31,3	34,7	39,1	43,6	46,9	50,9	56,0	62,2	66,9	71,7	85,7
	29,7	30,4	32,2	34,5	37,8	39,1	41,6	44,4	48,0	52,2	55,4	58,2	62,5	68,2	72,8	76,7	89,1
	52,9	53,6	54,8	58,6	62,2	61,6	63,8	62,8	63,5	66,2	68,4	65,2	67,5	70,0	68,6	69,7	76,1
D _M	1,35	1,27	1,12	1,00	0,88	0,79	0,69	0,60	0,52	0,45	0,39	0,34	0,28	0,22	0,17	0,12	0,05
XYZ _M	32,7	33,6	35,5	37,0	39,3	40,5	43,4	46,0	48,8	52,2	55,6	58,8	62,1	67,3	70,9	75,0	85,7
	18,4	19,4	21,7	23,8	26,7	28,9	32,7	36,3	40,3	44,9	49,2	53,6	58,3	64,8	70,4	76,3	89,0
	17,7	18,7	20,3	22,4	25,2	26,9	30,2	33,0	36,7	40,0	44,0	47,9	52,6	57,4	62,2	66,8	76,1
D _Y	0,75	0,70	0,68	0,65	0,62	0,55	0,49	0,45	0,40	0,33	0,28	0,25	0,22	0,18	0,14	0,08	0,05
XYZ _Y	67,6	67,9	68,1	68,3	68,7	69,7	70,9	71,8	72,4	73,8	74,6	75,5	75,8	77,3	78,6	79,9	85,8
	70,1	70,6	70,9	71,3	71,7	73,1	74,1	75,2	75,8	77,2	77,5	78,8	79,0	81,1	82,4	84,0	89,2
	9,9	11,4	12,2	13,3	15,0	18,2	22,4	25,1	28,7	34,7	40,3	43,3	47,0	52,6	58,5	65,3	76,3
D _K	1,55	1,52	1,28	1,06	0,96	0,86	0,78	0,69	0,62	0,55	0,49	0,44	0,38	0,33	0,28	0,19	0,05
XYZ _K	2,7	2,9	5,0	8,3	10,6	13,2	16,1	19,7	23,3	27,1	30,8	34,7	39,7	45,1	50,9	62,8	85,7
	2,9	3,1	5,4	9,1	11,4	14,2	17,2	21,0	24,7	28,9	32,8	36,9	42,1	47,7	53,9	66,1	89,1
	2,2	2,2	4,3	7,8	9,8	12,0	14,3	17,3	21,3	24,0	27,1	30,3	34,8	40,9	46,2	57,3	76,1

Στην τελική εκτύπωση τα αποτελέσματα είναι εντελώς διαφορετικά. Όλες οι πυκνότητες έχουν μειωθεί κατά μια μονάδα τουλάχιστον και έχουν αυξηθεί οι τιμές που περιγράφουν τα χρώματα. Αυτό σημαίνει ότι τα χρώματα έχουν γίνει πιο καθαρά και ζωντανά, γεγονός που διαπιστώνεται και από τα δείγματα.

Εν κατακλείδι, η τελική εκτύπωση είναι χρωματικά σωστή. Τα χρώματα της εικόνας ταιριάζουν με αυτά που φαίνονται στην οθόνη και οι τόνοι είναι σωστά μοιρασμένοι στα ανοιχτά, στα μεσαία και στα σκούρα σημεία. Δεν υπάρχουν δηλαδή έντονες σκούρες ή πολύ φωτεινές περιοχές, αντιθέτως τα χρώματα σβήνουν ομοιόμορφα. Επιπλέον η εικόνα δεν είναι πια «άγρια» αλλά έχει αποδοθεί με μεγαλύτερη ευκρίνεια. Στις εικόνες ελέγχου διαπιστώνεται ότι επικρατεί πλέον ισορροπία των γκρι και δεν υπάρχουν σημεία με υπερχειλισμένο μελάνι ή παραμορφώσεις στις λεπτομέρειες. Επομένως, όχι μόνο το ICC χρωματικό προφίλ αλλά και όλο το στήσιμο της διαχείρισης χρώματος ήταν επιτυχημένο.

