



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

**Εξοικονόμηση ενέργειας
σε εγκαταστάσεις οδικού φωτισμού με τη χρησιμοποίηση
ανακλαστικών ασφαλικών υλικών επικάλυψης**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σταύρος Σ. Γαϊτατζής

Επιβλέπων : Φραγκίσκος Β. Τοπαλής
Καθηγητής, Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Δεκέμβριος 2011



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

**Εξοικονόμηση ενέργειας
σε εγκαταστάσεις οδικού φωτισμού με τη χρησιμοποίηση
ανακλαστικών ασφαλικών υλικών επικάλυψης**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σταύρος Σ. Γαϊτατζής

Επιβλέπων : Φραγκίσκος Β. Τοπαλής
Καθηγητής, Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την

Δεκεμβρίου 2011

.....
Φ. Β. Τοπαλής
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Ι. Α. Σταθόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Σ. Καβατζά
Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Δεκέμβριος 2011

.....

Σταύρος Σ. Γαϊτατζής

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Σταύρος Σ. Γαϊτατζής, 2011

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, μελετάται η εξοικονόμηση ενέργειας και γενικότερα τα οικονομικά οφέλη που μπορούν να επιτευχθούν από κάποια νέα ασφαλτικά υλικά επικάλυψης του οδοστρώματος.

Τα ασφαλτικά αυτά υλικά έχουν βελτιωμένες ανακλαστικές ιδιότητες συγκρινόμενα με τα κλασικά οδοστρώματα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εγκαταστάσεις οδικού φωτισμού.

Στην εργασία παρατίθενται κάποιες βασικές γνώσεις φωτισμού ανοιχτής οδοποιίας και σηράγγων, καθώς και βασικά χαρακτηριστικά και ιδιότητες των νέων ασφαλτικών υλικών. Στη συνέχεια μελετώνται με χρήση του λογισμικού Relux τρεις διαφορετικές εγκαταστάσεις οδικού φωτισμού. Συγκεκριμένα, γίνονται προσομοιώσεις φωτισμού σε έναν αυτοκινητόδρομο, σε έναν αστικό δρόμο και σε μία σήραγγα. Σε αυτές τις τρεις περιπτώσεις εξετάζεται καταρχήν η καταλληλότητα των νέων υλικών ώστε να πληρούνται οι απαραίτητες διεθνείς προδιαγραφές, ενώ στη συνέχεια εξετάζονται τα ενεργειακά και οικονομικά οφέλη που υπάρχουν.

Λέξεις κλειδιά

Οδικός φωτισμός, φωτισμός σηράγγων, εξοικονόμηση ενέργειας, προσομοίωση φωτισμού, φωτοκαταλυτικά ασφαλτικά υλικά.

ABSTRACT

In this diploma thesis is studied the energy saving and generally the financial benefits that can be achieved by using some new asphalt coating materials of the road surface.

These asphalt materials have improved reflective properties compared with the classic road surface and they can be used in road lighting systems.

In the diploma thesis is presented some basic knowledge of open road and tunnel lighting, and some key features and properties of the new asphalt materials. After that, three different systems of road lighting are analyzed through the Relux software. Specifically, there are simulations of lighting in a highway, in an urban road and into a tunnel. In this three cases is checked, first of all, the suitability of the new materials in order to meet the international standards and then are examined the energy and the economic benefits that can be achieved.

Key Words

Road lighting, tunnel lighting, energy saving, lighting simulation, photocatalytic asphalt materials.

Ευχαριστίες:

Θα ήθελα να καταρχήν να ευχαριστήσω τον καθηγητή Ε.Μ.Π. κ. Φραγκίσκο Τοπαλή που μου ανέθεσε την εκπόνηση της παρούσας εργασίας, καθώς και τον κ. Κωνσταντίνο Μπουρούση, Ηλεκτρολόγο Μηχανικό & Μηχανικό Υπολογιστών, του οποίου η βοήθεια ήταν καταλυτική στη διάρκεια της πραγματοποίησης της εργασίας. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα και τον κ. Γιάννη Κοκορότσικο, Ηλεκτρολόγο Μηχανικό & Μηχανικό Υπολογιστών, του οποίου επίσης η βοήθεια ήταν πολύ σημαντική, κυρίως στο κομμάτι της μελέτης της σήραγγας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<u>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</u>	13
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Απαραίτητες βασικές γνώσεις για την μελέτη φωτισμού δρόμου</u>	15
1.1 Απαραίτητα μεγέθη για την μελέτη στον οδικό φωτισμό	16
1.2 Αξιολόγηση και κατηγοριοποίηση οδών με βάση τους χρήστες τους	18
1.3 Ανακλαστικές ιδιότητες του οδοστρώματος κατά CIE	22
1.4 Κατηγοριοποίηση οδοστρωμάτων σύμφωνα με τις ανακλαστικές τους ιδιότητες..	24
1.5 Βασικά χαρακτηριστικά των λαμπτήρων	25
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Βασικές γνώσεις για τον φωτισμό σε σήραγγες (σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ CR 14380, 2003)</u>	31
2.1 Προδιαγραφές φωτισμού σηράγγων σύμφωνα με το ΕΛΟΤ CR 14380, 2003	32
2.1.1 Σκοπός και απαιτήσεις του φωτισμού σηράγγων	32
2.1.2 Ορισμοί	33
2.2 Μέθοδος L ₂₀ κυκλοφοριακής βαρύτητας (σύμφωνα με το ΕΛΟΤ CR 14380, 2003) .	36
2.3.1 Καθορισμός της κλάσης της σήραγγας	36
2.3.2 Μήκος και φωτισμός της ζώνης κατωφλίου σηράγγων μεγάλου μήκους	37
2.3.3 Μήκος και απαιτήσεις φωτισμού της μεταβατικής ζώνης	38
2.3.4 Η λαμπρότητα της επιφάνειας του δρόμου στην εσωτερική ζώνη	39
2.3.5 Ζώνη εξόδου	39
2.3.6 Ομοιομορφία της λαμπρότητας στην επιφάνεια του δρόμου	40
2.3.7 Φωτισμός στους τοίχους της σήραγγας	40
2.3.8 Μείωση θάμβωσης	40
2.3.9 Νυχτερινός φωτισμός	41
2.3 Συστήματα τεχνητού φωτισμού	42
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Χαρακτηριστικά και ιδιότητες των νέων ασφαλικών υλικών</u>	43
3.1 Χαρακτηριστικά των νέων ασφαλικών υλικών	44
3.1.1 Ιδιότητες των φωτοκαταλυτικών ασφαλικών υλικών	44
3.1.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά των φωτοκαταλυτικών ασφαλικών υλικών	44
3.2 Ανακλαστικές ιδιότητες των νέων ασφαλικών υλικών	46
3.3 Τρόποι επίστρωσης των νέων ασφαλικών υλικών	48
3.4 Εφαρμογές των νέων ασφαλικών υλικών ανά τον κόσμο	49

<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Προσομοιώσεις φωτισμού με χρήση νέων ασφαλτικών υλικών σε δρόμους</u>	51
Εισαγωγή	52
4.1 Χαρακτηριστικά του πρώτου υπό μελέτη δρόμου (κλάση φωτισμού M1)	52
4.1.1 1 ^ο Σενάριο	55
4.1.2 2 ^ο Σενάριο	61
4.2 Χαρακτηριστικά του δεύτερου υπό μελέτη δρόμου(κλάση φωτισμού M3c)	66
4.2.1 1 ^ο Σενάριο	70
4.2.2 2 ^ο Σενάριο	77
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Προσομοιώσεις φωτισμού με χρήση νέου ασφαλτικού υλικού σε σήραγγα</u>	83
Εισαγωγή.....	84
5.1 Βασικά χαρακτηριστικά της υπό μελέτη σήραγγας	84
5.2 Μελέτη φωτισμού για κατηγορία οδοστρώματος R3.....	86
5.2.1 1 ^ο Σενάριο.....	107
5.2.2 2 ^ο Σενάριο.....	121
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων</u>	139
Εισαγωγή.....	140
6.1 Προσομοίωση οδικού φωτισμού για δρόμο κλάσης φωτισμού M1	140
6.2 Προσομοίωση οδικού φωτισμού για δρόμο κλάσης φωτισμού M3c	142
6.3 Προσομοίωση φωτισμού σήραγγας (κλάσης φωτισμού 3)	144
Συμπεράσματα.....	147
<u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u>	149
<u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ</u>	151

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο φωτισμός δρόμων και σηράγγων αποτελεί ένα μεγάλης σημασίας θέμα, καθώς συνεισφέρει δραστικά στη βελτίωση της ορατότητας του οδηγού, άρα και στην αύξηση της ασφάλειας κατά την οδήγηση. Βέβαια, ο οδικός φωτισμός πέρα από τον ουσιαστικό αυτό στόχο του, απασχολεί ιδιαίτερα σαν αντικείμενο λόγω της μεγάλης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας που έχει, γεγονός που συνεπάγεται μεγάλο οικονομικό κόστος αλλά και μεγάλη ατμοσφαιρική ρύπανση.

Αξίζει να σημειωθεί ενδεικτικά ότι στην εγνατία οδό, μήκους περίπου 700km εκ των οποίων περίπου τα 100km είναι σήραγγες, σύμφωνα με στοιχεία του 2002 η κατανάλωση για το ίδιο έτος, κυμάνθηκε σε 105.800MWh περίπου. Από αυτήν την κατανάλωση το 30% περίπου καταναλώθηκε στον εξωτερικό οδικό φωτισμό, ενώ το 51% στον φωτισμό των σηράγγων. Αυτή η μεγάλη διαφορά οφείλεται στο ότι κατά τη διάρκεια της νύχτας, ο φωτισμός των σηράγγων αφορά περίπου το 10% της συνολικής κατανάλωσης για τον φωτισμό, ενώ κατά τη διάρκεια της μέρας σχεδόν το 100%.

Οι ανάγκες για κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για οδικό φωτισμό αυξάνονται συνεχώς. Αναζητούνται λοιπόν τρόποι εξοικονόμησης, για ελαχιστοποίηση του κόστους και των ρύπων προς το περιβάλλον. Μία τέτοια προσπάθεια γίνεται και στην παρούσα εργασία.

Στους δρόμους γενικά χρησιμοποιούνται συγκεκριμένα είδη οδοστρωμάτων με συγκεκριμένες ανακλαστικές ιδιότητες. Με βάση αυτές τους τις ιδιότητες, όταν κατασκευάζεται ένας δρόμος, γίνεται μία μελέτη φωτισμού, ώστε να υπάρχει ο κατάλληλος φωτισμός για αυτή την κατηγορία δρόμου, με βάση διεθνείς προδιαγραφές. Τα τελευταία χρόνια όμως, έχουν αρχίσει να αναπτύσσονται κάποια καινούρια ασφαλτικά υλικά με καλύτερες ανακλαστικές ιδιότητες από τα συνηθισμένα, που ήδη χρησιμοποιούνται σε διάφορες εφαρμογές παγκοσμίως, αλλά και σε λίγους δρόμους της Αθήνας. Τα υλικά αυτά αφού στρωθεί η άσφαλτος, επικαλύπτονται πάνω σε αυτήν, και τις προσδίδουν τις καινούριες βελτιωμένες ανακλαστικές ιδιότητες.

Στην εργασία αυτή γίνονται κάποιες προσομοιώσεις φωτισμού με το λογισμικό relux, χρησιμοποιώντας τα νέα ασφαλτικά υλικά σε δύο δρόμους διαφορετικής κλάσης φωτισμού και σε μία σήραγγα. Στη συνέχεια, αφού ελεγχθεί αν πληρούνται οι απαραίτητες προδιαγραφές με τα καινούρια υλικά, μελετάται το όφελος που υπάρχει από αυτά, είτε μέσω της εξοικονόμησης ενέργειας λόγω της χρησιμοποίησης φωτιστικών μικρότερης ισχύος, είτε μέσω εξοικονόμησης χρημάτων με άλλους τρόπους που θα μελετηθούν παρακάτω.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Απαραίτητες βασικές γνώσεις
για την μελέτη φωτισμού δρόμου

1.1 Απαραίτητα μεγέθη για την μελέτη στον οδικό φωτισμό

- **Λαμπρότητα (Luminance, L)**

Η λαμπρότητα L ορίζεται ως ο λόγος της φωτεινής έντασης I της πηγής στην κατεύθυνση του παρατηρητή προς το εμβαδόν S της επιφάνειας της πηγής το οποίο βλέπει ο παρατηρητής, δηλαδή είναι :

$$L = \frac{I}{S \cdot \cos \alpha}$$

Είναι προφανές ότι η λαμπρότητα είναι διανυσματικό μέγεθος και μεταβάλλεται ανάλογα με τη θέση του παρατηρητή της φωτεινής πηγής. Η μονάδα μέτρησής της είναι η cd/m².

Παρόλο που η τιμή της έντασης φωτισμού δίνει μία γενική εικόνα για την ποιότητα μιας εγκατάστασης φωτισμού, δεν μπορεί να περιγράψει πλήρως την πραγματική κατάσταση στο φωτισμό ενός δρόμου. Αυτό συμβαίνει, γιατί ακόμα και αν η μέση ένταση του φωτισμού είναι η κατάλληλη, μπορεί λόγω ανακλάσεων να δημιουργούνται προβλήματα στη όραση, όπως κόπωση του ματιού ή ακόμα και θάμβωση, φαινόμενα που μπορεί να αποτελούν αιτία ατυχημάτων. Αντίθετα, η λαμπρότητα περιγράφει την πραγματική κατάσταση ενός φωτιζόμενου οδοστρώματος, καθώς εξετάζει και την ακτινοβολία που προέρχεται από ανάκλαση στο οδόστρωμα και κατευθύνεται προς το μάτι του οδηγού υπό μικρή γωνία. Έτσι, κατά το σχεδιασμό και την αξιολόγηση του οδικού φωτισμού είναι λογικό να λαμβάνεται η λαμπρότητα ως το βασικότερο κριτήριο, αφού με αυτή μπορούν να υπολογιστούν και να αποφευχθούν τα προβλήματα που προαναφέρθηκαν (μετριέται υπό γωνία παρατήρησης 1°, σε συγκεκριμένο τμήμα του δρόμου, μεταξύ 60m και 160m).

Γενικά δηλαδή, η λαμπρότητα του οδοστρώματος ως μέγεθος, εξαρτάται από την φωτεινή ροή των λαμπτήρων, την κατανομή της φωτεινής έντασης του φωτιστικού, τις γεωμετρικές συνθήκες του παρατηρητή και τις ανακλαστικές ιδιότητες της επιφάνειας του οδοστρώματος. [1]

- **Μέση λαμπρότητα (L_{av})**

Η μέση φωτεινότητα είναι ο αριθμητικός μέσος όρος της φωτεινότητας όλων των σημείων στην εν λόγω περιοχή. Αντιπροσωπεύει το γενικό επίπεδο της φωτεινότητας, που διαπιστώνεται από τους οδηγούς.

- **Γενικός συντελεστής ομοιομορφίας U_0**

Ορίζεται ως ο λόγος L_{min}/L_{av} , όπου L_{min} και L_{av} η ελάχιστη και η μέση τιμή της λαμπρότητας στην εξεταζόμενη επιφάνεια. Περιγράφει τη μεταβολή της φωτεινότητας του οδοστρώματος και είναι ένα μέτρο για την καταλληλότητά του ως φόντο για τα σήματα του δρόμου, για τα αντικείμενα και για τους χρήστες του οδικού δικτύου.

- **Συντελεστής διαμήκους ομοιομορφίας UI (Longitudinal uniformity UI)**

Ορίζεται ως ο λόγος μικρότερος λόγος L_{min}/L_{max} , σε ευθείες παράλληλες προς τον άξονα της οδού, ώστε να συμπίπτει με τη θέση των ματιών ενός οδηγού. Αποτελεί ένα μέτρο για την αντίληψη του επαναλαμβανόμενου μοτίβου του φωτός κατά μήκος του δρόμου και για το αν υπάρχουν σκοτεινές γραμμές. Τα χαμηλά επίπεδα διαμήκους ομοιομορφίας, δίνουν την αίσθηση διαβαθμισμένης λαμπρότητας, γεγονός που μειώνει τις συνθήκες ορατότητας, την άνεση και την ασφάλεια της οδήγησης.

- **Θάμβωση (Glare)**

Δημιουργείται όταν οι συνθήκες ορατότητας είναι τέτοιες ώστε να προκαλείται ενόχληση ή και μείωση της ικανότητας του οδηγού να διακρίνει αντικείμενα, εξαιτίας της μη κατάλληλης κατανομής της λαμπρότητας ή εξαιτίας υπερβολικών αντιθέσεων της.

Το ποσοστό κατά το οποίο πρέπει να αυξηθεί ο φωτισμός του περιβάλλοντος για να γίνει ορατό ένα αντικείμενο, ορίζεται ως ο συντελεστής Threshold Increment (TI). Ο συντελεστής αυτός μετριέται σε % και θα μπορούσε κάποιος να πει απλά, ότι το ποσοστό αυτό καθορίζει το ποσό του φωτός που εκπέμπεται από τα φωτιστικά στο επίπεδο του ορίζοντα.

- **Λαμπρότητα του περιβάλλοντος χώρου $SR(atio)$ (Surrounding Brightness)**

Είναι ο δείκτης που αναφέρεται στην ικανότητα των οδηγών και των πεζών να διακρίνουν αντικείμενα και ανθρώπους παραπλεύρως του δρόμου. Η τιμή του δείκτη αυτού προτείνεται να έχει τιμή μεγαλύτερη από 0.5 για τις περισσότερες κλάσεις φωτισμού που έχει θεσπίσει η CIE.

Ορίζεται ως η μέση λαμπρότητα σε λωρίδες πλάτους 5m, (ή λιγότερο αν ο χώρος δεν το επιτρέπει), εκατέρωθεν της οδού προς τη μέση λαμπρότητα σε λωρίδες πλάτους 5m, η λωρίδας πλάτους μισού από το πλάτος της οδού, όποιου από τα δυο είναι μικρότερο, επί της οδού. [2]

1.2 Αξιολόγηση και κατηγοριοποίηση οδών με βάση τους χρήστες τους

Ο καθορισμός των απαιτούμενων συνθηκών φωτισμού ενός δρόμου, γίνεται από το ευρωπαϊκό πρότυπο DIN 13201. Αυτό χωρίζεται σε τέσσερα μέρη, τα οποία αναφέρονται στην επιλογή των κλάσεων φωτισμού, στις απαιτήσεις απόδοσης του φωτισμού, στον υπολογισμό της απόδοσης, καθώς και σε μεθόδους μέτρησης της απόδοσής του. Χρησιμοποιώντας αυτό το πρότυπο γίνεται η ακόλουθη αξιολόγηση των δρόμων.

Πίνακας 1.1: Αξιολόγηση οδού σύμφωνα με τον τύπο των χρηστών της [2]

	Τύποι χρηστών για την εξεταζόμενη περιοχή			
<u>Τυπική ταχύτητα του κυρίως χρήστη</u>	<u>Κύριος τύπος χρηστών</u>	<u>Άλλοι χρήστες που επιτρέπονται</u>	<u>Εξαιρούμενοι τύποι χρηστών</u>	<u>Αξιολόγηση οδού</u>
Υψηλή >60 km/h	M		SCP	A1 →
		S	CP	A2 →
		SCP	-	A3 →
Μέτρια 30 km/h - 60km/h	MS	CP	-	B1 →
	M S C	P	-	B2 →
	C	P	M S	C1 →
Χαμηλή 5 km/h - 30 km/h	C	P	M S	C1 →
	M P	-	S C	D1 →
		S C	-	D2 →
	M C	S P	-	D3 →
M S C P	-	-	D4 →	
Πολύ χαμηλή Ταχύτητα βαδίσματος	M S C P			D4 →
	P	-	M S C	E1 →
M S C		-		E2 →

όπου:

M: Μηχανοκίνητα Οχήματα

S: Αργοκίνητα Οχήματα (μηχανοκίνητα ή ζωήλατα με μέγιστη ταχύτητα 40 km/h)

C: Δικυκλιστές (μέγιστη ταχύτητα 50 km/h)

P: Πεζοί (περιλαμβάνονται και αναπηρικά καρότσια)

Ανάλογα με την κατηγορία του δρόμου, προκύπτει και η αντίστοιχη απαιτούμενη κλάση φωτισμού του. Για τις κατηγορίες A1,A2,A3 και B1,B2 δηλαδή για μέτριες και υψηλές ταχύτητες, σύμφωνα με την CIE υπάρχουν γενικά οι ακόλουθες κλάσεις φωτισμού ME ή M, για στεγνό οδόστρωμα:

Πίνακας 1.2: Επιλογή κλάσης φωτισμού [3]

Είδος δρόμου και πολυπλοκότητα		Κλάση Φωτισμού (M ή ME)	
ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΙ			
Πυκνότητα κυκλοφορίας και πολυπλοκότητα μορφής δρόμου	Υψηλή	ME1	
	Μέτρια	ME2	
	Χαμηλή	ME3	
ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΕΝΕΣ ΟΔΟΙ ΤΑΧΕΙΑΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ			
Έλεγχος κυκλοφορίας και διαχωρισμός των διαφορετικών χρηστών	Ελλιπής	ME1	
	Καλός	ME2	
ΚΥΡΙΕΣ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΕΣ ΑΣΤΙΚΕΣ ΑΡΤΗΡΙΕΣ			
Έλεγχος κυκλοφορίας και διαχωρισμός των διαφορετικών χρηστών	Ελλιπής	ME2	
	Καλός	ME3	
ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΙΕΣ ΚΑΙ ΤΟΠΙΚΕΣ ΑΣΤΙΚΕΣ ΟΔΟΙ			
Έλεγχος κυκλοφορίας και διαχωρισμός των διαφορετικών χρηστών	Ελλιπής	ME4	
	Καλός	ME5	

Υπάρχουν όμως και υποκατηγορίες αυτών. Ακολουθούν δύο πίνακες με αναλυτικότερα κριτήρια για την επιλογή των κλάσεων φωτισμού με βάση το είδος του δρόμου. Χάρην συντομίας παρατίθενται τα κριτήρια για την επιλογή του κατάλληλου φωτισμού για τις κατηγορίες δρόμου A1 και B2, οι οποίες θα μελετηθούν στη συνέχεια:

Πίνακας 1.3: Απαιτούμενο εύρος φωτισμού κλάσης φωτισμού ME για οδό κατηγορίας A1: [2]

Κύριος τύπος καιρού	Διαχωρισμός των οδοστρω- μάτων	Τύπος των κόμβων		Ροή της κυκλοφορίας Πλήθος των οχημάτων (ημερησίως)									
		Κόμβοι	Διασταυρώσεις	< 15000			15000 έως 25000			> 25000			
		Από- σταση κόμβων και γεφυρών	Πυκνότητα διασταυρώσεων										
Στεγνός	Ναι	> 3 km		ME5	ME4a	ME3a	ME4a	ME3a	ME2	ME4a	ME3a	ME2	
		<= 3km		ME4a	ME3a	ME2	ME4a	ME3a	ME2	ME3a	ME2	ME1	
			< 3 διασταυρώσεις /km	ME5	ME4a	ME3a	ME5	ME4a	ME3a	ME2	ME4a	ME3a	ME2
			>=3 διασταυρώσεις /km	ME4a	ME4a	ME3a	ME4a	ME3a	ME2	ME3a	ME2	ME1	

	Όχι	<3 km		ME4a	ME4a	ME3a	ME4a	ME3a	ME2	ME3a	ME2	ME1
		>=3 km		ME3a	ME2	ME1	ME3a	ME2	ME1	ME2	ME2	ME1
		<3 διασταυρώσεις /km		ME4a	ME4a	ME3a	ME4a	ME3a	ME2	ME3a	ME2	ME1
		>=3 διασταυρώσεις /km		ME4a	ME3a	ME2	ME4a	ME3a	ME2	ME3a	ME2	ME1

όπου η απόφαση για , παίρνεται από τον επόμενο πίνακα 1.4:

Πίνακας 1.4 [2]