❖ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ❖

- ❖ 1. **GATF Glossary of Graphic Arts Terms**, second edition, *Pamela J. Groff*. (1994) Graphic Arts Technical Foundation
- ❖ 2. **Fundamentals of Color and Appearance**. (2003) GretagMacbeth
- ❖ 3. **Practical Color Management**, *Eddie Tapp*. (2006) O'reilly Media
- ❖ 4. **Print + Color Handbook**, *Constance Sidles, Rick Sutherland, Barb Karg*. (2005) Rockport Publishers
- ❖ 5. **Quick Start Guide: Profile Maker 5**. (2003) GretagMacbeth
- ❖ 6. **Real World Color Management**, Industrial-Strength Production Techniques, second edition, *Bruce Fraser, Chris Murphy, Fred Bunting*. (2005) Peachpit Press
- ❖ 7. **Service manual ST-1806**. (2007) DGI
- ❖ 8. **User Manual: Wasatch SoftRIP**. (2006) Wasatch Computer Technology
- ❖ 9. **Εισαγωγή στην πληροφορική**, 4^η έκδοση, *Α.Γ. Τσουροπλής, Σ.Κ. Κλημόπουλος*. (2003) Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών
- ❖ 10. **Οπτική**, *Κ.Δ. Αλεξόπουλου, Δ.Ι. Μαρίνου*. (1992) Βιβλιοπωλείο Κοκοτσάκη
- ❖ 11. **Σημειώσεις για το μάθημα Ειδικά Θέματα Επεξεργασίας Εντύπων**, *Κυριάκος Σταθάκης*. (2007) ΑΤΕΙ Αθήνας
- ❖ 12. **Σημειώσεις για το μάθημα Χρώματος**, *Κυριάκος Σταθάκης*. (2002) ΑΤΕΙ Αθήνας
- ❖ 13. **Σημειώσεις στα μελάνια και φωτοευπαθείς ενώσεις**, *Δρ. Πότης Ν. Παπαδάκος*. (2004) ΑΤΕΙ Αθήνας
- ❖ 14. **Σημειώσεις Ψηφιακής Εκτύπωσης**, *Δρ. Πότης Ν. Παπαδάκος*. (2004) ΑΤΕΙ Αθήνας
- ❖ 15. **Υλικά Εκτυπώσεων: Επιστήμη & Τεχνολογία**, *Bob Thompson – μετάφραση: Ιωάννης Χατήρης*. (2002) Εκδόσεις Ίων
- ❖ 16. **Φυσική Γενικής Παιδείας**, *Π. Γεωργακάκος, Α. Σκαλωμένος, Ν. Σφαρνάς, Ι. Χριστακόπουλος*. (1999) Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων

❖ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ ❖

- ❖ **Cmyk Τεχνικό Περιοδικό Γραφικών Τεχνών**, τεύχη: **#05** 09-10/2006, **#06** 11-12/2006, **#07** 01-02/2007, **#08** 03-04 2007. Β. Δημάκης- Μ. Καλούδης Ο.Ε.

- ❖ www.eci.org *Ο οργανισμός European Color Initiative*
- ❖ www.cie.co.at *Ο διεθνής φορέας φωτισμού CIE*
- ❖ www.color.org *Ο οργανισμός International Color Consortium*
- ❖ www.dgi-net.com *Κατασκευαστική ψηφιακών εκτυπωτών*
- ❖ www.finat.com/templates/mercury.asp?page_id=1553
Τεχνικοί έλεγχοι περί αυτοκόλλητων υλικών από τον Οργανισμό FINAT
- ❖ www.konicaminolta.com/inkjethead *Κεφαλές εκτύπωσης*
- ❖ www.orafol.de *Πολύβινύλικά υποστρώματα γραφικών τεχνών*
- ❖ www.pctechguide.com *Τεχνικές επεξηγήσεις περί υπολογιστών*
- ❖ www.wasatch.com *Λογισμικό RIP*
- ❖ www.xrite.com *Λογισμικό & συσκευές για διαχείριση χρώματος*
- ❖ en.wikipedia.org
el.wikipedia.org *Online εγκυκλοπαίδεια*