Περιοχή συγκρούσεων	Πολυπλοκότητα του οπτικού πεδίου	Δυσκολία οδήγησης	Επίπεδα φωτεινότητας περιβάλλοντος χώρου		
			Χαμηλά	Μέτρια	Υψηλά
Όχι	Κανονική	Φυσιολογική			
		Υψηλότερη από φυσιολογική			
	Υψηλή	Φυσιολογική			
		Υψηλότερη από φυσιολογική			
Ναι			πάντα		

Πίνακας 1.5: Απαιτούμενο εύρος φωτισμού κλάσης φωτισμού ME για οδό κατηγορίας B2: [2]

Κύριος τύπος καιρού	Πυκνότητα διασταυρώσεων	Δυσκολία οδήγησης	Ροή της κυκλοφορίας Πλήθος των οχημάτων (ημερησίως)					
			< 7000			> 7000		
Στεγνός	< 3 διασταυρώσεις/km	Φυσιολογική	ME5	ME5	ME4b	ME4b	ME4b	ME3c
		Υψηλότερη από φυσιολογική	ME4b	ME4b	ME3c	ME4b	ME4b	ME3c
	>=3 διασταυρώσεις/km	Φυσιολογική	ME4b	ME3c	ME2	ME3c	ME3c	ME2
		Υψηλότερη από φυσιολογική	ME3c	ME3c	ME2	ME3c	ME3c	ME2

όπου η απόφαση για , παίρνεται από τον επόμενο πίνακα 1.6:

Πίνακας 1.6 [2]

Περιοχή συγκρούσεων	Πολυπλοκότητα του οπτικού πεδίου	Παρκαρισμένα οχήματα	Επίπεδα φωτεινότητας περιβάλλοντος χώρου					
			Χαμηλά		Μέτρια		Υψηλά	
			Ροή κυκλοφορίας δικυκλιστών		Ροή κυκλοφορίας δικυκλιστών		Ροή κυκλοφορίας δικυκλιστών	
			Κανονική	Υψηλή	Κανονική	Υψηλή	Κανονική	Υψηλή
Όχι	Κανονική	Όχι						
		Ναι						
	Υψηλή	Όχι						
		Ναι						
Ναι			πάντα					

Η κάθε κλάση φωτισμού ΜΕ έχει κάποιες ελάχιστες προδιαγραφές που έχουν καθοριστεί από την CEN και είναι αυτές που φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα 1.7:

Πίνακας 1.7: Ελάχιστες προδιαγραφές φωτισμού ανάλογα με την κλάση φωτισμού του δρόμου [2]

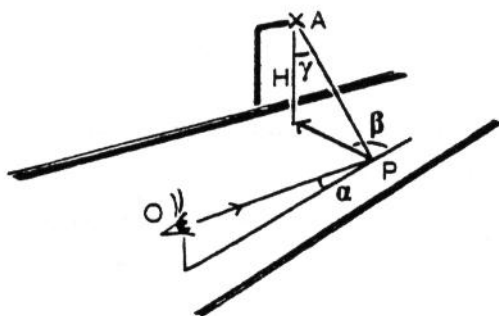
Κλάση	Λαμπρότητα του δρόμου για στεγνό οδόστρωμα			Προσαύξηση κατωφλίου	Φωτισμός περιβάλλοντος χώρου
	Μέση λαμπρότητα L_{av} (cd/m^2) ελάχιστη τιμή	Συνολική ομοιομορφία U_0 ελάχιστη τιμή	Διαμήκης ομοιομορφία U_l ελάχιστη τιμή	Δείκτης θάμβωσης TI (%) μέγιστη τιμή	Λαμπρότητα περιβ. Χώρου SR ελάχιστη τιμή
ME1	2.0	0.4	0.7	10	0.5
ME2	1.5	0.4	0.7	10	0.5
ME3a	1.0	0.4	0.7	15	0.5
ME3b	1.0	0.4	0.6	15	0.5
ME3c	1.0	0.4	0.5	15	0.5
ME4a	0.75	0.4	0.6	15	0.5
ME4b	0.75	0.4	0.5	15	0.5
ME5	0.5	0.35	0.4	15	0.5
ME6	0.3	0.35	0.4	15	μη απαίτηση

1.3 Ανακλαστικές ιδιότητες του οδοστρώματος κατά CIE

Οι ανακλαστικές ιδιότητες της επιφάνειας του οδοστρώματος μπορούν να περιγραφούν μέσω του συντελεστή ανακλαστικότητας (ή λαμπρότητας). Ο συντελεστής ανακλαστικότητας, q για μία συγκεκριμένη διεύθυνση παρατήρησης και συγκεκριμένη διεύθυνση όπου το φως προσπίπτει, ορίζεται ως ο λόγος μεταξύ της λαμπρότητας και της έντασης φωτισμού:

$$q = \frac{L}{E}$$

Η γωνία παρατήρησης λαμβάνεται ίση με 89° (η γωνία α στο παρακάτω σχήμα (εικόνα 1.1 είναι ίση με 1°). Η διεύθυνση του προσπίπτοντος φωτός ορίζεται από τις γωνίες β και γ . [4]



Εικόνα 1.1: [4]
Ορισμός γωνιών α , β , γ

Με στόχο τον υπολογισμό της λαμπρότητας είναι πιο πρακτική η χρησιμοποίηση του ανηγμένου συντελεστή ανακλαστικότητας r , που ορίζεται ως $r = q \cdot \cos^3 \gamma$. Με βάση αυτό τον συντελεστή προκύπτουν οι λεγόμενοι πίνακες r -tables, όπου παρουσιάζονται οι ανακλαστικές ιδιότητες της επιφάνειας του οδοστρώματος για διάφορες γωνίες του προσπίπτοντος φωτός.

Η μορφή αυτών των πινάκων παρουσιάζεται στον πίνακα 1.8 και συνήθως οι τιμές τους είναι πολλαπλασιασμένες $\times 10000$, ενώ η γωνία α θεωρείται 1° .

Πίνακας 1.8: Γενική μορφή των r-table [4]

$\beta / \tan \gamma$	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	
0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
0.25	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
0.5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
0.75	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1.25	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1.5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1.75	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2.5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
3.5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
4.5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
5.5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x											
6	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
6.5	x	x	x	x	x	x	x	x													
7	x	x	x	x	x	x	x	x													
7.5	x	x	x	x	x	x	x														
8	x	x	x	x	x	x	x														
8.5	x	x	x	x	x	x	x														
9	x	x	x	x	x	x															
9.5	x	x	x	x	x	x															
10	x	x	x	x	x	x															
10.5	x	x	x	x	x	x															
11	x	x	x	x	x	x															
11.5	x	x	x	x	x																
12	x	x	x	x	x																

Τα r-tables χρησιμοποιούνται συνήθως για υπολογισμούς μέσω υπολογιστή, καθώς περιγράφουν πλήρως τις ανακλαστικές ιδιότητες της επιφάνειας, όμως επιτρέπουν μόνο μία χονδρική σύγκριση μεταξύ διαφορετικών επιφανειών. Γι' αυτό κάποιες φορές χρησιμοποιούνται κάποιοι κατοπτρικοί συντελεστές που κάνουν πιο εύκολη τη σύγκριση.

Στις μελέτες που θα ακολουθήσουν για τα δύο καινούρια ασφατικά υλικά, η εισαγωγή των δεδομένων για την μελέτη, γίνεται με r-tables που έχουν μετρηθεί για τις συγκεκριμένες επιφάνειες.

1.4 Κατηγοριοποίηση οδοστρωμάτων σύμφωνα με τις ανακλαστικές τους ιδιότητες

Για τη διευκόλυνση των υπολογισμών της λαμπρότητας κατά το σχεδιασμό της εγκατάστασης φωτισμού, οι επιφάνειες των δρόμων ταξινομούνται ανάλογα με τις ιδιότητες ανάκλασης που παρουσιάζουν. Κι αυτό διότι οι ανακλαστικές ιδιότητες του οδοστρώματος επηρεάζουν σημαντικά το επίπεδο λαμπρότητάς του, το οποίο με τη σειρά του επηρεάζει την ενεργειακή κατανάλωση της εγκατάστασης. Έτσι ένα σύστημα κατάταξης των επιφανειών των δρόμων σύμφωνα με τη διεθνή επιτροπή φωτισμού (CIE), διαχωρίζει τα στεγνά οδοστρώματα σε τέσσερις κατηγορίες όπως φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

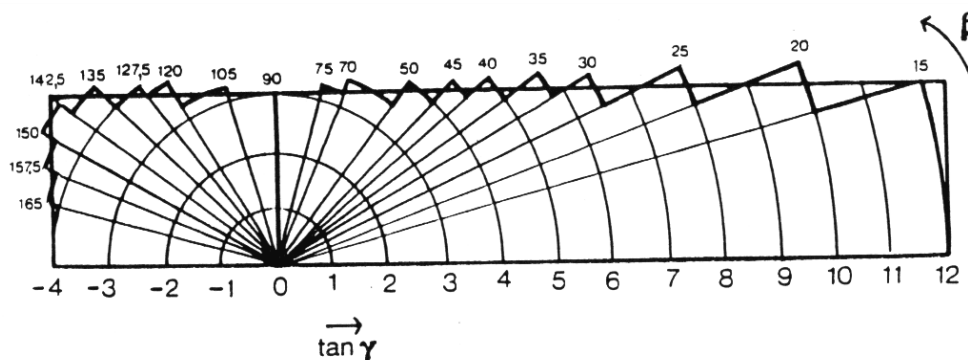
Πίνακας 1.9: Διαχωρισμός οδοστρωμάτων σύμφωνα με την CIE [4]

Κατηγορία	Όρια συντελεστή S ₁	Τιμή Q ₀	Είδος ανάκλασης
R1	S ₁ <0.42	0.10	κυρίως διάχυτη
R2	0.42<S ₁ <0.85	0.07	ελαφρώς διάχυτη
R3	0.85<S ₁ <1.35	0.08	ελαφρώς κανονική
R4	S ₁ >1.35	0.08	κανονική

Ο υπολογισμός των δύο συντελεστών γίνεται ως εξής:

- μέσος συντελεστής ανακλαστικότητας $Q_0 = \frac{\int_{\Omega} q d\Omega}{\int_{\Omega} d\Omega}$
- κατοπτρικός συντελεστής $S_1 = \frac{r(0,2)}{r(0,0)}$ ($\beta=0, \tan\gamma=2$)

όπου η στερεά γωνία Ω ορίζεται από τα όρια ολοκλήρωσης που δίνονται στην επόμενη εικόνα 1.2



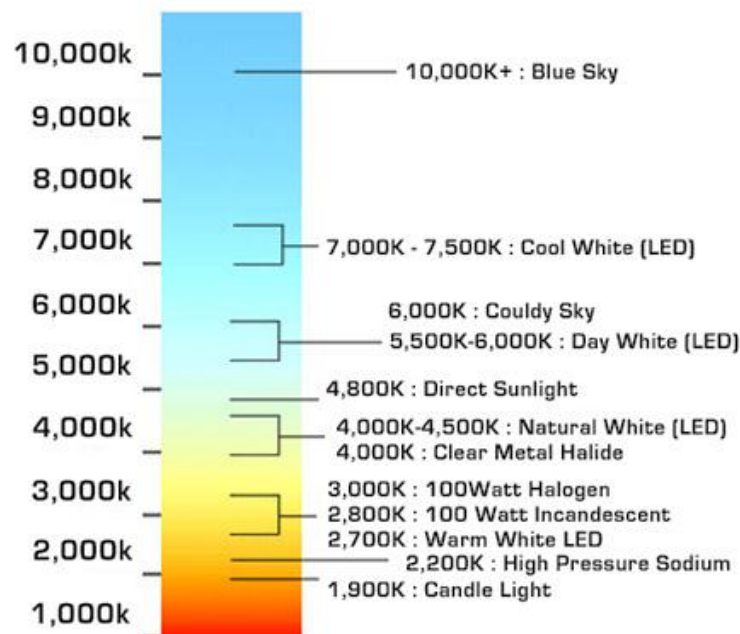
Εικόνα 1.2 [4]

Όσο μικρότερος είναι ο S₁ έχουμε καλύτερη ομοιομορφία, ενώ όσο μεγαλύτερο το Q₀ τόσο μεγαλύτερη ανακλαστικότητα.

1.5 Βασικά χαρακτηριστικά των λαμπτήρων

Ορισμένα από τα κύρια λειτουργικά χαρακτηριστικά των λαμπτήρων είναι τα ακόλουθα:

- Φωτεινή ροή Φ (lm): Εκφράζει την ποσότητα της φωτεινής ισχύος που εκπέμπει μια φωτεινή πηγή.
- Βαθμός απόδοσης η (lm/Watt): Εκφράζει το πόσο ορατό φως παράγει ο λαμπτήρας σε σχέση με την ηλεκτρική ισχύ που καταναλώνει ($\eta = \Phi/P_{\eta\lambda}$).
- Διάρκεια ζωής του λαμπτήρα (hours): Είναι ο εκτιμώμενος χρόνος, όπου θα έχει καεί το 50% των λαμπτήρων.
- Θερμοκρασία χρώματος (Kelvin): Η θερμοκρασία χρώματος του φωτός που εκπέμπεται από ένα λαμπτήρα δίνει μια ένδειξη της χρωματικής όψης του λαμπτήρα. Φωτεινές πηγές με θερμοκρασία χρώματος πάνω από 3000°K δίνουν μια "θερμή" εντύπωση, 4.000°K ουδέτερη εντύπωση, και πάνω από 5.000°K ψυχρή εντύπωση.



Εικόνα 1.3: Θερμοκρασία χρώματος για διάφορα είδη λαμπτήρων [5]

Λαμπτήρες για οδικό φωτισμό

Στον οδικό φωτισμό χρησιμοποιούνται αυτή τη στιγμή αρκετοί τύποι λαμπτήρων ή και κάποιες υποκατηγορίες αυτών. Αυτοί οι τύποι είναι:

- Λαμπτήρες πυράκτωσης
- Λαμπτήρες φθορισμού
- Λαμπτήρες ατμών υδραργύρου υψηλής πίεσης
- Λαμπτήρες μεταλλικών αλογονιδίων
- Λαμπτήρες ατμών νατρίου υψηλής πίεσης (SON)
- Λαμπτήρες ατμών νατρίου χαμηλή πίεσης (SOX)
- Φωτοεκπέμπουσες δίοδοι (LED)

Οι πιο συνηθισμένες όμως κατηγορίες σε καινούριες εγκαταστάσεις οδοφωτισμού, είναι κυρίως οι νατρίου υψηλής και έπειτα οι χαμηλής πίεσης. Έτσι για αυτές τις δύο κατηγορίες θα γίνει μία εκτενέστερη αναφορά.

Λαμπτήρες ατμών Νατρίου Υψηλής Πίεσης (High Pressure Sodium Vapor lamps)

Βασική λειτουργία:

Σε ένα λαμπτήρα ΝΥΠ περιέχεται ένα μείγμα από ξένο, νάτριο και ψευδάργυρο. Το αέριο ξένο το οποίο ιονίζεται εύκολα, διευκολύνει την εκδήλωση του τόξου όταν εφαρμόζεται τάση στα ηλεκτρόδια. Η θερμότητα που παράγεται, ατμοποιεί τον ψευδάργυρο και το νάτριο. Ο ατμοποιημένος πλέον ψευδάργυρος αυξάνει την πίεση των αερίων και το νάτριο παράγει τελικά φως όταν η πίεση μέσα στη λάμπα είναι επαρκής.

Οι λαμπτήρες νατρίου υψηλής πίεσης, δεν απαιτούν προστατευτικό περίβλημα πέραν της προστασίας της λάμπας από την υγρασία. Αυτό κάνει τους λαμπτήρες ΝΥΠ ιδιαίτερα εύκολους στη χρήση σε οποιοδήποτε τύπο υποδοχέα.

Η θερμοκρασία χρώματος στις λάμπες ΝΥΠ δεν ποικίλει πολύ. Ενώ οι «ποιοτικές» λάμπες ΝΥΠ έχουν ένα σχετικά υψηλό δείκτη χρωματικής απόδοσης (CRI) 65, η θερμοκρασία χρώματός τους (2100-2200 K) δεν διαφέρει πολύ από αυτή των απλών λαμπτήρων ΝΥΠ, η οποία κυμαίνεται από 1900K ως 2100K με μέτρια απόδοση χρωμάτων, ενώ χαρακτηρίζονται από ένα λευκόχρυσο φως.

Οι λάμπες ΝΥΠ προσφέρονται σε μεγέθη που κυμαίνονται από 35 ως 1000 Watt. Οι αποδόσεις είναι από 90 έως 120 lumens/watt (μαζί με το ballast) και αυξάνονται με την ισχύ. Για τους λαμπτήρες αυτούς γενικά χρησιμοποιούνται μαγνητικά ballast. Όμως τα ηλεκτρονικά ballast που έχουν αρχίσει να κάνουν την εμφάνισή τους, βελτιώνουν την συνολική τους απόδοση.

Οι μελέτες δρόμων σε αυτή την εργασία γίνονται με φωτιστικά της Philips. Πέρα από τις τυπικές σειρές SONI και SON-T (conventional ballast), ξεχωρίζουν και μερικές ακόμα σειρές, εκ των οποίων κάποιες θα χρησιμοποιηθούν:

- Σειρές SON -T PLUS (50-600W)

Λαμπτήρες πίεσης νατρίου με υψηλή απόδοση 150 lm/W.

- Σειρές SON -T Hg-free (100-400W)

Εικόνα 1.4: Λαμπτήρας Νατρίου Υψηλής Πίεσης

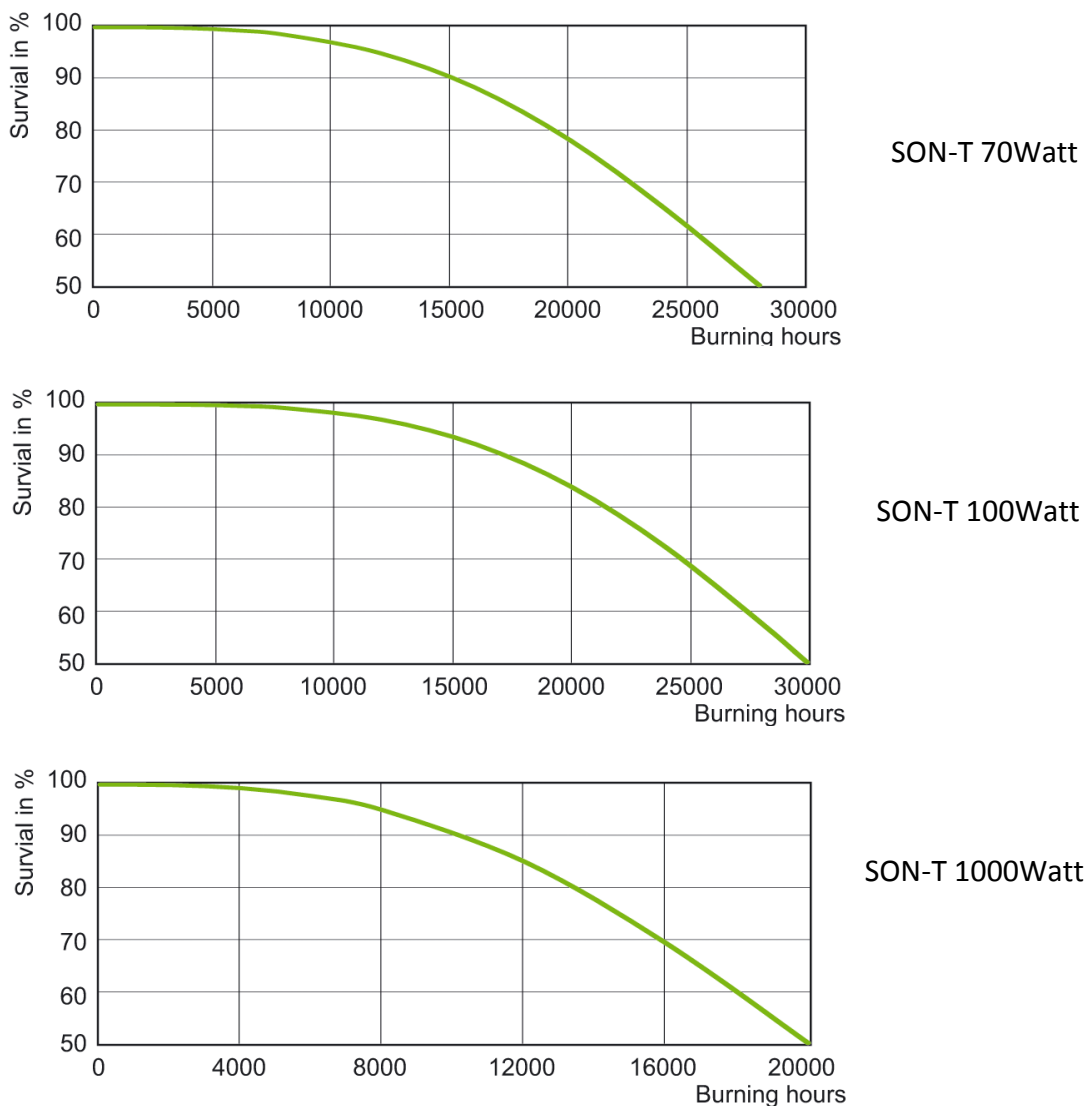


Λαμπτήρες χωρίς υδράργυρο και μόλυβδο (mercury, lead free) για άμεση αντικατάσταση και αναβάθμιση παλιότερης εγκατάστασης λαμπτήρων υδραργύρου, με νέα πιο οικολογική αλλά εξίσου αξιόπιστη εφαρμογή.

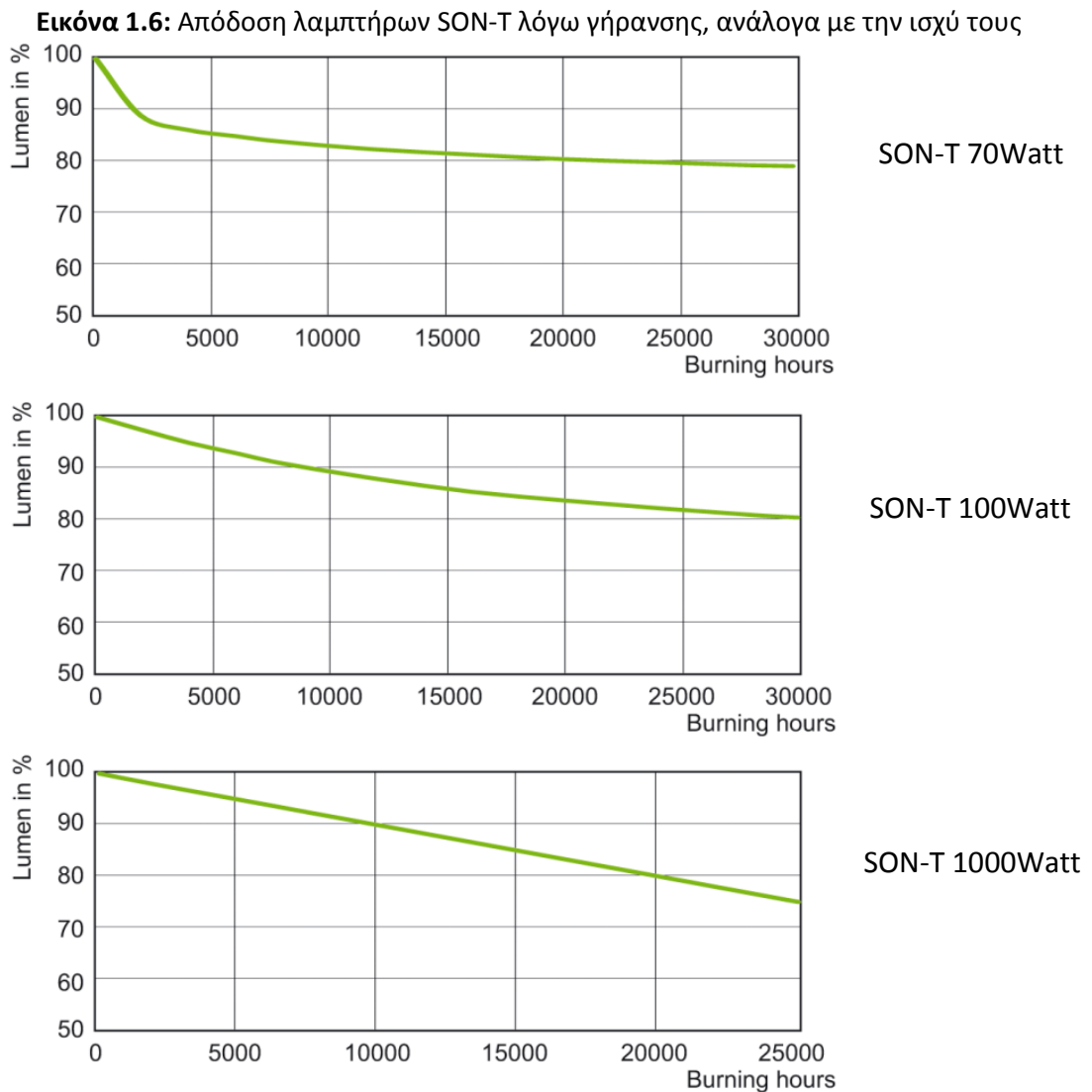
Για τις σειρές PLUS και Hg-free υπάρχει και η ειδική τεχνολογία PIA (Philips Integrated Antenna) που εξασφαλίζει αξιόπιστη λειτουργία με λιγότερες πρόωρες αστοχίες-βλάβες. Υπάρχει και ο συνδυασμός αυτών (όπως SON-T PIA PLUS), δηλαδή και υψηλότερη απόδοση και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής (έως και 32000 hours).

Η διάρκεια ζωής των λαμπτήρων υπολογίζεται στατιστικά, μέχρι να καεί το 50% των συνολικών λαμπτήρων. Αυτός ο χρόνος παρουσιάζει μικρές διαφορές, ανάλογα με την ισχύ των φωτιστικών αλλά και την σειρά τους, π.χ. SON, SON-T, SON-T PIA PLUS κλπ. Παρουσιάζονται ενδεικτικά ο τρόπος με τον οποίο καίγονται οι λαμπτήρες για την σειρά SON-T και για 70W, 100W και 1000W:

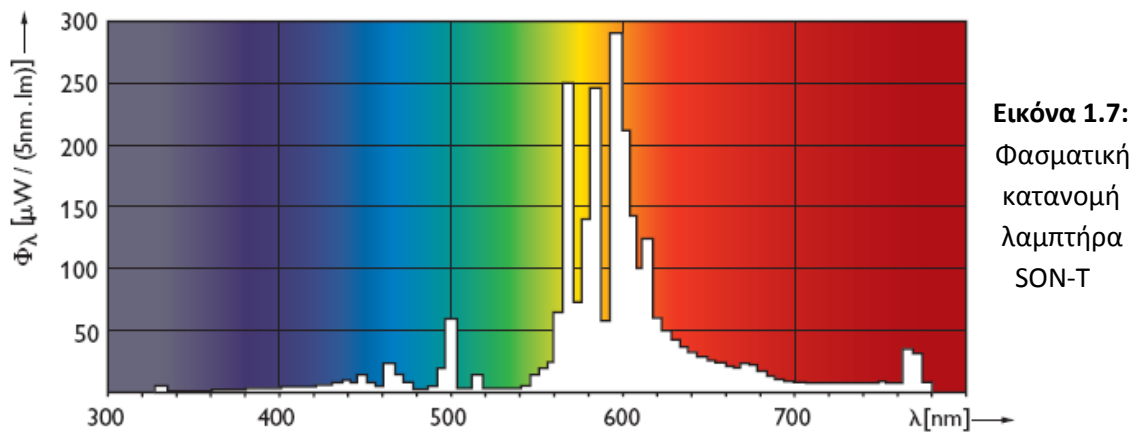
Εικόνα 1.5: Διάρκεια ζωής λαμπτήρων SON-T ανάλογα με την ισχύ τους



Η απόδοση όμως των φωτιστικών μειώνεται και λόγω γήρανσης των λαμπτήρων. Έτσι όσο περνάει ο χρόνος μειώνονται τα αρχικά lumens που αποδίδει το φωτιστικό. Παρουσιάζονται τα διαγράμματα για την ίδια σειρά φωτιστικών (SON-T):



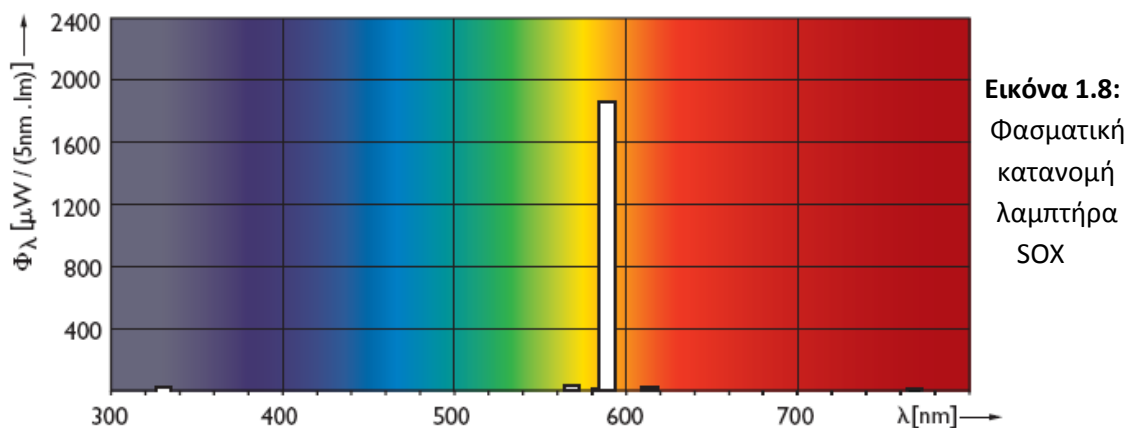
Τέλος, ένα τυπικό διάγραμμα της φασματικής κατανομής του φωτός ενός λαμπτήρα SON-T φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα:



Λαμπτήρες ατμών Νατρίου Χαμηλής Πίεσης (Low Pressure Sodium Vapor lamps)

Κύριο χαρακτηριστικό τους, αποτελεί το έντονο φως που παράγουν, και στο οποίο οφείλεται και η φτωχή χρωματική απόδοση των επιφανειών. Παρ' όλα αυτά είναι ιδανικοί για περιπτώσεις ομίχλης λόγω της διεισδυτικότητάς του φωτός τους. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι εκπέμπουν σχεδόν μονοχρωματική ακτινοβολία (περίπου στα 589 nm), η οποία είναι πολύ κοντά στη μέγιστη συχνότητα ευαισθησίας του ανθρώπινου ματιού (555 nm).

Ένα τυπικό διάγραμμα της φασματικής κατανομής του φωτός ενός λαμπτήρα SOX, όπου εύκολα μπορεί να παρατηρηθεί η φτωχή χρωματική του απόδοση και φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα:



Ένα ακόμη βασικό τους μειονέκτημα είναι το μεγάλο μήκος τους, που τους καθιστά δύσχρηστους (το μήκος τους κυμαίνεται από 216mm μέχρι 1120mm).

Τα πιο συνηθισμένα είδη είναι τα εξής (Ο αριθμός δίπλα σε κάθε μοντέλο δείχνει την ονομαστική του ισχύ):

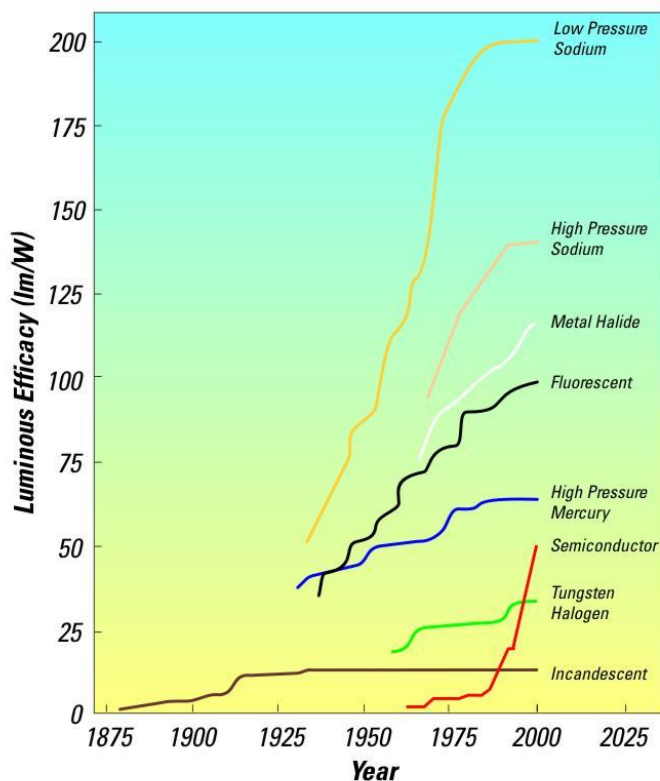
SOX-E 18	(1800lm, 216mm)
SOX 35	(4550lm, 310mm)
SOX 55	(7800lm, 425mm)
SOX 90	(14300lm, 528mm)
SOX 135	(22600lm, 775mm)
SOX 180	(32000lm, 1120mm)



Εικόνα 1.9: Λαμπτήρας Νατρίου Χαμηλής Πίεσης

Επίσης υπάρχει και ένας περιορισμός στον τρόπο τοποθέτησης των λαμπτήρων. Συγκεκριμένα οι SOX 90, SOX 135, SOX180 για να λειτουργήσουν κανονικά τοποθετούνται σε οριζόντια θέση, με μια απόκλιση $\pm 20^\circ$. Οι μεγαλύτερες κλίσεις μπορεί να οδηγήσουν το υγρό νάτριο στο χαμηλότερο μέρος του λαμπτήρα, μειώνοντας έτσι στο ανώτερο μέρος τη περιεκτικότητα σε νάτριο, με αποτέλεσμα να πέφτει η απόδοση του λαμπτήρα. Απ' την άλλη η τοποθέτηση των λαμπτήρων SOX-E 18, SOX 35, SOX 55, γίνεται σε κάθετη θέση (ο κάλυκας του λαμπτήρα να είναι πάνω) με απόκλιση $\pm 110^\circ$, καθώς αν ο κάλυκας ήταν κάτω, η έναυση θα μπορούσε να αποτύχει λόγω της παρουσίας περίσσειας νατρίου που θα συσσωρευόταν πίσω από τα ηλεκτρόδια.

Όπως φαίνεται και από το ακόλουθο σχήμα (εικόνα 1.10) οι λαμπτήρες νατρίου χαμηλής πίεσης, έχουν την μεγαλύτερη απόδοση σε σχέση με όλους τους υπόλοιπους λαμπτήρες. Παρ' όλα αυτά όμως, όπως προαναφέρθηκε, επειδή έχει πολύ κακή χρωματική απόδοση, χρησιμοποιείται μόνο σε περιοχές ή κόμβους που εμφανίζουν συχνά ομίχλη.



Εικόνα 1.10: Φωτεινή απόδοση διαφόρων ειδών λαμπτήρων [6]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Βασικές γνώσεις για τον φωτισμό σε σήραγγες

(σύμφωνα με το πρότυπο
ΕΛΟΤ CR 14380, 2003)

2.1 Προδιαγραφές φωτισμού σηράγγων σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ CR 14380, 2003 [9]

2.1.1 Σκοπός και απαιτήσεις του φωτισμού σηράγγων

Σκοπός του φωτισμού των σηράγγων είναι να εξασφαλίζεται και κατά τη διάρκεια της ημέρας αλλά και κατά τη διάρκεια της νύχτας, ότι τα οχήματα θα προσεγγίσουν και θα διασχίσουν τη σήραγγα, χωρίς να αλλάξουν την κατεύθυνση ή την ταχύτητά τους, έχοντας οι οδηγοί την ίδια αίσθηση ασφάλειας που θα είχαν σε έναν ανοιχτό δρόμο.

Για να επιτευχθεί η ασφαλής διάσχιση μιας σήραγγας είναι απαραίτητο όλοι όσοι την χρησιμοποιούν, να μπορούν να έχουν μία σαφή αντίληψη για την κατάσταση του οδοστρώματος μπροστά τους, για την ύπαρξη πιθανών εμποδίων αλλά και για την παρουσία και οδική συμπεριφορά των άλλων οδηγών. [9]

Τα θεμελιώδη φωτομετρικά χαρακτηριστικά τα οποία πρέπει να ληφθούν υπόψη για την εξασφάλιση της ποιότητας φωτισμού μιας σήραγγας είναι:

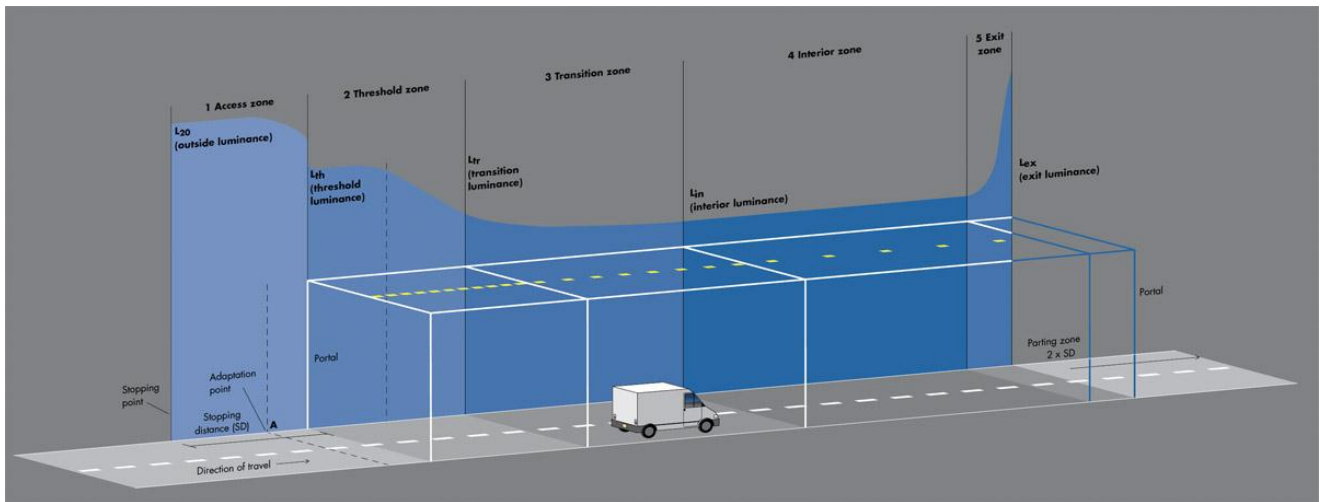
- τα επίπεδα λαμπρότητας και έντασης φωτισμού του δρόμου,
- τα επίπεδα λαμπρότητας των τοίχων σε ύψος έως 2m πάνω από την επιφάνεια του δρόμου,
- η ομοιομορφία της κατανομής της λαμπρότητας στο δρόμο και στους τοίχους,
- ο έλεγχος της θάμβωσης και
- η εξάλειψη της φωτεινής πάλμωσης (flicker).

Είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι ο φωτισμός σηράγγων, σε αντίθεση με το φωτισμό ανοιχτής οδοποιίας, είναι πιο σημαντικός και απαραίτητος κατά τη διάρκεια της ημέρας, παρά της νύχτας. Αυτό οφείλεται στο ότι την ημέρα, το οπτικό περιβάλλον του οδηγού μεταβάλλεται απότομα και σε μεγάλη κλίμακα καθώς εισέρχεται στη σήραγγα. Αυτή η απότομη αλλαγή από το έντονα φωτισμένο περιβάλλον του ανοιχτού δρόμου στο σκοτεινό περιβάλλον της σήραγγας προκαλεί προβλήματα οπτικής προσαρμογής του οδηγού αλλά και το φαινόμενο της «μαύρης τρύπας».

2.1.2 Ορισμοί

Ζώνες και προγράμματα φωτισμού της σήραγγας

Για λόγους ασφάλειας κατά την είσοδο των οχημάτων σε μία σήραγγα, αλλά και για άλλους πρακτικούς λόγους, όπως η εξοικονόμηση ενέργειας, μία σήραγγα χωρίζεται κατά κανόνα σε κάποιες ζώνες φωτισμού. Για κάθε ζώνη φωτισμού, όπως φαίνεται και στο ακόλουθο σχήμα (εικόνα 2.1), αλλάζουν τα επίπεδα λαμπρότητας. Αρχικά δηλαδή η λαμπρότητα είναι σε υψηλά επίπεδα στην είσοδο της σήραγγας, στη συνέχεια μειώνεται σταδιακά μέχρι ένα συγκεκριμένο επίπεδο και τέλος αυξάνεται και πάλι λίγο πριν την έξοδο της σήραγγας.



Εικόνα 2.1: Ζώνες φωτισμού σήραγγας [16].

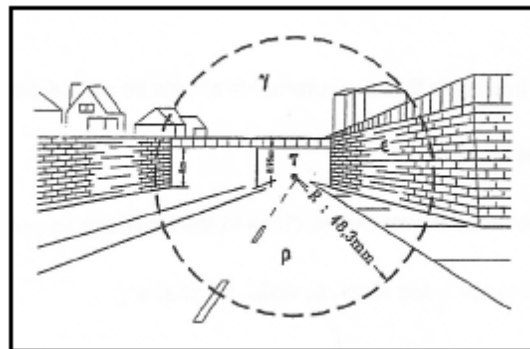
- **Ζώνη προσέγγισης (access zone)** : πρόκειται για το κομμάτι του ανοιχτού δρόμου που βρίσκεται ακριβώς έξω από την είσοδο της σήραγγας. Σε αυτό το κομμάτι ο οδηγός πρέπει να μπορεί να διακρίνει τι υπάρχει μέσα στη σήραγγα. Το μήκος αυτής της ζώνης ισούται με την απόσταση ασφαλούς πέδησης.
- **Ζώνη κατωφλίου (threshold zone)**: πρόκειται για το πρώτο διάστημα της σήραγγας.
- **Μεταβατική Ζώνη (transition zone)**: η μεταβατική ζώνη ξεκινάει από το τέλος της ζώνης κατωφλίου και τελειώνει στην αρχή της εσωτερικής ζώνης. Στη μεταβατική ζώνη, ο φωτισμός μειώνεται σταδιακά από το επίπεδο που υπάρχει στο τέλος της ζώνης κατωφλίου μέχρι το απαιτούμενο επίπεδο φωτισμού στην εσωτερική ζώνη.
- **Εσωτερική ζώνη (interior zone)**: ξεκινάει από το τέλος της μεταβατικής ζώνης και εκτείνεται έως την αρχή της ζώνης εξόδου.
- **Ζώνη εξόδου (exit zone)**: αναφέρεται στο τελευταίο κομμάτι της σήραγγας στο οποίο, κατά τη διάρκεια της ημέρας, η όραση του οδηγού που προσεγγίζει προς την έξοδο

επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τη λαμπρότητα στο εξωτερικό της σήραγγας. Η ζώνη εξόδου εκτείνεται από το τέλος της εσωτερικής ζώνης έως το τέλος της σήραγγας.

- **Προγράμματα φωτισμού (stages)** : τα επίπεδα φωτισμού μιας σήραγγας δεν είναι ίδια καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου, αλλά μεταβάλλονται σύμφωνα με τις συνθήκες φωτισμού του περιβάλλοντος. Αυτό είναι απαραίτητο ώστε ο οδηγός να μπορεί να προσαρμόζεται κατάλληλα σε κάθε διαφορετική περίπτωση των εξωτερικών επιπέδων φωτισμού, αλλά ταυτόχρονα να υπάρχει και εξοικονόμηση ενέργειας. Έτσι ο φωτισμός του 24ωρου χωρίζεται σε κάποια προγράμματα (συνήθως 4-7).

Λαμπρότητα (L)

- **Λαμπρότητα της ζώνης προσέγγισης L_{20}** : αφορά στη μέση λαμπρότητα που περιέχεται σε ένα κωνικό πεδίο, το οποίο εκτείνεται σε γωνία 20° , με κορυφή το μάτι του οδηγού που προσεγγίζει τη σήραγγα (εικόνα 2.2), το οποίο στοχεύει στο κέντρο της εισόδου της σήραγγας. Η L_{20} προσδιορίζεται από σημείο το οποίο απέχει από την είσοδο της σήραγγας απόσταση ίση με την απόσταση ασφαλούς πέδησης και που βρίσκεται στο μέσον του οδοστρώματος.



Εικόνα 2.2: Κωνικό πεδίο γωνίας 20° , με κορυφή το μάτι του οδηγού, για προσδιορισμό της L_{20} . [9]

- **Λαμπρότητα της ζώνης κατωφλίου L_{th}** : η μέση λαμπρότητα της επιφάνειας του δρόμου σε μια εγκάρσια λωρίδα, σε μια θέση της ζώνης κατωφλίου της σήραγγας.

- **Λαμπρότητα της μεταβατικής ζώνης L_{tr}** : η μέση λαμπρότητα της επιφάνειας του δρόμου σε μια εγκάρσια λωρίδα, σε μια συγκεκριμένη θέση της μεταβατικής ζώνης.

- **Λαμπρότητα της εσωτερικής ζώνης L_{in}** : η μέση λαμπρότητα της επιφάνειας του δρόμου σε μια εγκάρσια λωρίδα, σε μια συγκεκριμένη θέση της εσωτερικής.

- **Λόγος λαμπρότητας ζώνης κατωφλίου σε σημείο (k)**: είναι ο λόγος της λαμπρότητας της ζώνης κατωφλίου (L_{th}) προς τη λαμπρότητα της ζώνης προσέγγισης (L_{20}): $k = L_{th}/L_{20}$.

- **Ολική ομοιομορφία (της λαμπρότητας της επιφάνειας του δρόμου και των τοίχων) (U_0):** ο λόγος της χαμηλότερης προς τη μέση λαμπρότητα.
- **Διαμήκης ομοιομορφία (της λαμπρότητας της επιφάνειας δρόμου) (UI) :** ο λόγος της χαμηλότερης προς την υψηλότερη λαμπρότητα της επιφάνειας του δρόμου, που συναντάται στη νοητή διαμήκη γραμμή στο κέντρο της κάθε λωρίδας του δρόμου.

Όροι σχετικοί με την κίνηση σε σήραγγες

- **Κυκλοφοριακή κίνηση:** ο αριθμός των οχημάτων που περνούν από ένα συγκεκριμένο σημείο σε μια συγκεκριμένη χρονική διάρκεια και κατεύθυνση. Στο σχεδιασμό σηράγγων χρησιμοποιείται η κίνηση ώρας αιχμής σε οχήματα ανά ώρα ανά λωρίδα.
- **Ταχύτητα σχεδιασμού:** η ταχύτητα που επιλέγεται για συγκεκριμένους λόγους (κυρίως ασφαλείας) κατά το σχεδιασμό ενός δρόμου ή μιας σήραγγας.
- **Απόσταση πέδησης (Stopping Distance, SD):** η απόσταση πέδησης (SD) είναι η απόσταση που απαιτείται από ένα όχημα που κινείται με την ταχύτητα σχεδιασμού, για να ακινητοποιηθεί πλήρως. Η απόσταση πέδησης συνήθως ορίζεται στην εκάστοτε εθνική νομοθεσία.

2.2 Μέθοδος L_{20} κυκλοφοριακής βαρύτητας (σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ CR 14380, 2003)

Στο πρότυπο ΕΛΟΤ CR 14380 αναφέρονται κάποιες μέθοδοι υπολογισμού της λαμπρότητας για τις διάφορες ζώνες της σήραγγας. Ακολουθεί η μία από αυτές, δηλαδή η μέθοδος κυκλοφοριακής βαρύτητας, η οποία και εφαρμόζεται και στη μελέτη.

2.3.1 Καθορισμός της κλάσης της σήραγγας

Στη μέθοδο αυτή είναι σημαντικό να επιλεγεί η κλάση της σήραγγας. Η επιλογή αυτή εξαρτάται κυρίως από:

- την κυκλοφοριακή ροή της σήραγγας,
- τα οχήματα-χρήστες της σήραγγας.

Όσον αφορά το είδος και τη σύσταση της κυκλοφορίας, δηλαδή τα είδη των χρηστών της σήραγγας, υπάρχουν δύο κατηγορίες:

A: μόνο μηχανοκίνητα οχήματα

M: μικτή κίνηση οχημάτων, συμπεριλαμβανομένων ποδηλάτων.

Η πυκνότητα της κυκλοφοριακής ροής χωρίζεται σε τρία επίπεδα, όπως φαίνονται στον πίνακα 2.1:

Πίνακας 2.1: κυκλοφοριακή ροή της σήραγγας [9]

Πυκνότητα Κυκλοφορίας	Μία Κατεύθυνση (οχήματα/ώρα/λωρίδα)	Δύο Κατευθύνσεις (οχήματα/ώρα/λωρίδα)
Υψηλή	>1500	>400
Μέτρια	500-1500	100-400
Χαμηλή	<500	<100

Συνδυάζοντας τα παραπάνω προκύπτουν τέσσερις κατηγορίες-κλάσεις σηράγγων:

Πίνακας 2.2: επιλογή κλάσης της σήραγγας [9]

Πυκνότητα Κυκλοφορίας	Υψηλή		Μέτρια		Χαμηλή	
Είδος κίνησης	M	A	M	A	M	A
Κλάση σήραγγας	4	3	3	2	2	1

Στην περίπτωση που οι απαιτήσεις για άνεση κατά την οδήγηση, είναι μεγαλύτερες από τις συνηθισμένες, τότε προτείνεται ο σχεδιασμός του φωτισμού να γίνεται κατά μία κλάση υψηλότερη από αυτήν που συνίσταται στον πίνακα 2.2.

2.3.2 Μήκος και φωτισμός της ζώνης κατωφλίου σήραγγων μεγάλου μήκους

Η επιλογή του προγράμματος φωτισμού γενικά, και της ζώνης κατωφλίου συγκεκριμένα, εξαρτάται από τη λαμπρότητα στη ζώνη προσέγγισης (L_{20}) κατά τη διάρκεια του 24ώρου. Επομένως, για να γίνει μία μελέτη σήραγγας πρέπει πρώτα να έχει υπολογιστεί η L_{20} στη ζώνη προσέγγισης. Στο πρότυπο ΕΛΟΤ CR 14380 αναφέρεται η αναλυτική μέθοδος υπολογισμού της L_{20} αλλά και μία προσεγγιστική με τιμές που βασίζονται σε εμπειρικές μελέτες και εμφανίζονται με ικανοποιητική συχνότητα στις συνήθεις περιπτώσεις.

Το απαιτούμενο επίπεδο λαμπρότητας της ζώνης κατωφλίου L_{th} (η μέση λαμπρότητα της επιφάνειας του δρόμου), ανάλογα με το πρόγραμμα φωτισμού, πρέπει να παρέχεται στη διάρκεια της ημέρας από την αρχή της ζώνης κατωφλίου και για απόσταση ίση με το μισό της απόστασης πέδησης (0,5 S.D. stopping distance). Αυτό εφαρμόζεται, γιατί στην πράξη, είναι απαραίτητο ο οδηγός που πλησιάζει τη σήραγγα να μπορεί να αναγνωρίζει όχι ολόκληρη τη ζώνη κατωφλίου, αλλά μόνο το πρώτο μισό της. Γι' αυτό στο πρώτο αυτό κομμάτι η λαμπρότητα του δρόμου είναι σταθερή και καλείται λαμπρότητα κατωφλίου (L_{th}).

Η απαιτούμενη μέση λαμπρότητα στην επιφάνεια του δρόμου, θα πρέπει να ικανοποιείται για όλο το πλάτος της σήραγγας, για όλες δηλαδή τις λωρίδες κυκλοφορίας καθώς και για τη λωρίδα έκτακτης ανάγκης (ΛΕΑ) αν υπάρχει.

Στον πίνακα 2.3 που ακολουθεί δίνονται οι τιμές του συντελεστή $k=L_{th}/L_{20}$, μέσω του οποίου υπολογίζεται η L_{th} . Η τιμή του k εξαρτάται από την απόσταση πέδησης (S.D.) και από την κλάση της σήραγγας.

Πίνακας 2.3: τιμές συντελεστή k [9]

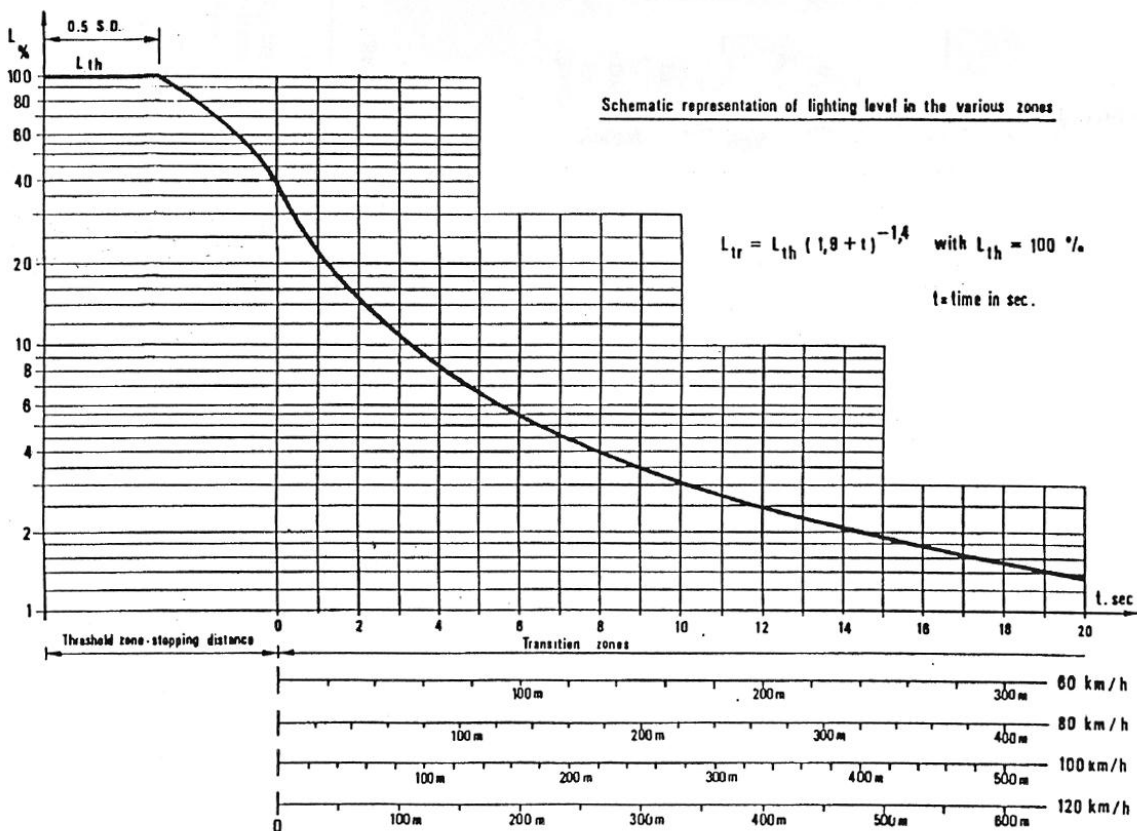
S.D. (m)	60	100	160
Κλάση σήραγγας			
4	0.05	0.06	0.10
3	0.04	0.05	0.07
2	0.03	0.04	0.05
1	Χωρίς απαιτήσεις (μόνο επαρκής φωτισμός)		

Το συνολικό μήκος της ζώνης κατωφλίου πρέπει να είναι το λιγότερο ίσο με την απόσταση ασφαλούς πέδησης. Η L_{th} όπως αναφέρθηκε, πρέπει κατά τη διάρκεια της ημέρας να είναι σταθερή από την αρχή της ζώνης κατωφλίου μέχρι το μισό της απόστασης πέδησης. Για την υπόλοιπη μισή απόσταση πέδησης ο φωτισμός μειώνεται

σταδιακά και γραμμικά μέχρι την τιμή $0,4L_{th}$. (Η σταδιακή αυτή μείωση μπορεί να γίνει και σε βήματα. Ωστόσο, η λαμπρότητα δεν πρέπει να παίρνει τιμές χαμηλότερες από αυτές της γραμμικής μείωσης.)

2.3.3 Μήκος και απαιτήσεις φωτισμού της μεταβατικής ζώνης

Η μείωση της λαμπρότητας του δρόμου στη μεταβατική ζώνη είναι εκθετική όπως φαίνεται και στην εικόνα 2.3 ($L_{trans} = L_{th}(1,9 + t)^{-1,4}$, όπου $L_{th}=100\%$ και t σε sec). Η μεταβατική ζώνη ξεκινά από το τέλος της ζώνης κατωφλίου ($t=0$) και τελειώνει στην αρχή της εσωτερικής ζώνης. Αυτή η καμπύλη μπορεί να αντικατασταθεί από διακριτά βήματα στα οποία όμως οι τιμές δεν πρέπει να πέφτουν κάτω από την καθορισμένη καμπύλη. Στη μεταβατική ζώνη, ο μέγιστος επιτρεπόμενος λόγος λαμπροτήτων από το ένα επίπεδο στο άλλο είναι 3 προς 1. Ο μέγιστος επιτρεπόμενος λόγος από τη μεταβατική ζώνη στην εσωτερική είναι 1,5 προς 1 (ή και 2 προς 1). [9], [14]



Εικόνα 2.3: Επίπεδα μείωσης της λαμπρότητας στη ζώνη κατωφλίου και στη μεταβατική [9].

Η μέση λαμπρότητα στην επιφάνεια του δρόμου μετριέται πάνω στις λωρίδες κυκλοφορίας μέσα στη σήραγγα. Σε κάποιες περιπτώσεις, αν υπάρχει λωρίδα έκτακτης ανάγκης, η απαιτούμενη λαμπρότητα μπορεί να επιτρέπεται να είναι μικρότερη απ' ό τι στις βασικές λωρίδες κυκλοφορίας.

2.3.4 Η λαμπρότητα της επιφάνειας του δρόμου στην εσωτερική ζώνη

Στην εσωτερική ζώνη, το επίπεδο της λαμπρότητας παραμένει σταθερό σε όλο το μήκος, μέχρι δηλαδή την αρχή της ζώνης εξόδου. Στον παρακάτω πίνακα 2.4, παρουσιάζονται οι τιμές της λαμπρότητας για διάφορες αποστάσεις πέδησης (S.D.) και κλάσεις σήραγγας.

Πίνακας 2.4: Μέση λαμπρότητα του οδοστρώματος στην εσωτερική ζώνη (σε cd/m^2) [9]

S.D. (m)	60	100	160
Κλάση σήραγγας			
4	3	6	10
3	2	4	6
2	1.5	2	4
1	χωρίς απαιτήσεις	0.5	1.5

Όπως και στις άλλες ζώνες, η μέση λαμπρότητα του δρόμου μετρείται πάνω στις λωρίδες κυκλοφορίας της σήραγγας. Σε κάποιες περιπτώσεις η μέση λαμπρότητα στις λωρίδες έκτακτης ανάγκης μπορεί να είναι μικρότερη απ' ότι στις λωρίδες κυκλοφορίας. Συγκεκριμένα, για σήραγγες κλάσης 4, η μέση λαμπρότητα της επιφάνειας του δρόμου στις λωρίδες έκτακτης ανάγκης πρέπει να είναι ίση με εκείνη των λωρίδων κυκλοφορίας. Για σήραγγες των κλάσεων 3 και 2, η μέση λαμπρότητα στις λωρίδες έκτακτης ανάγκης πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με το 50% της μέσης λαμπρότητας των λωρίδων κυκλοφορίας.

2.3.5 Ζώνη εξόδου

Γενικά δεν είναι απαραίτητος ο επιπλέον φωτισμός στη ζώνη εξόδου, διότι το ανθρώπινο μάτι προσαρμόζεται εύκολα από τις συνθήκες χαμηλού φωτισμού στο εσωτερικό της σήραγγας, προς τις εξωτερικές συνθήκες υψηλού φωτισμού. Κάποιες φορές όμως χρησιμοποιείται, ώστε να επιτευχθεί καλύτερη αντίληψη των οχημάτων που μόλις έχουν βγει από τη σήραγγα ή σε περιπτώσεις αντίξωων εξωτερικών συνθηκών.

Στις περιπτώσεις που υπάρχει φωτισμός ζώνης εξόδου, η λαμπρότητα αρχίζει να αυξάνεται γραμμικά από το επίπεδο της εσωτερικής μέχρι το πενταπλάσιο της λαμπρότητας αυτής. Το μήκος της ζώνης εξόδου και η γραμμική αυτή αύξηση της λαμπρότητας, γίνεται για μια απόσταση πριν από την έξοδο της σήραγγας, ίση με την απόσταση πέδησης.

2.3.6 Ομοιομορφία της λαμπρότητας στην επιφάνεια του δρόμου

Στην επιφάνεια του δρόμου ανάλογα με την κλάση φωτισμού πρέπει να παρέχεται η κατάλληλη ομοιομορφία της λαμπρότητας του οδοστρώματος. Στον πίνακα 2.5 παρουσιάζονται οι τιμές όπως προκύπτουν από το πρότυπο για τις διάφορες κλάσεις σηράγγων.

Πίνακας 2.5: Ομοιομορφία λαμπρότητας σύμφωνα με την κλάση [9]

Κλάση	U_0	U_I
4	0.4	0.7
3	0.4	0.6
2	0.3	0.5
1	-	-

όπου U_0 : η ολική ομοιομορφία και

U_I : η διαμήκης ομοιομορφία στο κέντρο κάθε λωρίδας

Οι τιμές ισχύουν για τη ζώνη κατωφλίου, για την εσωτερική ζώνη και για τη ζώνη εξόδου. Για την μεταβατική ζώνη, επειδή οι όροι U_0 και U_I δεν έχουν νόημα αφού το επίπεδο λαμπρότητας μεταβάλλεται συνεχώς, και επειδή από τα πρότυπα δεν έχουν τεθεί άλλα μέτρα ομοιομορφίας, δεν μπορούν να δοθούν συγκεκριμένες τιμές.

2.3.7 Φωτισμός στους τοίχους της σήραγγας

Τα χαμηλά τμήματα των τοίχων, δηλαδή μέχρι ύψος 2m, επειδή αποτελούν φόντο για την κίνηση, όσον αφορά την ομοιομορφία της λαμπρότητας, πρέπει να αντιμετωπίζονται όπως και η επιφάνεια του δρόμου.

Για σήραγγες της κλάσης 4, η μέση λαμπρότητα στους τοίχους, μέχρι ύψος 2m, πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με τη μέση λαμπρότητα του οδοστρώματος στο συγκεκριμένο σημείο. Για σήραγγες της κλάσης 2 και 3, η μέση λαμπρότητα στους τοίχους, μέχρι ύψος 2m, πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με το 60% της λαμπρότητας του οδοστρώματος στο συγκεκριμένο σημείο ενώ για σήραγγες της κλάσης 1 δε δίνονται απαιτήσεις λαμπρότητας. Προτείνεται όμως γενικά, η ένταση φωτισμού στους τοίχους, μέχρι ύψος 2m, να μην είναι κάτω από το 25% αυτής του οδοστρώματος.

2.3.8 Μείωση θάμβωσης

Για σήραγγες κλάσης 2, 3 και 4 η προσαύξηση κατωφλίου (TI) πρέπει να είναι, κατά τη διάρκεια της ημέρας, λιγότερο από 15% για τη ζώνη κατωφλίου και την εσωτερική ζώνη και για όλες τις ζώνες κατά τη διάρκεια της νύχτας. Για σήραγγες κλάσης 1 δε δίνονται απαιτήσεις. Για τη ζώνη εξόδου, κατά τη διάρκεια της ημέρας, δεν υπάρχει περιορισμός.

2.3.9 Νυχτερινός φωτισμός

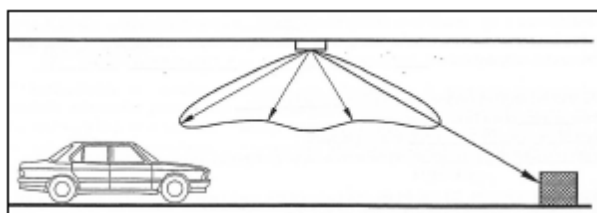
Κατά τη διάρκεια της νύχτας όλο το μήκος της σήραγγας αντιμετωπίζεται ως μία ενιαία εσωτερική ζώνη.

Ο νυχτερινός λοιπόν φωτισμός, δηλαδή το επίπεδο λαμπρότητας στο εσωτερικό της σήραγγας, πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσος με αυτόν του δρόμου στον οποίο ανήκει η σήραγγα. Η ομοιομορφία του νυχτερινού φωτισμού των σηράγγων για τις κλάσεις 4, 3 και 2 πρέπει να ικανοποιεί τις ίδιες απαιτήσεις όπως και στον φωτισμό ημέρας.

Όσον αφορά τη μέση λαμπρότητα στη σήραγγα κατά τη διάρκεια της νύχτας, συνιστάται η μέση λαμπρότητα της επιφάνειας του δρόμου να μην είναι λιγότερη από 2 cd/m^2 για τις κλάσεις φωτισμού 4 και 3, και όχι λιγότερη από 1 cd/m^2 για την κλάση φωτισμού 2.

2.3 Συστήματα τεχνητού φωτισμού

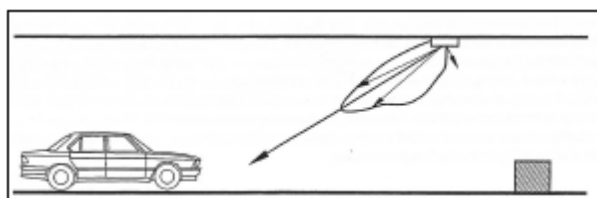
Τα συστήματα συμμετρικού φωτισμού μπορούν να θεωρηθούν ως συμβατικός φωτισμός, ενώ στις περισσότερες χώρες είναι το συνηθέστερο σύστημα φωτισμού. Στο συμμετρικό φωτισμό το φως κατευθύνεται με την ίδια ποσότητα τόσο στην κατεύθυνση της ροής των οχημάτων όσο και στην αντίθετη κατεύθυνση, με αποτέλεσμα η λαμπρότητα του δρόμου να είναι ίδια προς οποιαδήποτε κατεύθυνση και αν κινείται ο οδηγός. Επομένως, ο φωτισμός αυτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για κυκλοφοριακές ροές μιας κατεύθυνσης είτε δύο κατευθύνσεων.



Εικόνα 2.4: Σύστημα συμμετρικού φωτισμού [9].

Τα ασύμμετρα συστήματα μπορούν να χωρισθούν σε αυτά που η κύρια δέσμη ακτινοβολιών κατευθύνεται προς τον οδηγό (counter beam lighting) και σε αυτά που η κύρια δέσμη έχει την ίδια κατεύθυνση με αυτήν της κυκλοφορίας (pro-beam lighting). Συνήθως με τον όρο ασύμμετρος φωτισμός εννοείται η πρώτη περίπτωση.

Με τον ασύμμετρο φωτισμό ενισχύονται τα επίπεδα λαμπρότητας και ταυτόχρονα δίνεται έμφαση στην αρνητική αντίθεση πιθανών εμποδίων. Έτσι με λιγότερα φωτιστικά απ' ό,τι με τον συμμετρικό φωτισμό επιτυγχάνονται τα απαιτούμενα επίπεδα λαμπρότητας. Γι' αυτό ο ασύμμετρος φωτισμός χρησιμοποιείται κυρίως στην είσοδο των σιράγγων, όπου οι απαιτήσεις είναι ιδιαίτερα υψηλές.



Εικόνα 2.5: Σύστημα ασύμμετρου φωτισμού (counter beam) [9].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Χαρακτηριστικά και ιδιότητες των νέων ασφαλικών υλικών

3.1 Χαρακτηριστικά των νέων ασφαλικών υλικών

3.1.1 Ιδιότητες των φωτοκαταλυτικών υλικών

Τα νέα ασφατικά υλικά που μελετώνται χαρακτηρίζονται ως φωτοκαταλυτικά υλικά, κι αυτό διότι δρουν μέσω μιας διαδικασίας γνωστής ως φωτοκατάλυση. Η φωτοκατάλυση είναι ένα φυσικό φαινόμενο, με το οποίο μία ουσία γνωστή ως φωτοκαταλύτης, χρησιμοποιώντας ηλιακό ή τεχνητό φως (0,2 W / τμ. UVA ακτινοβολία) και οξυγόνο, τροποποιεί την ταχύτητα μιας χημικής αντίδρασης. Με αυτό τον τρόπο παράγεται μια ισχυρή διαδικασία οξείδωσης η οποία αποσυνθέτει τις οργανικές και ανόργανες ρυπαντικές ουσίες και τις μετασχηματίζει σε αβλαβείς. Οι κλασικοί φωτοκαταλύτες αποτελούνται από ενώσεις μετάλλων, εκ των οποίων το πιο ενεργό και πιο διαδεδομένο είναι το διοξείδιο του τιτανίου (TiO_2). [10]

Μερικές από τις ουσίες που μετασχηματίζονται από τα φωτοκαταλυτικά αυτά υλικά είναι οι οργανικές πτητικές ενώσεις, το διοξείδιο του θείου, το μονοξείδιο του άνθρακα, τα αιωρούμενα σωματίδια-PMX, τα οξείδια του αζώτου, η φορμαλδεΐδη, η ακεταλδεΐδη, η μεθανόλη καθώς και άλλοι αέριοι ρύποι. Ο μετασχηματισμός αυτός δημιουργεί νέες αβλαβείς όμως ουσίες, και συγκεκριμένα νιτρικά άλατα (NaNO_3), άλατα ανθρακικού νατρίου ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) και ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3). Αυτές οι αβλαβείς ουσίες που παράγονται είναι σε μικρές ποσότητες και είναι αόρατες, ενώ απομακρύνονται εύκολα με πλύσιμο με νερό. [11]

Έτσι σύμφωνα με μετρήσεις, σε χώρους όπου είτε στις εσωτερικές είτε στις εξωτερικές επιφάνειές τους εφαρμόζονται φωτοκαταλυτικά υλικά, παρατηρείται μεγάλη μείωση (έως και 50%) των τοξικών ρύπων του αέρα (ρύποι που παράγονται από τα οχήματα, τα εργοστάσια, την οικιακή θέρμανση αλλά και από άλλες πηγές), καθώς και εξάλειψη των ακαθαρσιών, της μούχλας και των βακτηρίων. Με αυτό τον τρόπο οι φωτοκαταλυτικές βαφές διατηρούν το φυσικό τους χρώμα στη διάρκεια του χρόνου, αφού ουσιαστικά είναι αυτοκαθαριζόμενες. [10]

3.1.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά των φωτοκαταλυτικών ασφαλικών υλικών

Τα νέα ασφατικά υλικά που μελετώνται ανήκουν στη σειρά οικολογικών προϊόντων Ecorivestimento. Ο όρος αυτός χρησιμοποιείται για να διακρίνονται τα φωτοκαταλυτικά προϊόντα με βάση το τσιμέντο, από τις απλές φωτοκαταλυτικές βαφές. Επομένως, τα συγκεκριμένα υλικά αποτελούνται από ένα μείγμα γκρι τσιμέντου που είναι το βασικό συστατικό, αλλά και από διοξείδιο του τιτανίου (TiO_2) που είναι απαραίτητο για τη φωτοκατάλυση. [11]

Χρησιμοποιούνται για επίστρωση μεγάλων επιφανειών, όπως σε δρόμους χαμηλής και υψηλής κυκλοφορίας, σε σήραγγες, σε βιομηχανικές επιφάνειες, σε πλατείες και αμαξοστάσια, σε πεζοδρόμια και χώρους στάθμευσης. (Τα υλικά αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε κλειστούς χώρους όπως στις σήραγγες, καθώς η διαδικασία της φωτοκατάλυσης ενεργοποιείται και σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού, μέσω των κοινών λαμπτήρων. Δεν ενεργοποιείται όμως με λαμπτήρες νέον.) [10]

Ανάλογα με το χώρο στον οποίο θα χρησιμοποιηθούν τα φωτοκαταλυτικά αυτά υλικά, επιλέγεται η κατάλληλη λύση. Στην προκειμένη περίπτωση, η οποία εξετάζεται στην παρούσα εργασία, δηλαδή για δρόμους με αυξημένη κυκλοφορία αυτοκινήτων και βαριά φορτία, χρησιμοποιείται το υλικό FOTOFUID[®] της σειράς Ecorivestimento. Σε σύγκριση με το κλασικό οδόστρωμα, η δομή του αυξάνει την πρόσφυση των ελαστικών κατά τη διάρκεια της πέδησης (αντιολισθητική δράση), ενώ έχει και μεγαλύτερη αντίσταση στην πλαστική παραμόρφωση. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το υλικό αυτό πρόκειται για ένα μείγμα σε μορφή υγρού κονιάματος το οποίο γίνεται ένα σώμα με την άσφαλτο, προσδίδοντάς της τις ανθεκτικές αυτές ιδιότητες. Σύμφωνα με μετρήσεις η αναμενόμενη διάρκεια ζωής του υλικού αυτού, είναι τουλάχιστον 10 έτη. [10]

Εκτός όμως από τις ιδιότητες που παρουσιάζουν τα φωτοκαταλυτικά αυτά υλικά στην αποσύνθεση των ρύπων και στην βελτιωμένη πρόσφυση, έχουν ένα ακόμα σημαντικό πλεονέκτημα. Εξαιτίας του διοξειδίου του τιτανίου κυρίως, αλλά και των υπολοίπων συστατικών του μείγματος, το χρώμα αυτών των υλικών είναι πιο ανοιχτό από τα συνηθισμένα οδοστρώματα, και συγκεκριμένα ανοιχτό γκρι. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη ανακλαστικότητα του φωτός και επομένως την αύξηση της λαμπρότητας στο οδόστρωμα. [11]

Επίσης, λόγω της ικανότητας διάσπασης των ρύπων και της βρωμιάς από τον φωτοκαταλύτη, δηλαδή εξαιτίας της ικανότητας αυτοκαθαρισμού, το οδόστρωμα διατηρεί αυτή την αυξημένη λαμπρότητα σε σχέση με τα κλασικά οδοστρώματα.

Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς ελαχιστοποιείται το πλήθος των φωτιστικών και η ισχύς τους. Ταυτόχρονα όμως, υπάρχει και γενικότερα εξοικονόμηση χρημάτων εξαιτίας της εγκατάστασης και συντήρησης των λιγότερων φωτιστικών αλλά και των λιγότερων καθαρισμών του οδοστρώματος.

3.2 Ανακλαστικές ιδιότητες των νέων ασφαλικών υλικών

Για τα δύο υπό μελέτη είδη ασφαλικών υλικών που μελετούνται έγινε ένας υπολογισμός του Q_0 , και τα προσεγγιστικά αποτελέσματα φαίνονται στον επόμενο πίνακα (οι ονομασίες των δύο υλικών είναι αυθαίρετες, και θα χρησιμοποιούνται έτσι στις μελέτες που θα παρουσιαστούν παρακάτω):

Πίνακας 3.1: Τιμή Q_0 για τα δύο καινούρια ασφαλικά υλικά

	Ονομασία	Τιμή Q_0
material 1	bright	0.12
material 2	dark	0.11
R3	R3	0.08

Το bright όπως επιβεβαιώνεται και από την τιμή του Q_0 έχει πιο ανοιχτό χρώμα από το dark, αφού έχει μεγαλύτερη ανακλαστικότητα.

Αυτό μπορεί να φανεί και με τη σύγκριση των r-tables. Παρατηρούνται δηλαδή μεγαλύτερες τιμές ανάκλασης για τις διάφορες γωνίες παρατήρησης. Ακολουθούν τα r-tables για τα δύο καινούρια οδοστρώματα, bright και dark, καθώς και για το πιο κοινό οδόστρωμα, δηλαδή το R3, πολλαπλασιασμένα x10000.

Εικόνα 3.1: r-table για bright οδόστρωμα [12]

$\beta / \tan \gamma$	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0	811	811	811	811	811	811	811	811	811	811	811	811	811	811	811	811	811	811	811	811
0.25	683.1	682.3	683.9	687.1	696.9	716.4	734.2	754.5	773.1	784.5	795	789.4	766.6	744.7	746.4	751.2	774	791	799.1	798.3
0.5	587.2	587.9	586.5	594.8	594.1	607.3	616.4	624	633.1	632.4	635.2	610.8	593.4	579.5	590.6	608	648.4	696.4	729.8	744.4
0.75	488.2	488.2	484.8	484.8	483.6	487	488.7	485.3	485.3	473.4	468.3	434.8	422.9	416.1	433.7	459.2	505.8	571.6	632.4	662.4
1	394.2	395.5	390.6	384.8	376.3	366.8	361	347.6	342.6	327.4	325.1	293.3	290.2	286.6	308.5	332.8	379.4	443.5	507.2	536.4
1.25	321	322.1	315	302.6	288.5	268.3	257.7	240.3	234	220.5	218.8	197.9	198.2	199.6	219.1	241.8	283.5	336.3	391.5	417.7
1.5	265.5	266.1	256.5	237.7	217.4	193.7	181.9	165.3	159.7	149	149.8	135.7	138.8	141.6	158	177.1	214	254.8	301.3	325.2
1.75	223.8	223.6	211.8	187.9	163.8	141.5	129.3	115.6	112.2	102.9	103.1	95	98.8	102.2	116.6	133.6	163.8	195.8	235.2	256.3
2	191.1	189.6	176.5	149.5	125.1	101.9	93.7	82	79	72.2	73.7	68.3	72.4	76.3	88.3	101.7	128	153.1	185.7	204.8
2.5	144.8	142.4	125.6	95	74.3	56.9	51.5	44.3	42.8	39	40.5	38.1	41.9	44.3	53.5	63.3	81.9	98.4	122.1	137
3	112.6	108.4	91.4	61.3	45.6	34.2	30.2	25.6	25.6	23.2	23.9	23.1	22.8	28.3	34.6	42.2	55.4	67.6	84.6	96.2
3.5	90.5	85.7	68	41.2	29.5	21.6	19.1	16.2	16.4	14.8	15.4	15	15.6	19.2	23.9	29.7	39.6	48.7	61.5	70.9
4	74.3	69.2	51.9	28.9	20.3	14.4	13.1	10.8	10.9	9.9	10.4	10.4	11.1	13.6	17.2	21.7	29.6	36.3	46.6	54.2
4.5	61.5	56.8	40.2	20.8	14	10.1	9	7.6	7.7	7	7.4	7.5	8.2	10	12.9	16.3	22.4	27.9	36	42.3
5	52.5	47.6	32.3	15.6	10.3	7.2	6.6	5.7	5.6	5.1	5.5	5.7	7.8	7.8	10	12.8	17.7	22.2	28.7	34
5.5	45.8	40.3	25.9	11.7	7.7	5.4	5	4.3	4.2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	41	34.8	21.1	9	5.9	4.2	3.9	3.3	3.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.5	37.1	30.5	17.5	7.2	4.7	3.4	3.1	2.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	33.8	27.1	14.8	5.8	3.8	2.7	2.5	2.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.5	31.1	24.2	12.5	4.7	3.1	2.3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	28.3	21.7	10.7	4	2.6	1.9	1.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.5	26.9	19.6	9.3	3.3	2.2	1.6	1.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	25.4	17.8	8.1	2.8	1.9	1.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.5	23.9	16.3	7.1	2.4	1.6	1.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	22.4	14.9	6.3	2.1	1.4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.5	21.2	13.7	5.5	1.9	1.2	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	20.1	12.7	4.9	1.6	1.1	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.5	19.3	11.7	4.3	1.4	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	18.4	3	3.9	1.4	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Εικόνα 3.2: r-table για *dark* οδόστρωμα [12]

$\beta / \tan \gamma$	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0	745.5	745.5	745.5	745.5	745.5	745.5	745.5	745.5	745.5	745.5	745.5	745.5	745.5	745.5	745.5	745.5	745.5	745.5	745.5	745.5
0.25	619.6	616.4	620.4	619.6	630.1	637.4	654.3	667.2	681.8	690.7	702	691.5	681	671.3	679.4	688.2	714.9	735.9	744	746.4
0.5	493.2	491.8	493.2	493.9	502.9	506.4	517.5	524.4	534.8	534.8	541.7	529.2	526.5	525.1	543.8	566	612.4	660.9	696.9	714.2
0.75	375.9	374.2	375.3	373.6	379.3	380.4	388.9	387.2	392.8	386	388.3	375.9	378.7	381	405.3	433.5	487.8	556.2	620.6	664.1
1	278.2	275.5	277.7	274.2	276.4	272.4	276.4	271	273.7	266.1	266.6	255	260.8	265.2	288.9	318.4	370.6	443.9	521.6	564
1.25	206.5	204.4	205.1	199.1	198.4	191	192.4	184.3	186.8	179	181.2	172.3	179.8	185	206.5	234	280.2	345.8	411.7	447.6
1.5	156.7	156.2	155.1	148	144.7	136	134	127.3	128.4	122.5	124.5	118	125.6	131.8	149.2	172.7	213.1	265.8	320.8	353.6
1.75	124.2	123.3	120.6	112.9	106.8	97.3	95.9	88.7	89.8	84.8	86.9	83.7	90	96.1	111.3	130.1	164.9	206.1	252.7	281.9
2	100.9	100.1	97.2	87	80.4	71.5	68.5	63.4	64.5	60.6	62.4	60	66.3	71.1	84.2	100	129.3	162.6	201.2	227.4
2.5	72.4	71.8	66.7	55.3	47.5	40.4	38.2	34.6	35.7	33.2	34.5	33.9	38.7	42.2	50.9	62.5	83.4	105.7	133.8	154.1
3	55.9	54.5	48.8	36.8	29.8	24.3	23.3	20.5	21.1	19.7	20.7	21	21.3	26.8	33.4	41.4	57	72.7	93.8	109.4
3.5	46	43.9	36.7	25.4	19.8	15.5	14.8	13.1	13.5	12.6	13.3	13.8	14.8	18.3	23.1	29.1	40.8	52.5	68.6	81.5
4	38.5	36.6	28.8	18	13.5	10.4	10	8.7	9.1	8.5	9	9.5	10.5	13.1	16.5	21.3	30.4	39.6	52.1	62.6
4.5	33.4	30.9	22.9	13.2	9.6	7.3	7	6.1	6.4	6	6.4	6.8	7.7	9.6	12.3	16	23.2	30.4	40.5	49.2
5	30.2	26.6	18.8	10	7.2	5.4	5.1	4.5	4.8	4.5	4.8	5.2	7.4	7.4	9.4	12.6	18.3	24.2	32.3	39.8
5.5	27.1	23.1	15.4	7.6	5.3	4	3.8	3.4	3.5	3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	24.4	20.5	12.8	6	4.2	3.2	3	2.6	2.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.5	23	18.2	10.8	4.9	3.3	2.5	2.4	2.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	21.3	16.4	9.2	3.9	2.7	2	1.9	1.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.5	20.1	14.9	7.9	3.3	2.2	1.7	1.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	19	13.6	6.9	2.8	1.8	1.4	1.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.5	17.8	12.6	6	2.3	1.5	1.2	1.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	17.1	11.5	5.3	2	1.3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.5	16.3	10.6	4.7	1.7	1.1	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	15.5	10	4.2	1.5	1	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.5	14.9	9.3	3.8	1.3	0.9	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	14.3	8.6	3.4	1.2	0.8	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.5	13.8	8	3.1	1	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	12.7	6.2	2.8	1	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Εικόνα 3.3: r-table για *R3* οδόστρωμα [4]

$\beta / \tan \gamma$	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294
0.25	326	326	321	321	317	312	308	308	303	298	294	280	271	262	258	253	249	244	240	240
0.5	344	344	339	339	326	317	308	298	289	276	262	235	217	204	199	199	199	199	194	194
0.75	357	353	353	339	321	303	285	267	244	222	204	176	158	149	149	149	145	136	136	140
1	362	362	352	326	276	249	226	204	181	158	140	118	104	100	100	100	100	100	100	100
1.25	357	357	348	298	244	208	176	154	136	118	104	83	73	70	71	74	77	77	77	78
1.5	353	348	326	267	217	176	145	117	100	86	78	72	60	57	58	60	60	60	61	62
1.75	339	335	303	231	172	127	104	89	79	70	62	51	45	44	45	46	45	45	46	47
2	326	321	280	190	136	100	82	71	62	54	48	39	34	34	34	35	36	36	37	38
2.5	289	280	222	127	86	65	54	44	38	34	25	23	22	23	24	24	24	24	24	25
3	253	235	163	85	53	38	31	25	23	20	18	15	15	14	15	15	16	16	17	17
3.5	217	194	122	60	35	25	22	19	16	15	13	9.9	9	9	9.9	11	11	12	12	13
4	190	163	90	43	26	20	16	14	12	9.9	9	7.4	7	7.1	7.5	8.3	8.7	9	9	9.9
4.5	163	136	73	31	20	15	12	9.9	9	8.3	7.7	5.4	4.8	4.9	5.4	6.1	7	7.7	8.3	8.5
5	145	109	60	24	16	12	9	8.2	7.7	6.8	6.1	4.3	3.2	3.3	3.7	4.3	5.2	6.5	6.9	7.1
5.5	127	94	47	18	14	9.9	7.7	6.9	6.1	5.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	113	77	36	15	11	9	8	6.5	5.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.5	104	68	30	11	8.3	6.4	5.1	4.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	95	60	24	8.5	6.5	5.2	4.3	3.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.5	87	53	21	7.1	5.3	4.4	3.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	83	47	17	6.1	4.4	3.6	3.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.5	78	42	15	5.2	3.7	3.1	2.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	73	38	12	4.3	3.2	2.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.5	69	34	9.9	3.8	3.5	2.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	65	32	9	3.3	2.4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.5	62	29	8	3	2.1	1.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	59	26	7.1	2.6	1.9	1.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.5	56	24	6.3	2.4	1.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	53	22	5.6	2.1	1.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Με μια πρώτη ματιά των πινάκων πράγματι φαίνονται οι μεγαλύτερες τιμές ανακλαστικότητας των δύο νέων ασφαλικών υλικών σε σχέση με το οδόστρωμα R3.

3.3 Τρόποι επίστρωσης των νέων ασφαλτικών υλικών

Η εφαρμογή των υλικών αυτών γίνεται σε πάχος 1.5mm - 2mm και εφαρμόζεται με επιτυχία επί ασφαλτοστρωμένων επιφανειών πάχους 3-4 cm. Εφαρμόζεται συνήθως με ψεκασμό. [11]

Σε προϋπάρχοντα οδοστρώματα εφαρμόζεται μία μέθοδος που ονομάζεται «κρύα μέθοδος» και η μόνη προφύλαξη που πρέπει να παρθεί είναι να ξεκινήσει και πάλι η κυκλοφορία των οχημάτων μετά την πλήρη ξήρανση του προϊόντος, δηλαδή διάστημα λίγων ωρών. [13]

Όμως η εφαρμογή του προϊόντος μπορεί να γίνει και κατά τη φάση κατασκευής του δρόμου, που είναι και προτιμότερο, λόγω καλύτερης προσχώρησης στην άσφαλτο. Στη δεύτερη περίπτωση εφαρμόζεται η «ζεστή μέθοδος». Σε αυτή την περίπτωση ο ψεκασμός γίνεται μετά τη φάση της συμπίεσης του οδοστρώματος και ενώ η θερμοκρασία του βρίσκεται πάνω από τους 100 °C. Έπειτα γίνεται και πάλι συμπίεση του οδοστρώματος. [13]



Εικόνα 3.4: Ψεκασμός στη «ζεστή μέθοδο» [13]



Εικόνα 3.5: Ψεκασμός και τελική συμπίεση στη «ζεστή μέθοδο» [13]

Εξαιτίας των χημικών συστατικών του προϊόντος και του πολύ μικρού μεγέθους του φωτοκαταλύτη (της τάξης των nm), αυτό διεισδύει στην άσφαλτο, διατηρώντας αναλλοίωτα τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας, όπως την πρόσφυση των οχημάτων και την αποστραγγιστική ικανότητά της. [13]

3.4 Εφαρμογές των νέων ασφαλτικών υλικών ανά τον κόσμο

Τα τελευταία χρόνια, τέτοιου είδους φωτοκαταλυτικά ασφαλτικά υλικά χρησιμοποιούνται σε αρκετά μέρη στον κόσμο. Εφαρμόζονται σε χώρους στάθμευσης, σε πεζοδρόμια, σε ποδηλατοδρόμους, σε αστικούς δρόμους, σε αυτοκινητόδρομους, σε σήραγγες και γενικότερα σε μεγάλες εξωτερικές επιφάνειες που κρίνεται σκόπιμο.

Ακολουθούν ενδεικτικά τέτοιες περιπτώσεις εφαρμογής αυτών των υλικών παγκοσμίως [10]:

- Exhibition Centre Shanghai 2010 (Parking area)
- Exhibition Centre Rho-Pero Milan Italy 2007 (Parking area)
- Schiphol Amsterdam Airport Holland 2008 (Airplane runway)
- Riddenkerk Holland 2009 (Urban road)
- Bordeaux France 2007 (Urban road)
- Cesena Viale Marconi Italy 2007 (Avenue)
- Bougivall & Montesson France 2007 (Highway)
- SS 242 Ortisei - Bolzano Italy 2006 (Trunk road)
- Via 1^o Maggio - Segrate Milan Italy 2006 (Cycle route)
- Toll gate in Beinsaco Torino Italy 2006 (Tolls)

Στις εικόνες 3.6 και 3.7 φαίνονται μία λεωφόρος και μία σήραγγα στην Ιταλία όπου έχουν εφαρμοστεί τα υπό μελέτη ασφαλτικά υλικά:



Εικόνα 3.6: Viale Ferrara - Bologna 2009 [13]



Εικόνα 3.7: Center of Milan: Tunnel Giardini di Porta Nuova 2009 [13]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Προσομοιώσεις φωτισμού
με χρήση νέων ασφαλικών υλικών
σε δρόμους

Εισαγωγή:

Στο κεφάλαιο αυτό, γίνονται κάποιες μελέτες φωτισμού με το λογισμικό relux, σε δύο δρόμους διαφορετικής κλάσης φωτισμού, αρχικά με το κλασικό οδόστρωμα R3 και έπειτα με τα καινούρια ασφαλτικά υλικά. Για τον κάθε δρόμο, μετά την επίστρωση των νέων ασφαλτικών υλικών, εξετάζονται δύο σενάρια στα οποία ερευνάται αν επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας ή κάποιο άλλο οικονομικό όφελος.

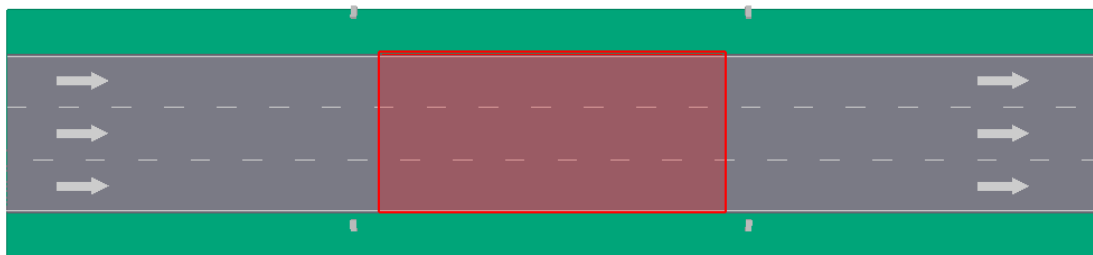
4.1 Χαρακτηριστικά του πρώτου υπό μελέτη δρόμου

Χαρακτηριστικά δρόμου: Αυτοκινητόδρομος (κατηγορίας A1)

πλάτος 12 μέτρα

3 λωρίδες κυκλοφορίας.

κλάση φωτισμού M1



Εικόνα 4.1: Κάτοψη δρόμου

Maintenance factor: Σύμφωνα με το πρότυπο EN 12464, ανάλογα με την καθαρότητα της ατμόσφαιρας, τα διαστήματα συντήρησης των φωτιστικών, τα διαστήματα αντικατάστασης των λαμπτήρων, το είδος των φωτιστικών αλλά και τον χρόνο λειτουργίας ανά έτος, προκύπτει για την συγκεκριμένη περίπτωση ο συντελεστής συντήρησης $r=0.7$, όπως φαίνεται παρακάτω [7]:

Εικόνα 4.2: Συντελεστής συντήρησης φωτιστικών

A screenshot of the 'Relux maintenance factor' software window. The window has a title bar with 'Relux maintenance factor' and a close button. The interface is divided into several sections:

- Room:** Radio buttons for 'Interior (CIE 97:2003)' and 'Exterior (CIE 154:2003)'. 'Exterior' is selected.
- Pollution:** A dropdown menu set to 'High'.
- Maintenance interval:** A dropdown menu with a red 'X' icon, currently empty.
- Luminaire type:** A list box showing '621HGV AC 1xSON-T150W TP P10 (1x0W) 0,70'. Below it are fields for 'Influence of reflections from room surfaces' (determine...), 'Luminaire characteristic', 'IP rating' (IP6X), and 'Maintenance interval' (every 3 years, with a red 'X' icon).
- Lamp:** Fields for 'Lamp type' (High pressure sodium 150/400W High Output (ZVEI)), 'Ballast' (Conventional Ballast), 'Maintenance interval' (every 3 years, with a red 'X' icon), and 'Operating hours per year' (4380). There is a checkbox for 'Failed lamps are immediately replaced' which is unchecked.
- General note per luminaire type:** A large empty text area.
- Summary:** A table with columns: Surfaces (SMF 0,97), Luminaires (LMF 0,83), Lamps Life span (LSF 0,94), and Lamps Luminous flux (LLMF 0,92). Below this table, the 'Maintenance factor luminaire' is highlighted in yellow and set to '0,70'. There is also a checkbox for 'Maintenance factor manually' which is unchecked.

At the bottom of the window are 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons.

Όπως φαίνεται παραπάνω θεωρούνται τα εξής:

- Υψηλή ρύπανση στην περιοχή.
- Το φωτιστικό είναι πολύ καλά μονωμένο από τη ρύπανση της ατμόσφαιρας (κατηγορία IP6X).
- Ο καθαρισμός των φωτιστικών γίνεται κάθε 3 χρόνια.
- Χρησιμοποιώ φωτιστικό της Philips, με λαμπτήρα νατρίου υψηλής πίεσης 150W (SON-T), υψηλής απόδοσης. Συγκεκριμένα το "621HG V AC 1xSON-T150W TP P10".
- Η αντικατάσταση όλων των λαμπτήρων γίνεται ομαδικά κάθε 3 χρόνια, ανεξάρτητα από το αν έχουν καεί ή όχι.
- Τα φωτιστικά λειτουργούν 12 ώρες το 24ωρο, δηλαδή 4380 ώρες το χρόνο.

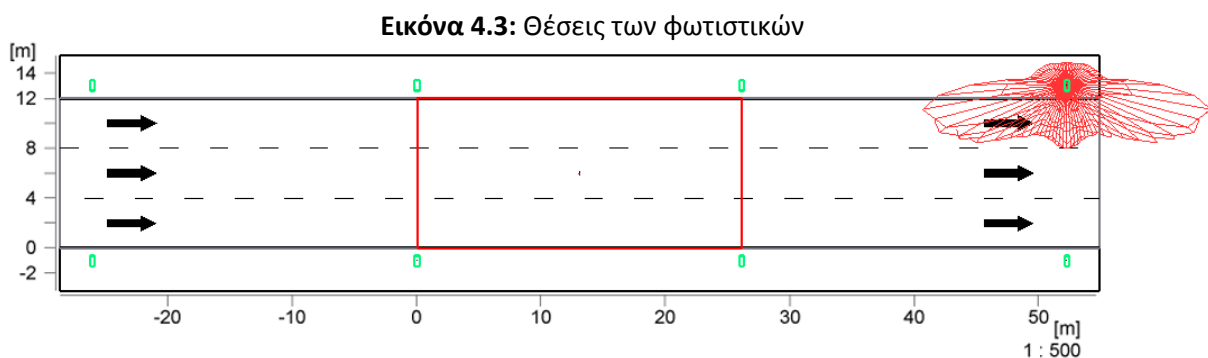
Συντελεστές που προκύπτουν:

- **Surface Maintenance Factor** (SMF=0.97), δηλαδή θεωρείται ότι το οδόστρωμα καθαρίζεται τακτικά.
- **Luminaire Maintenance Factor** (LMF=0.83), δηλαδή στα 3 χρόνια που γίνεται ο καθαρισμός των φωτιστικών, η φωτεινή ροή των φωτιστικών λόγω της βρωμιάς μειώνεται στο 83%.
- **Lamp Survival Factor** (LSF=0.94), δηλαδή στα 3 χρόνια που θα γίνεται η αντικατάσταση των λαμπτήρων, στατιστικά θα έχει καεί το 6% από αυτούς.
- **Lamp Lumen Maintenance Factor** (LLMF=0.92), δηλαδή η φωτεινή ροή λόγω γήρανσης των φωτιστικών, μειώνεται στο 92% της αρχικής τους τιμής.
- **Maintenance Factor**=MF=r= SMF* LMF* LSF* LLMF $\Rightarrow r=0.7$

Ο δρόμος που έχει επιλεγεί, θεωρείται ότι κατασκευάζεται με κλασικό οδόστρωμα κατηγορίας R3.

Δηλαδή συνοπτικά: **Width of roadway (b)** : 12.00 m
Numbers of lanes : 3
Road surface category : R3

Κάνοντας την μελέτη φωτισμού σύμφωνα με τις προδιαγραφές για την συγκεκριμένη κατηγορία δρόμου, δηλαδή για την κλάση φωτισμού M1, προκύπτουν οι αντίστοιχες θέσεις των φωτιστικών, όπως φαίνεται και στο επόμενο σχήμα (εικόνα 4.3):



Luminaire type : 621HGV AC 1xSON-T150W TP P10 (1x0W)

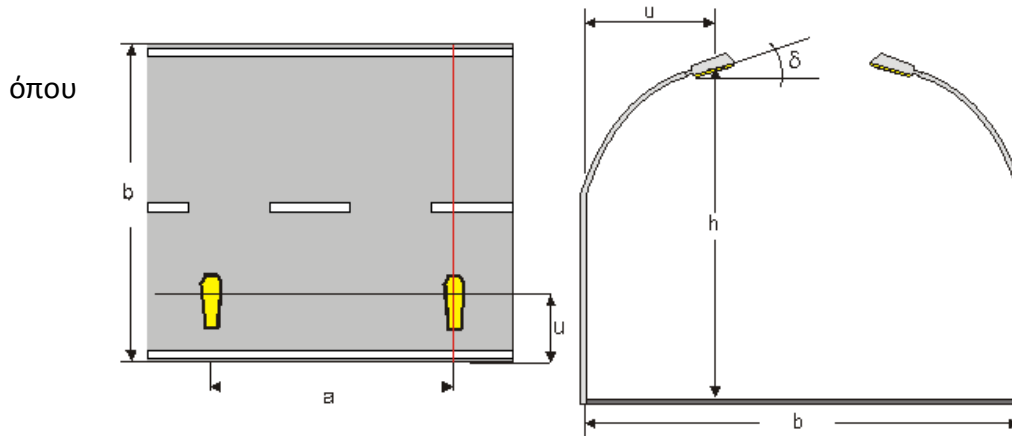
Luminaire placing : Both sides

Photometric centre height (h) : 11.00 m (ύψος ιστών)

Luminaire spacing (a) : 26.00 m (απόσταση μεταξύ των ιστών)

Luminaires – outreach (u) : -1.00 m (απόσταση φωτιστικών από το δρόμο)

Inclination (δ) : 10.00° (κλίση φωτιστικών)

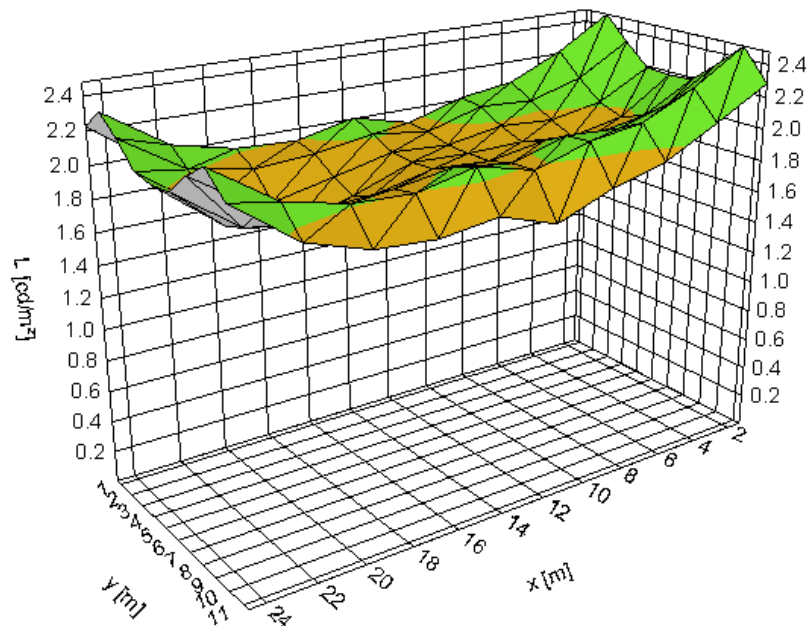


Για παρατηρητή λοιπόν που βρίσκεται σε ύψος $z=1.5\text{m}$, στη μέση του δρόμου $y=6\text{m}$ και στη θέση $x=-60\text{m}$ προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα:

Πίνακας 4.1: κλάση φωτισμού M1, οδόστρωμα R3 $r=0.7$ $r=1.0$

Luminance average (>2)	Lav (>2)	2.01	2.87
Luminance min	Lmin	1.64	2.34
Luminance min/average U0 (>0.4)	U0 (>0.4)	0.81	0.81
Longitudinal uniformity UI (>0.7)	UI (>0.7)	0.79	0.79
Threshold increment TI (<10)	TI (<10)	7	7
Surrounding brightness (>0.5)	SR (>0.5)	0.52	0.52

Εικόνα 4.4:
διάγραμμα
λαμπρότητας
(οδόστρωμα R3)



Η μελέτη της εργασίας αυτής έγκειται σε 2 σενάρια:

4.1.1 1^ο Σενάριο

Ο δρόμος που μελετήθηκε προηγουμένως, με οδόστρωμα R3 και κλάση φωτισμού M1, θεωρείται ότι είναι ήδη κατασκευασμένος, ενώ τα φωτιστικά έχουν τοποθετηθεί όπως έχουν οριστεί από την μελέτη φωτισμού του δρόμου. Το πρώτο λοιπόν σενάριο αναφέρεται στο εξής: Διατηρείται αναλλοίωτη η προϋπάρχουσα εγκατάσταση των ιστών, χωρίς να μετακινηθούν ή να γίνει επέμβαση με άλλο τρόπο στην εγκατάστασή τους. Η αλλαγή που γίνεται, είναι η επικάλυψη του οδοστρώματος R3, με το bright ή το dark οδόστρωμα αντίστοιχα, ενώ ταυτόχρονα γίνεται αντικατάσταση των φωτιστικών με άλλα μικρότερης ισχύος. Μελετάται λοιπόν, αν συνεχίζουν να πληρούνται οι προδιαγραφές για τον φωτισμό M1 και πόσο όφελος θα υπάρχει από την εξοικονόμηση ενέργειας, λόγω των μικρότερης ισχύος φωτιστικών.

Σημαντική προϋπόθεση:

- Θεωρείται ότι τα δύο καινούρια οδοστρώματα, bright και dark, λερώνονται με τον ίδιο ρυθμό, σε σχέση με το R3. Αυτό σημαίνει ότι ο συντελεστής SMF παραμένει σταθερός, άρα και ο συντελεστής συντήρησης r παραμένει στο 0.7 (τα διαστήματα συντήρησης και οι υπόλοιποι παράγοντες που επηρεάζουν το r παραμένουν ίδιοι όπως φαίνονται στην εικόνα 4.2).

Ύστερα από την κατάλληλη μελέτη φωτισμού, και λόγω της τυποποιημένης ισχύος στους λαμπτήρες, ως πιο κατάλληλη λύση, κρίνεται η αντικατάσταση των προηγούμενων φωτιστικών των 150W με καινούρια των 100W, παρόμοιας όμως κατηγορίας ως προς την απόδοση τους. Συγκεκριμένα:

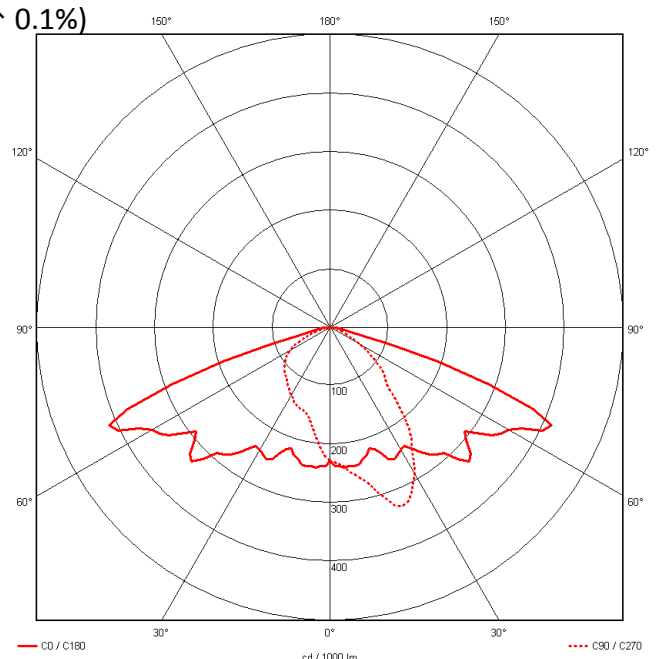
Αρχικά φωτιστικά: 621HGV AC 1xSON-T150W TP P10 (Philips)

Length: 787 mm, Width: 390 mm, Height: 267 mm

Efficiency:	80% (A30, ↓ 99.9% ↑ 0.1%)
Total system power:	169 W
Control gear:	conventional ballast
Equipment:	1 x SON-T150W
Total luminous flux:	15000 lm



Εικόνα 4.5: Φωτογραφία και πολικό διάγραμμα φωτιστικού SON-T150W TP P10 της Philips [8]



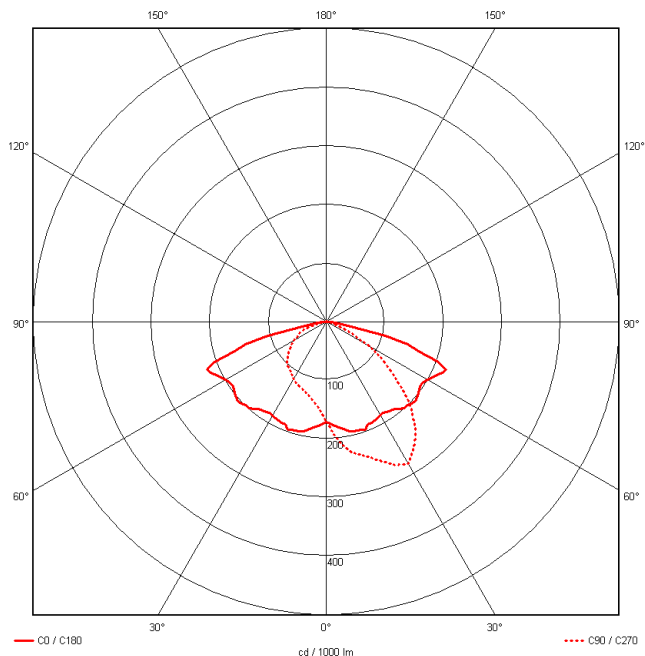
Καινούρια φωτιστικά: SGP100 GB 1xSON-TPP100W OR P4 (Philips)

Length: 710 mm, Width: 350 mm, Height: 179 mm

Efficiency: 83% (A30, ↓ 99.8% ↑ 0.2%)
 Total system power: 114 W
 Control gear: conventional ballast
 Equipment: 1 x SON-TPP100W
 Total luminous flux: 10700 lm



Εικόνα 4.6: Φωτογραφία και πολικό διάγραμμα φωτιστικού SON-TPP100W OR P4 της Philips [8]



Ο συντελεστής συντήρησης r παραμένει ίδιος (0.7) σύμφωνα με την εικόνα 4.2. Έτσι από την μελέτη φωτισμού στο Relux με τα καινούρια φωτιστικά των 100Watt, και για τον παρατηρητή που προαναφέρθηκε προκύπτουν:

(Για συγκριτικούς λόγους παρατίθενται οι τιμές της λαμπρότητας με τα καινούρια φωτιστικά των 100W, στην περίπτωση που το οδόστρωμα παρέμενε το R3)

Πίνακας 4.2: Βασικά μεγέθη της μελέτης με τα καινούρια φωτιστικά των 100W

<u>Προσομοίωση φωτισμού</u> <u>κλάση M1</u>	<u>bright</u> ($r=0.7$)	<u>dark</u> ($r=0.7$)	<u>R3</u> ($r=0.7$)
Lav (>2)	2.36	2.14	1.31
Lmin	1.77	1.60	1.06
U0 (>0.4)	0.75	0.75	0.81
UI (>0.7)	0.90	0.89	0.92
TI (<10)	4	5	7
SR (>0.5)	0.58	0.58	0.58

Διαπιστώνεται λοιπόν ότι πληρούνται οι προδιαγραφές για τον φωτισμό M1, όσον αφορά δηλαδή τη θάμβωση, την ομοιομορφία στη λαμπρότητα, τη μέση λαμπρότητα αλλά και τον φωτισμό στα όρια του δρόμου. (Στο R3 δεν επιτυγχάνεται το όριο στο Lav).

Έχουμε λοιπόν για παρατηρητή που βρίσκεται σε ύψος $z=1.5\text{m}$, στη μέση του δρόμου ($y=6\text{m}$) και στη θέση $x=-60\text{m}$:

Οι πίνακες που ακολουθούν δείχνουν τις τιμές της λαμπρότητας σε διάφορες θέσεις μέσα στο κόκκινο πλαίσιο, όπως φαίνεται στην εικόνα 4.3, με τον παρατηρητή να βρίσκεται στη θέση που προαναφέρθηκε (κάποιες πολύ μικρές διαφορές στην ελάχιστη τιμή της λαμπρότητας και στην ομοιομορφία, σε σχέση με τον αμέσως προηγούμενο πίνακα οφείλονται στη θέση του παρατηρητή. Στον πίνακα που μόλις προηγήθηκε παρουσιάζονται τα χειρότερα αποτελέσματα που προκύπτουν από 3 διαφορετικές θέσεις παρατήρησης που λαμβάνονται υπόψη στη μελέτη. Δηλαδή στη μέση του δρόμου και στη μέση των δύο άλλων λωρίδων. Έτσι στον πίνακα που προηγήθηκε καταγράφονται οι χειρότερες τιμές που προκύπτουν από τους τρεις παρατηρητές. Οι πίνακες και τα διαγράμματα που ακολουθούν είναι ενδεικτικά από τον παρατηρητή που βρίσκεται στη μέση του δρόμου):

Πίνακας 4.3: Τιμές λαμπρότητας στο **bright οδόστρωμα**

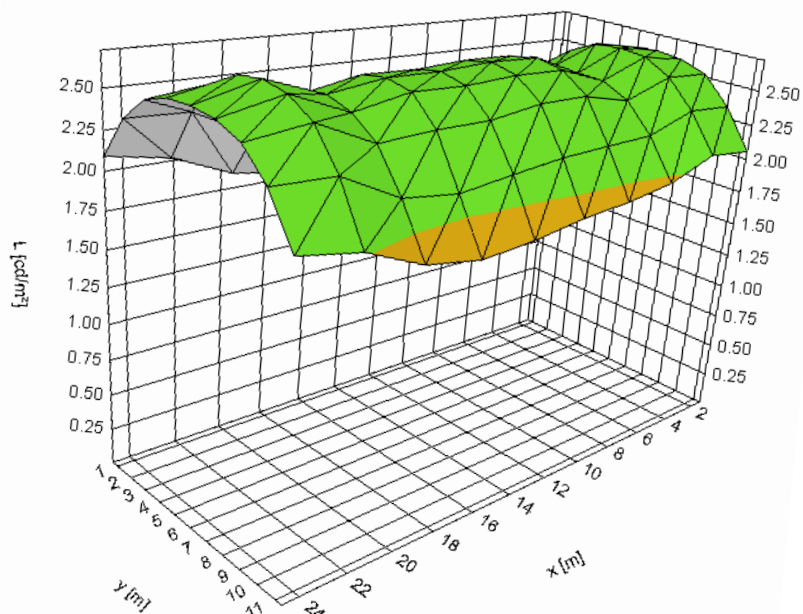
[m]	2.06	2.09	1.96	1.9	1.87	1.81	(1.79)	1.85	2.02	2.09
11.33	2.33	2.35	2.23	2.22	2.2	2.16	2.12	2.17	2.37	2.38
10.00	2.52	2.54	2.42	2.5	2.49	2.44	2.44	2.42	2.59	2.54
8.67	2.58	2.64	2.5	2.62	2.63	2.6	2.61	2.54	2.69	2.61
7.33	2.6	2.65	2.51	2.65	2.66	2.64	2.64	2.59	[2.72]	2.62
6.00	2.58	2.64	2.5	2.62	2.63	2.6	2.61	2.54	2.69	2.61
4.67	2.52	2.54	2.42	2.5	2.49	2.44	2.44	2.42	2.59	2.54
3.33	2.33	2.35	2.23	2.22	2.2	2.16	2.12	2.17	2.37	2.38
2.00	2.06	2.09	1.96	1.9	1.87	1.81	(1.79)	1.85	2.02	2.09
0.67										
	1.30	3.90	6.50	9.10	11.70	14.30	16.90	19.50	22.10	24.70

Luminance [cd/m^2]

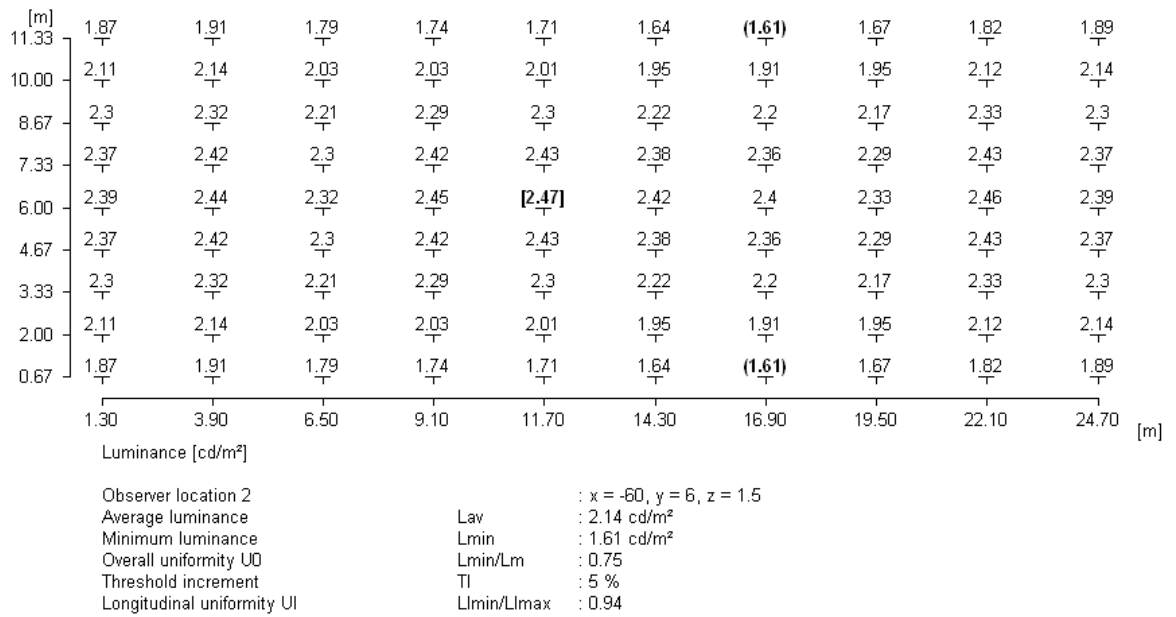
Observer location 2
Average luminance
Minimum luminance
Overall uniformity U0
Threshold increment
Longitudinal uniformity UI

: $x = -60, y = 6, z = 1.5$
Lav : $2.36 \text{ cd}/\text{m}^2$
Lmin : $1.79 \text{ cd}/\text{m}^2$
Lmin/Lm : 0.76
TI : 4%
Lmin/Lmax : 0.92

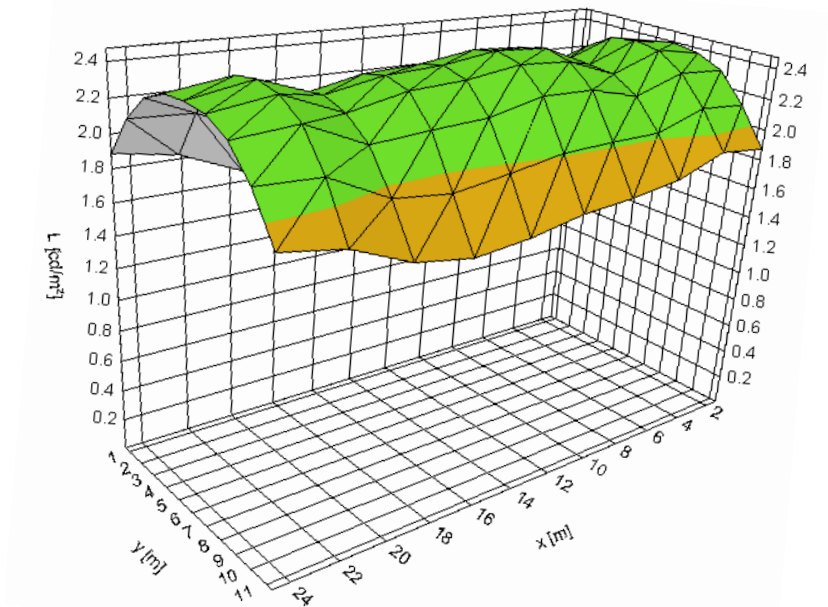
Εικόνα 4.7:
Διάγραμμα
λαμπρότητας
για το bright
οδόστρωμα και για
φωτιστικά 100W



Πίνακας 4.4: Τιμές λαμπρότητας στο dark οδόστρωμα



Εικόνα 4.8:
 Διάγραμμα
 λαμπρότητας
 για το dark
 οδόστρωμα και για
 φωτιστικά 100W:



όπου τα χρώματα αντιστοιχούν στην ένταση της λαμπρότητας ως εξής:



Διαπιστώνεται λοιπόν και από τα διαγράμματα, ότι η ομοιομορφία της λαμπρότητας βρίσκεται σε ιδιαίτερα ικανοποιητικά επίπεδα.

- Θεωρείται ότι το έργο είναι προγραμματισμένο να αντικατασταθεί ύστερα από 30 χρόνια.

Στον συγκεκριμένο δρόμο υπάρχουν $1000/26 * 2 = 76.92$ φωτιστικά/km.

Άρα το όφελος από τα δύο καινούρια οδοστρώματα, ως προς την εξοικονόμηση ενέργειας θα είναι:

- **αρχικό φωτιστικό** : κατανάλωση **169W** (μαζί με το ballast)
- **καινούριο φωτιστικό** : κατανάλωση **114W** (μαζί με το ballast)

Άρα ποσοστιαία **εξοικονόμηση ενέργειας 32.54%**.

Ποιο συγκεκριμένα:

- **76.92 φωτιστικά/km**
- **4380h λειτουργίας ανά έτος**
- **κέρδος 55W ανά φωτιστικό**

Άρα **κέρδος σε kWh** : $55W * 4380h = 240.9$ kWh/φωτιστικό ανά έτος

$240.9 * 76.92$ φωτιστικά/km = **18530 kWh/km ανά έτος**
ή $18530kWh * 30 = 555900$ kWh/km ανά 30 έτη.

Κόστος kWh = 0.073€ (τιμολόγιο T - 49 με Φ.Π.Α.)

Άρα **κέρδος σε €** από εξοικονόμηση ενέργειας:

$18530kWh/km * 0.073€/kWh = 1353$ €/km ανά έτος
ή $1353 * 30 = 40590$ €/km ανά 30 έτη

Υπάρχει όμως και το κόστος για την αντικατάσταση των παλιών φωτιστικών με τα καινούρια. Υπολογίζοντας λοιπόν το κόστος των λαμπτήρων και των λοιπών υλικών, αλλά και το κόστος εργασίας, θεωρείται ως πάγιο κόστος 250€/φωτιστικό.

Άρα το **πάγιο κόστος** αντικατάστασης των φωτιστικών είναι:

76.92	φωτιστικά/km	*	250	€/φωτιστικό	=	19230	€/km ανά 30 έτη
---------	--------------	---	-------	-------------	---	--------------	-----------------

					=	641	€/km ανά έτος
--	--	--	--	--	---	------------	---------------

Άρα συνολικό κέρδος σε €:

1353	€/km ανά έτος	-	641	€/km ανά έτος	=	712	€/km ανά έτος
------	---------------	---	-----	---------------	---	------------	---------------

40590	€/km ανά 30 έτη	-	19230	€/km ανά 30 έτη	=	21360	€/km ανά 30 έτη
-------	-----------------	---	-------	-----------------	---	--------------	-----------------

Διαπιστώνεται επομένως ότι το κέρδος είναι το ίδιο, ανεξάρτητα από το είδος του οδοστρώματος, είτε δηλαδή είναι το bright είτε το dark. Βέβαια στους υπολογισμούς δεν περιλαμβάνεται το κόστος επίστρωσης του καινούριου οδοστρώματος.

Τελικά σε σχέση με το οδόστρωμα R3 υπάρχει κέρδος:

Πίνακας 4.5: Κέρδος σε kWh/km σε σχέση με το οδόστρωμα R3

<u>κέρδος σε kWh/km</u>	ανά έτος	ανά 30 έτη
bright οδόστρωμα	18530 kWh/km	555900 kWh/km
dark οδόστρωμα	18530 kWh/km	555900 kWh/km

Πίνακας 4.6: Κέρδος σε €/km σε σχέση με το οδόστρωμα R3

<u>κέρδος σε €/km</u>	ανά έτος	ανά 30 έτη
bright οδόστρωμα	712 €/km	21360 €/km
dark οδόστρωμα	712 €/km	21360 €/km

Επομένως με τα καινούρια οδοστρώματα, είναι φανερό ότι υπάρχει και περιβαλλοντικό όφελος από την εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά ταυτόχρονα και σημαντικό οικονομικό όφελος.

4.1.2 2^ο Σενάριο

Το 2^ο σενάριο αφορά την εξαρχής μελέτη του δρόμου με τα καινούρια οδοστρώματα, φτιάχνοντας αντίστοιχα την εγκατάσταση των φωτιστικών. Έτσι, τοποθετώντας σε μεγαλύτερες αποστάσεις τις κολόνες, υπάρχει κέρδος από το μικρότερο κόστος κατασκευής τους, αφού θα είναι λιγότερες ανά χιλιόμετρο. Επίσης, υπάρχει και πάλι εξοικονόμηση ενέργειας, ενώ ταυτόχρονα υπάρχει και επιπλέον οικονομικό όφελος από τη συντήρηση του μικρότερου πλήθους φωτιστικών, άρα και από την αντικατάσταση λιγότερων λαμπτήρων. Θα γίνουν επομένως, 3 μελέτες φωτισμού και για τα 3 διαφορετικά οδοστρώματα, R3, bright και dark, για κλάση φωτισμού M1 για τον συγκεκριμένο δρόμο των 12 μέτρων.

Παραδοχές:

- Η συντήρηση των φωτιστικών και η αντικατάσταση των λαμπτήρων γίνεται ομαδικά κάθε 3 χρόνια.
- Θεωρείται ότι το βρώμισμα στα 3 είδη οδοστρώματος είναι το ίδιο.
- Ο συντελεστής συντήρησης σύμφωνα με όσα έχουν ειπωθεί, θα είναι $r=0.7$.

Δεδομένα:

- Χρησιμοποιείται και στις 3 μελέτες το ίδιο φωτιστικό της Philips με λαμπτήρα νατρίου υψηλής πίεσης 150W (SON-T). Συγκεκριμένα το "621HGV AC 1xSON-T150W TP P10".
- Χρησιμοποιούνται και στις 3 μελέτες, ιστοί ίδιου ύψους (11m). Το μόνο που αλλάζει όσον αφορά τους ιστούς, είναι η κλίση των φωτιστικών και η απόσταση από τον δρόμο, τα οποία δεν επηρεάζουν το κόστος κατασκευής ή εγκατάστασης των ιστών.

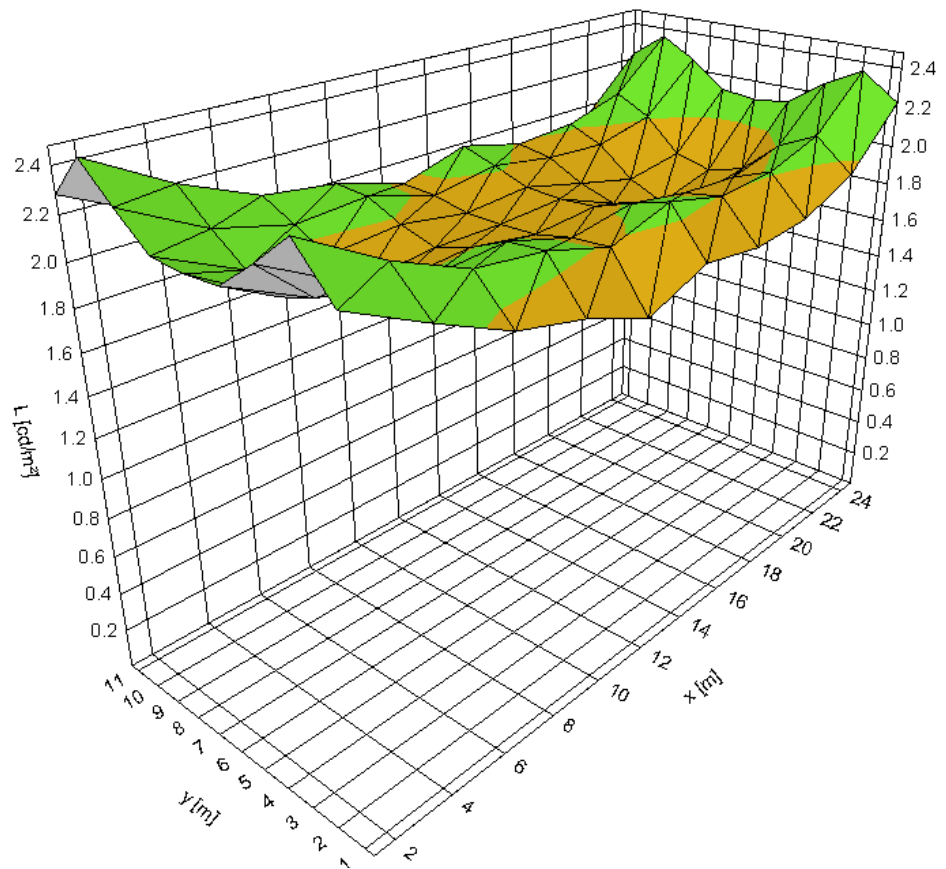
Από τις μελέτες φωτισμού στο Relux για τα 3 οδοστρώματα προκύπτουν τα ακόλουθα:

Πίνακας 4.7: Αποτελέσματα για εξ' αρχής μελέτη φωτισμού

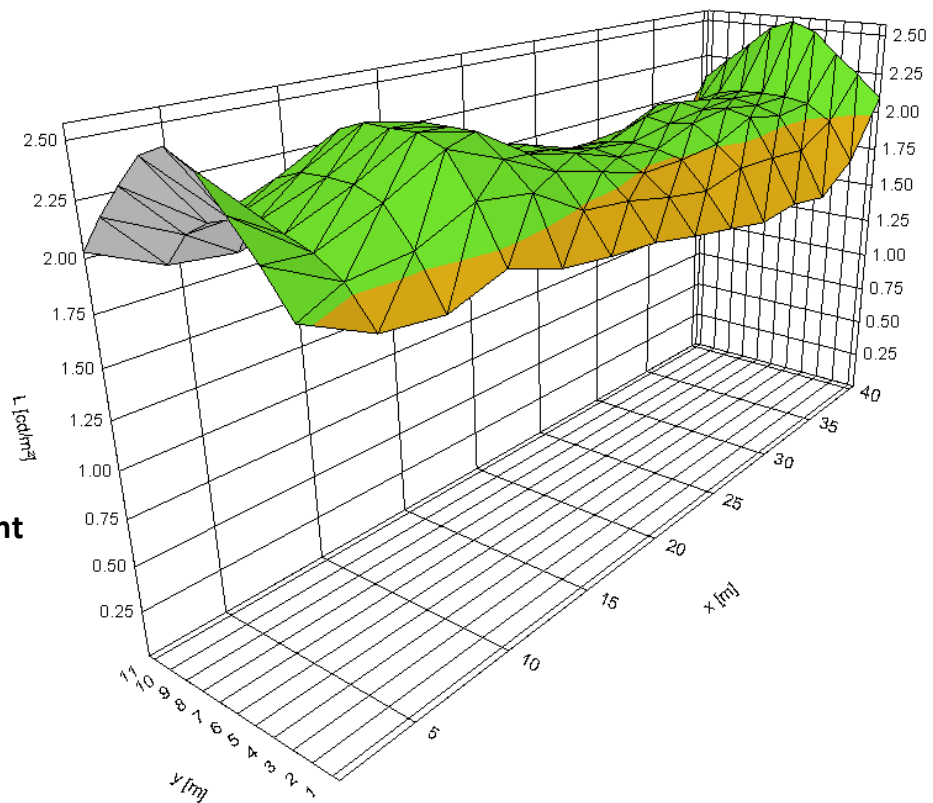
<u>Προσομοίωση φωτισμού</u> <u>κλάση M1</u> ($r=0.7$)	<u>R3</u>	<u>bright</u>	<u>dark</u>
Luminaire placing	Both Sides	Both Sides	Both Sides
Distance between luminaires (a)	26 m	42 m	40 m
Photometric centre height (h)	11 m	11 m	11 m
Outreach (u)	-1.00 m	-2.00 m	-1.50 m
Inclination (δ)	10°	15°	15°
Luminance average (>2)	2.01	2.07	2.03
Luminance min	1.64	1.57	1.44
Luminance min/average U0 (>0.4)	0.81	0.76	0.71
Longitudinal uniformity UI (>0.7)	0.79	0.80	0.78
Threshold increment TI (<10)	7	6	6
Surrounding brightness (>0.5)	0.52	0.56	0.54

Έτσι, για τον παρατηρητή που βρίσκεται σε ύψος $z=1.5\text{m}$, στη μέση του δρόμου ($y=6\text{m}$) και στη θέση $x=-60\text{m}$, προκύπτουν τα ακόλουθα διαγράμματα λαμπρότητας, για το ορθογώνιο πλαίσιο που σχηματίζεται μεταξύ τεσσάρων φωτιστικών (όπως στο κόκκινο πλαίσιο εικόνα 4.3):

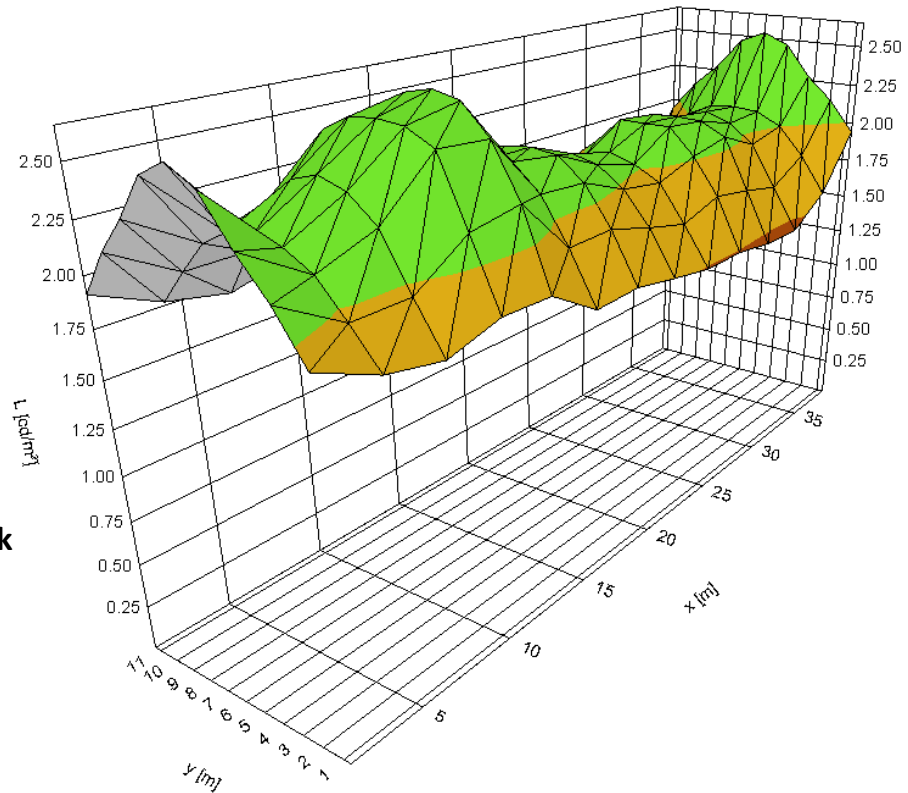
Εικόνα 4.9:
Διάγραμμα
λαμπρότητας για
οδόστρωμα R3



Εικόνα 4.10:
Διάγραμμα
λαμπρότητας για
οδόστρωμα bright



Εικόνα 4.11:
Διάγραμμα
λαμπρότητας για
οδόστρωμα dark



όπου τα χρώματα αντιστοιχούν στην ένταση της λαμπρότητας ως εξής:



Από τον προηγούμενο πίνακα και από τα 3 προηγούμενα διαγράμματα, μπορεί κάποιος να διαπιστώσει ότι αυξάνονται κατά πολύ οι αποστάσεις μεταξύ των ιστών. Παρά όμως την αύξηση αυτή, είναι φανερό ότι η ομοιομορφία διατηρείται σε εξίσου υψηλά επίπεδα σε σχέση με την περίπτωση του οδοστρώματος R3, με την κατάλληλη φυσικά απόσταση των φωτιστικών από το δρόμο αλλά και την κατάλληλη κλίση τους.

Τώρα θα μελετηθεί το κόστος της κατασκευής καθεμιάς από τις 3 εγκαταστάσεις, αλλά και το λειτουργικό κόστος για τα 30 χρόνια διάρκειας του έργου. Επίσης θα γίνει και η αναγωγή του κόστους ανά έτος.

Ακολουθεί ο πίνακας με τους υπολογισμούς:

Πίνακας 4.8: Υπολογισμός κόστους εγκατάστασης

<u>κλάση φωτισμού M1 σενάριο 2ο</u>	<u>R3</u>	<u>bright</u>	<u>dark</u>
φωτιστικά ανά km	76.92	47.62	50
συντηρήσεις στα 30 έτη	10	10	10
φωτιστικά/km που θα συντηρηθούν στα 30 έτη	769.23	476.19	500
κόστος συντήρησης ενός φωτιστικού σε €	15	15	15
κόστος συντήρησης των φωτιστικών σε €/km στα 30 έτη	11538	7143	7500
λαμπτήρες ανά km	76.92	47.62	50
αντικαταστάσεις λαμπτήρων στα 30 έτη	10	10	10
λαμπτήρες/km που θα αντικατασταθούν στα 30 έτη	769.23	476.19	500
κόστος αντικατάστασης ενός λαμπτήρα σε €	30	30	30
κόστος αντικατάστασης των λαμπτήρων σε €/km στα 30 έτη	23077	14286	15000
ιστοί ανά km	76.92	47.62	50
κόστος ενός ιστού σε €	1000	1000	1000
κόστος ιστών σε €/km (στα 30 έτη)	76923	47619	50000
ώρες λειτουργίας ανά έτος	4380	4380	4380
κατανάλωση φωτιστικού σε Watt	169	169	169
κατανάλωση σε kWh/km ανά έτος	56940	35248.57	37011
κατανάλωση σε kWh/km στα 30 έτη	1708200	1057457	1110330
κόστος kWh σε €	0.073	0.073	0.073
κόστος σε €/km ανά έτος	4156.62	2573.15	2701.80
κόστος σε €/km στα 30 έτη	124699	77194	81054
συνολικό κόστος εγκατάστασης & λειτουργίας σε €/km στα 30 έτη	236237	146242	153554
συνολικό κόστος εγκατάστασης & λειτουργίας σε €/km ανά έτος	7875	4875	5118

Τελικά το κέρδος σε σχέση με το οδόστρωμα R3 είναι:

Πίνακας 4.9: Κέρδος σε kWh/km σε σχέση με το οδόστρωμα R3

<u>κέρδος σε kWh/km</u>	ανά έτος	ανά 30 έτη
bright οδόστρωμα	21691 kWh/km	650743 kWh/km
dark οδόστρωμα	19929 kWh/km	597870 kWh/km

Πίνακας 4.10: Κέρδος σε €/km σε σχέση με το οδόστρωμα R3

<u>κέρδος σε €/km</u>	ανά έτος	ανά 30 έτη
bright οδόστρωμα	3000 €/km	90000 €/km
dark οδόστρωμα	2756 €/km	82680 €/km

Επομένως, το κέρδος στο δεύτερο σενάριο, δηλαδή στην εξ' αρχής κατασκευή του δρόμου με τα καινούρια οδοστρώματα, είναι πολύ μεγαλύτερο απ' ότι στην πρώτη περίπτωση. Αυτό οφείλεται καταρχήν στο πάγιο κόστος κατασκευής λιγότερων ιστών ανά km, που συνεπάγεται και λιγότερα φωτιστικά. Επομένως, αν και τα διαστήματα συντήρησης παραμένουν τα ίδια και για τα 3 είδη οδοστρωμάτων, υπάρχει όφελος και από τη συντήρηση λιγότερων φωτιστικών κάθε φορά, αλλά και από την αντικατάσταση λιγότερων λαμπτήρων. Τέλος, με τα ίδια ισχύος φωτιστικά, αλλά λιγότερα σε πλήθος, υπάρχει εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας, άρα και χρημάτων.

Εξετάζοντας μεμονωμένα την εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας στο 2^ο σενάριο, όπως φαίνεται για το οδόστρωμα bright σε σχέση με το οδόστρωμα R3 υπάρχει:

ποσοστιαία εξοικονόμηση ενέργειας 38.1%.

(εξοικονόμηση ενέργειας 32.54% στο 1^ο σενάριο)

ενώ για το οδόστρωμα dark σε σχέση με το οδόστρωμα R3 υπάρχει:

ποσοστιαία εξοικονόμηση ενέργειας 35.0%.

(εξοικονόμηση ενέργειας 32.54% στο 1^ο σενάριο)

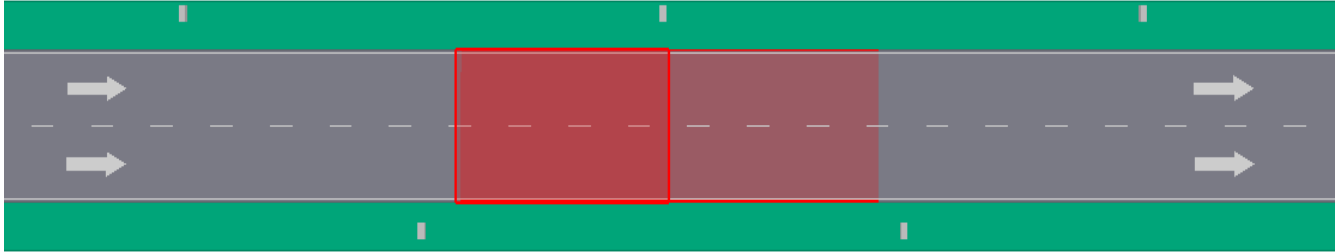
4.2 Χαρακτηριστικά του δεύτερου υπό μελέτη δρόμου

Χαρακτηριστικά δρόμου: Αστικός δρόμος (κατηγορίας B2)

πλάτος 8 μέτρα

2 λωρίδες κυκλοφορίας

κλάση φωτισμού M3c



Εικόνα 4.12: Κάτοψη δρόμου

Maintenance factor: Σύμφωνα με το πρότυπο EN 12464, ανάλογα με την καθαρότητα της ατμόσφαιρας, τα διαστήματα συντήρησης των φωτιστικών, τα διαστήματα αντικατάστασης των λαμπτήρων, το είδος των φωτιστικών αλλά και τον χρόνο λειτουργίας ανά έτος, προκύπτει για την συγκεκριμένη περίπτωση ο συντελεστής συντήρησης $r=0.69$, όπως φαίνεται παρακάτω [7]:

Surfaces	Luminaires	Lamps Life span	Lamps Luminous flux
SMF 0,97	LMF 0,83	LSF 0,95	LLMF 0,90

Maintenance factor luminaire: 0,69

Εικόνα 4.13: Συντελεστής συντήρησης φωτιστικών

Όπως φαίνεται παραπάνω θεωρούνται τα εξής:

- Υψηλή ρύπανση στην περιοχή.
- Το φωτιστικό είναι πολύ καλά μονωμένο από τη ρύπανση της ατμόσφαιρας (κατηγορία IP6X).
- Ο καθαρισμός των φωτιστικών γίνεται κάθε 3 χρόνια.
Χρησιμοποιώ φωτιστικό της Philips, με λαμπτήρα νατρίου υψηλής πίεσης 70Watt (SON-TPP), υψηλής απόδοσης. Συγκεκριμένα το φωτιστικό "SGS252 GB 1xSON-TPP70W CR P6 +ZGS252 L-FRONT".
- Η αντικατάσταση όλων των λαμπτήρων γίνεται ομαδικά κάθε 1.5 χρόνο, ανεξάρτητα από το αν έχουν καεί ή όχι.
- Τα φωτιστικά λειτουργούν 12 ώρες το 24ωρο, δηλαδή 4380 ώρες το χρόνο.

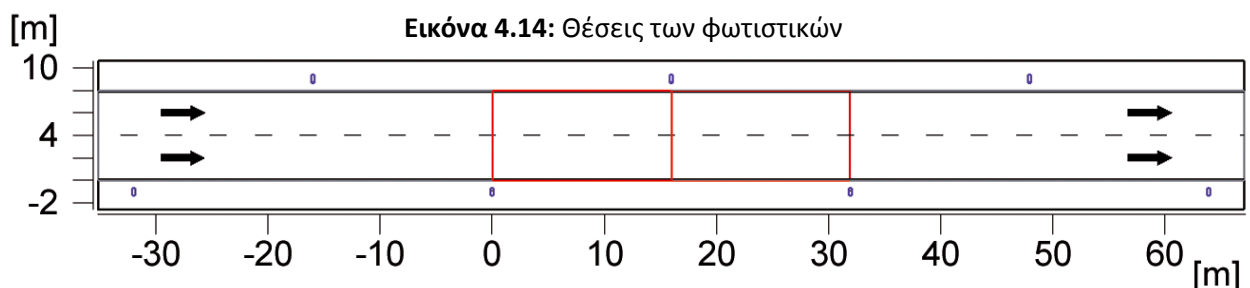
Συντελεστές που προκύπτουν:

- **Surface Maintenance Factor** (SMF=0.97), δηλαδή θεωρείται ότι το οδόστρωμα καθαρίζεται τακτικά.
- **Luminaire Maintenance Factor** (LMF=0.83), δηλαδή στα 3 χρόνια που γίνεται ο καθαρισμός των φωτιστικών, η φωτεινή ροή των φωτιστικών λόγω της βρωμιάς μειώνεται στο 83%.
- **Lamp Survival Factor** (LSF=0.95), δηλαδή στον 1.5 χρόνο που θα γίνεται η αντικατάσταση των λαμπτήρων, στατιστικά θα έχει καεί το 5% από αυτούς.
- **Lamp Lumen Maintenance Factor** (LLMF=0.90), δηλαδή η φωτεινή ροή λόγω γήρανσης των φωτιστικών, μειώνεται στο 90% της αρχικής τους τιμής.
- **Maintenance Factor**=MF=r= SMF* LMF* LSF* LLMF \Rightarrow r=0.69

Ο δρόμος που έχει επιλεγεί, θεωρείται ότι κατασκευάζεται με κλασικό οδόστρωμα κατηγορίας R3.

Δηλαδή συνοπτικά: **Width of roadway (b)** : 8.00 m
Numbers of lanes : 2
Road surface category : R3

Κάνοντας την μελέτη φωτισμού σύμφωνα με τις προδιαγραφές για την συγκεκριμένη κατηγορία δρόμου, δηλαδή για κλάση φωτισμού M3c, προκύπτουν οι αντίστοιχες θέσεις των φωτιστικών, όπως φαίνεται και στο επόμενο σχήμα (εικόνα 4.14):



Δηλαδή:

Luminaire type : SGS252 GB 1xSON-TPP70W CR P6 +ZGS252 L-FRONT

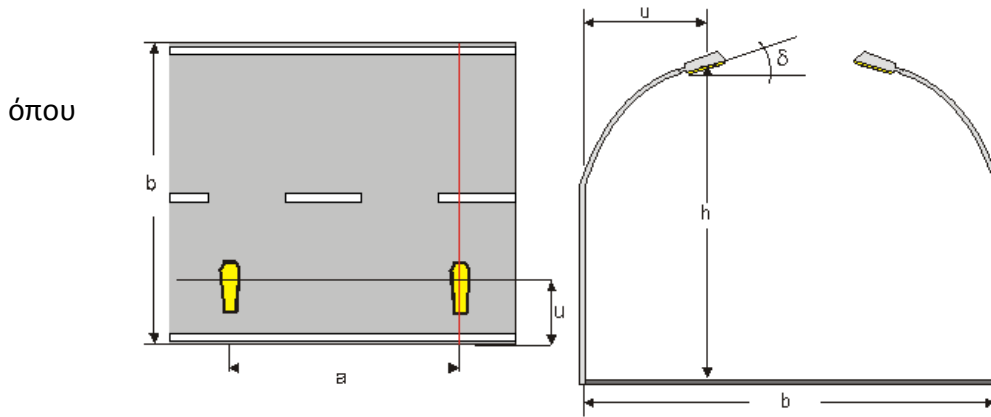
Luminaire placing : Staggered layout (δηλαδή εναλλάξ)

Photometric centre height (h) : 9.00 m (ύψος ιστών)

Luminaire spacing (a) : 32.00 m (απόσταση μεταξύ των ιστών κάθε πλευράς)

Luminaires – outreach (u) : -1.00 m (απόσταση φωτιστικών από το δρόμο)

Inclination (δ) : 10.00° (κλίση φωτιστικών)



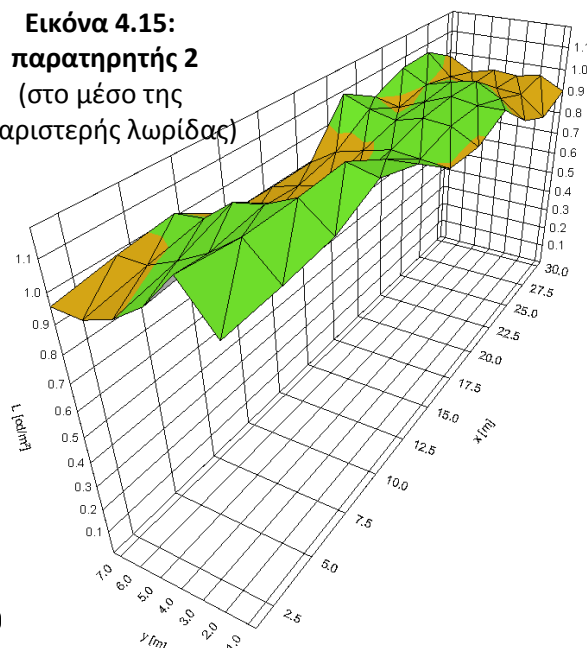
Τοποθετούνται λοιπόν δύο παρατηρητές, που βρίσκονται σε ύψος $z=1.5\text{m}$, στη μέση των δύο λωρίδων δηλαδή $\gamma=2\text{m}$ και $\gamma=6\text{m}$, και στη θέση $x=-60\text{m}$. Οι τιμές της μέσης λαμπρότητας και της ομοιομορφίας της λαμπρότητας είναι πολύ κοντινές από τις θέσεις των δύο παρατηρητών. Λόγω όμως αυτών των μικρών διαφορών, στον ακόλουθο πίνακα φαίνονται οι χειρότερες τιμές για τις δύο θέσεις παρατήρησης:

Πίνακας 4.9: κλάση φωτισμού M3c, οδόστρωμα R3 $r=0.69$

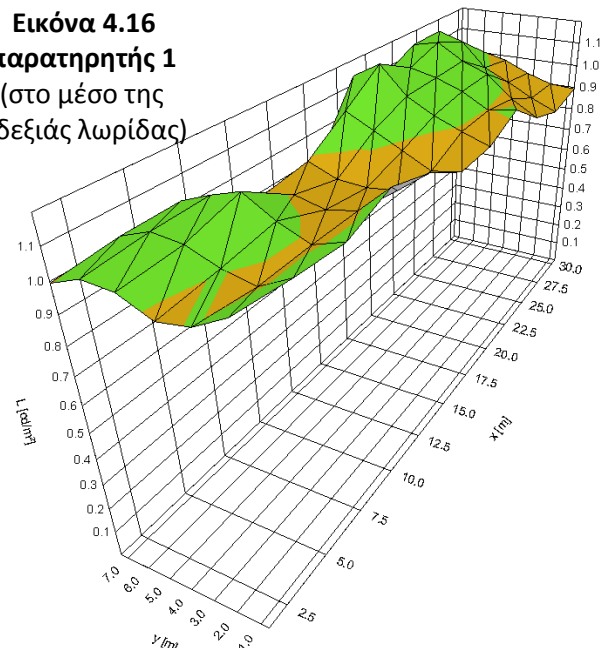
Luminance average (>1)	Lav (>1)	1.01
Luminance min	Lmin	0.86
Luminance min/average U0 (>0.4)	U0 (>0.4)	0.85
Longitudinal uniformity UI (>0.5)	UI (>0.5)	0.88
Threshold increment TI (<15)	TI (<15)	7
Surrounding brightness (>0.5)	SR (>0.5)	0.57

Ακολουθούν τα διαγράμματα λαμπρότητας για τους δύο παρατηρητές:

Εικόνα 4.15:
παρατηρητής 2
(στο μέσο της
αριστερής λωρίδας)



Εικόνα 4.16
παρατηρητής 1
(στο μέσο της
δεξιάς λωρίδας)



Αν και φαίνεται ότι τα διαγράμματα λαμπρότητας διαφέρουν, από τους πίνακες λαμπρότητας που ακολουθούν, μπορεί εύκολα κάποιος να διαπιστώσει, ότι η μέση λαμπρότητα, η μέγιστη και ελάχιστη τιμή της λαμπρότητας αλλά και η ομοιομορφία της, διαφέρουν ελάχιστα. Γι' αυτό κάποιες φορές μπορεί να παραλείπεται ο ένας παρατηρητής. Σε αυτή την περίπτωση όμως, όπως προαναφέρθηκε, οι τιμές που θα λαμβάνονται για τη μελέτη θα είναι οι χειρότερες περιπτώσεις.

Ακολουθούν οι πίνακες λαμπρότητας:

Πίνακας 4.10: Τιμές λαμπρότητας παρατηρητή 1 (στο μέσο της δεξιάς λωρίδας)

[m]	0.99	1.02	1.02	0.89	0.89	0.9	1.13	1.07	1.14	1.14	1.04
7.33	1.04	1.06	1.06	0.97	0.99	1.09	[1.19]	1.12	1.16	1.11	1
6.00	1.03	1.05	1.1	0.99	0.95	1.03	1.09	1.09	1.1	1.01	0.98
4.67	0.98	1	1.03	0.96	0.94	0.98	1.03	1.05	1.06	0.96	0.93
3.33	1	0.98	0.99	0.98	0.95	0.93	0.99	1	0.97	0.9	0.9
2.00	1.06	1.04	1.02	1.08	1.04	0.95	0.95	1.02	0.91	(0.86)	0.89
0.67											
	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16.00	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
	Luminance [cd/m ²]										
	Observer location 1 : x = -60, y = 2, z = 1.5										
	Average luminance Lav : 1.01 cd/m ²										
	Minimum luminance Lmin : 0.86 cd/m ²										
	Overall uniformity UO Lmin/Lm : 0.85										
	Threshold increment TI : 7 %										
	Longitudinal uniformity UI Lmin/Lmax : 0.9										

Πίνακας 4.11: Τιμές λαμπρότητας παρατηρητή 2 (στο μέσο της αριστερής λωρίδας)

[m]	0.96	0.99	1.01	0.9	0.9	0.9	1.09	1	1.06	1.06	0.98
7.33	0.95	0.99	1.02	0.94	0.93	0.96	1.05	0.98	1	0.97	0.92
6.00	0.99	1.03	1.1	0.99	0.95	0.99	1.02	1.02	1.03	0.95	0.95
4.67	1.07	1.09	1.12	1.05	1	1.02	1.05	1.06	1.05	0.95	0.94
3.33	[1.19]	1.17	1.17	1.18	1.1	1.01	1.04	1.04	1	0.94	0.96
2.00	1.05	1.06	1.08	1.15	1.1	0.99	0.98	1.04	0.92	(0.86)	0.9
0.67											
	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16.00	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
	Luminance [cd/m ²]										
	Observer location 2 : x = -60, y = 6, z = 1.5										
	Average luminance Lav : 1.01 cd/m ²										
	Minimum luminance Lmin : 0.86 cd/m ²										
	Overall uniformity UO Lmin/Lm : 0.85										
	Threshold increment TI : 6 %										
	Longitudinal uniformity UI Lmin/Lmax : 0.88										

Θα εξεταστούν και πάλι 2 σενάρια:

4.2.1 1^ο Σενάριο

Ο δρόμος που μελετήθηκε προηγουμένως, με οδόστρωμα R3 και κλάση φωτισμού M3c, θεωρείται ότι είναι ήδη κατασκευασμένος, ενώ τα φωτιστικά έχουν τοποθετηθεί όπως έχουν οριστεί από την μελέτη φωτισμού του δρόμου. Το πρώτο λοιπόν σενάριο αναφέρεται και πάλι στο εξής: Διατηρείται αναλλοίωτη η προϋπάρχουσα εγκατάσταση των ιστών, χωρίς να μετακινηθούν ή να γίνει επέμβαση με άλλο τρόπο στην εγκατάστασή τους. Η αλλαγή που γίνεται, είναι η επικάλυψη του οδοστρώματος R3, με το bright ή το dark οδόστρωμα αντίστοιχα, ενώ ταυτόχρονα γίνεται αντικατάσταση των φωτιστικών με άλλα μικρότερης ισχύος. Μελετάται λοιπόν, αν συνεχίζουν να πληρούνται οι προδιαγραφές για τον φωτισμό M3c και πόσο όφελος θα υπάρχει από την εξοικονόμηση ενέργειας, λόγω των μικρότερης ισχύος φωτιστικών.

Σημαντική προϋπόθεση:

- Θεωρείται ότι τα δύο καινούρια οδοστρώματα, bright και dark, λερώνονται με τον ίδιο ρυθμό, σε σχέση με το R3. Αυτό σημαίνει ότι ο συντελεστής SMF παραμένει σταθερός, άρα και ο συντελεστής συντήρησης r παραμένει στο 0.69 .

Ύστερα από την κατάλληλη μελέτη φωτισμού, και λόγω της τυποποιημένης ισχύος στους λαμπτήρες, ως πιο κατάλληλη λύση, κρίνεται η αντικατάσταση των προηγούμενων φωτιστικών των 70W με καινούρια των 50W, ίδιας όμως κατηγορίας. Συγκεκριμένα:

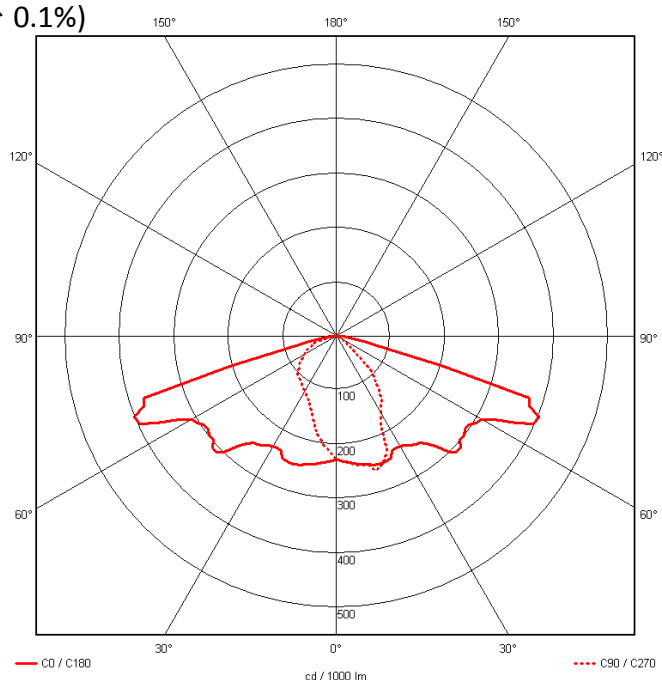
Αρχικά φωτιστικά: SGS252 GB 1xSON-TPP70W CR P6 +ZGS252 L-FRONT (Philips)

Length: 650 mm, Width: 332 mm, Height: 219 mm

Efficiency: 77% (A30, ↓ 99.9% ↑ 0.1%)
Total system power: 80 W
Control gear: conventional ballast
Equipment: 1 x SON-TPP70W
Total luminous flux: 6600 lm



Εικόνα 4.17: Φωτογραφία και πολικό διάγραμμα φωτιστικού SON-TPP70W CR P6 +ZGS252 L-FRONT της Philips [8]



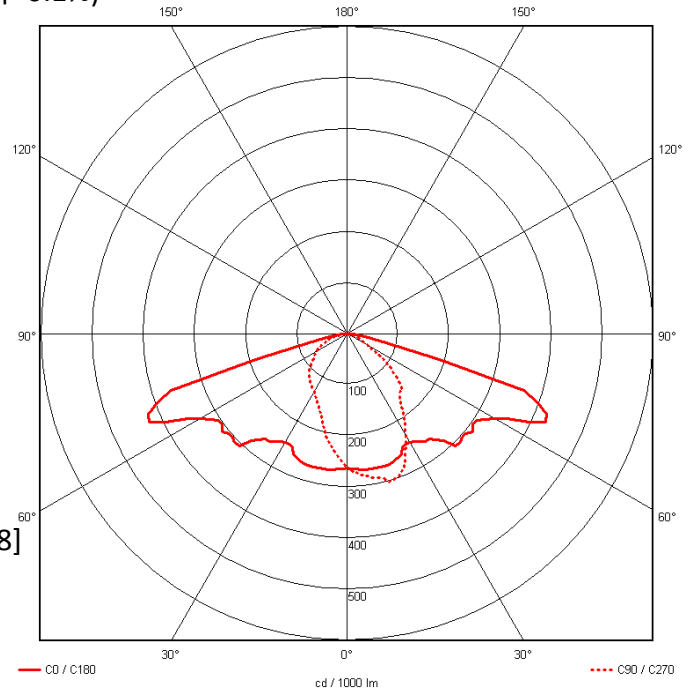
Καινούρια φωτιστικά: SGS252 GB 1xSON-TPP50W CR P6 (Philips)

Length: 650 mm, Width: 332 mm, Height: 219 mm

Efficiency: 86% (A30, ↓ 99.9% ↑ 0.1%)
 Total system power: 61 W
 Control gear: conventional ballast
 Equipment: 1 x SON-TPP50W
 Total luminous flux: 4400 lm



Εικόνα 4.18: Φωτογραφία και πολικό διάγραμμα φωτιστικού SON-TPP50W CR P6 της Philips [8]



Ο συντελεστής συντήρησης r παραμένει ίδιος (0.69) σύμφωνα με την εικόνα 4.13. Έτσι από την μελέτη φωτισμού στο Relux με τα καινούρια φωτιστικά των 50Watt, και για παρατηρητές στις θέσεις που προαναφέρθηκαν προκύπτουν:

(Για συγκριτικούς λόγους παρατίθενται οι τιμές της λαμπρότητας με τα καινούρια φωτιστικά των 50W, στην περίπτωση που το οδόστρωμα παρέμενε το R3)

Πίνακας 4.12: Βασικά μεγέθη της μελέτης με τα καινούρια φωτιστικά των 50W

<u>Προσομοίωση φωτισμού</u> <u>κλάση M3c</u>	<u>bright</u> ($r=0.69$)	<u>dark</u> ($r=0.69$)	<u>R3</u> ($r=0.69$)
Lav (>1)	1.24	1.12	0.73
Lmin	0.95	0.84	0.60
U0 (>0.4)	0.76	0.75	0.82
UI (>0.5)	0.80	0.78	0.85
TI (<15)	4	4	6
SR (>0.5)	0.55	0.55	0.55

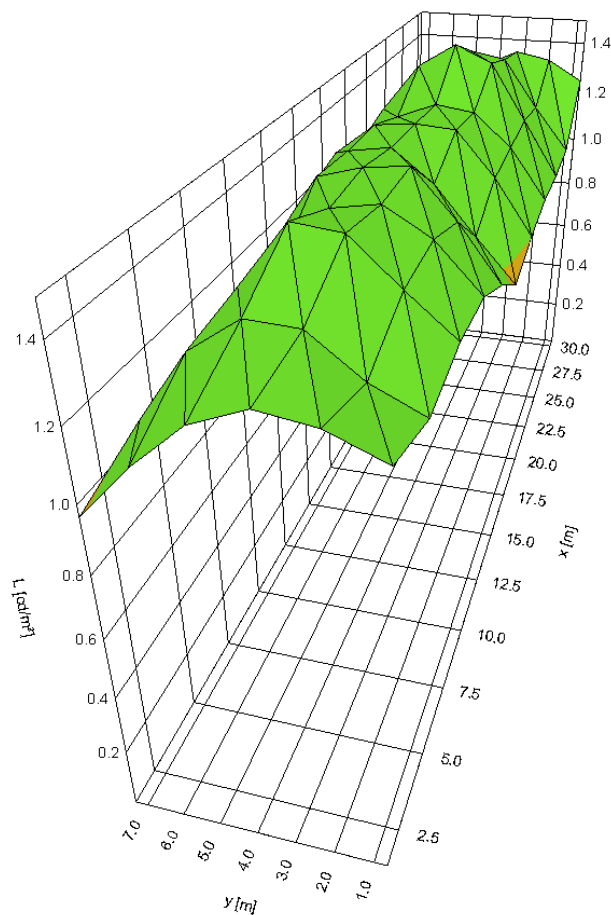
Διαπιστώνεται λοιπόν ότι πληρούνται οι προδιαγραφές για τον φωτισμό M3c, όσον αφορά δηλαδή τη θάμβωση, την ομοιομορφία στη λαμπρότητα, τη μέση λαμπρότητα αλλά και τον φωτισμό στα όρια του δρόμου. (Στο R3 δεν επιτυγχάνεται το όριο στο Lav).

Οι πίνακες που ακολουθούν δείχνουν τις τιμές της λαμπρότητας σε διάφορες θέσεις μέσα στο κόκκινο πλαίσιο, όπως φαίνεται στην εικόνα 4.14, με τον παρατηρητή να βρίσκεται στη μέση της δεξιάς λωρίδας $y=2\text{m}$, σε ύψος 1.5m και στη θέση $x=-60\text{m}$. Ακολουθούν και τα αντίστοιχα διαγράμματα λαμπρότητας. (Παραλείπονται τα διαγράμματα λαμπρότητας για τον δεύτερο παρατηρητή, επειδή σε αυτή την περίπτωση είναι σχεδόν ίδια):

Πίνακας 4.13: Τιμές λαμπρότητας στο bright οδόστρωμα

[m]											
7.33	0.97	1.04	1.05	1.03	1.14	1.19	1.23	1.18	1.23	1.16	1.01
6.00	1.12	1.24	1.27	1.22	1.35	1.34	1.34	1.29	1.41	1.34	1.16
4.67	1.25	1.34	1.45	1.38	1.39	1.36	1.36	1.34	[1.49]	1.41	1.29
3.33	1.31	1.34	1.44	1.4	1.41	1.26	1.35	1.33	1.43	1.38	1.35
2.00	1.29	1.23	1.31	1.32	1.26	1.1	1.2	1.21	1.23	1.2	1.33
0.67	1.23	1.16	1.19	1.18	1.08	(0.95)	1	1.03	1.02	1.04	1.25
	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16.00	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
	Luminance [cd/m ²]										
Observer location 1	: $x = -60, y = 2, z = 1.5$										
Average luminance	L _{av} : 1.25 cd/m ²										
Minimum luminance	L _{min} : 0.95 cd/m ²										
Overall uniformity U ₀	L _{min} /L _m : 0.76										
Threshold increment	TI : 4 %										
Longitudinal uniformity U _l	L _{min} /L _{lmax} : 0.83										

Εικόνα 4.19:
Διάγραμμα
λαμπρότητας
για το bright
οδόστρωμα και
για φωτιστικά 50W:

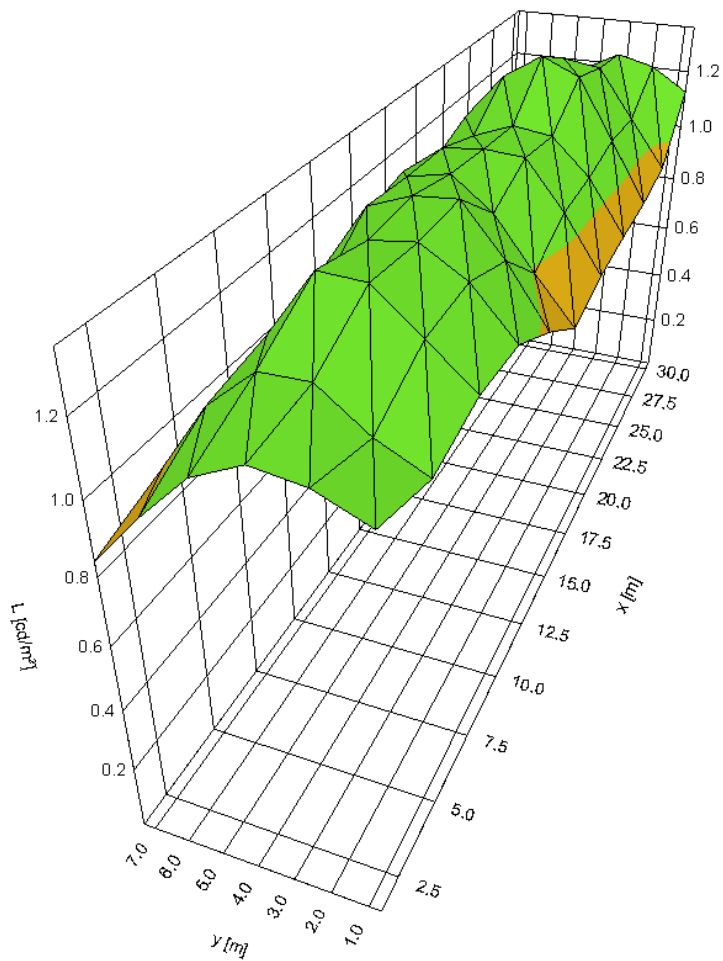


Πίνακας 4.14: Τιμές λαμπρότητας στο **dark οδόστρωμα**

[m]	(0.84)	0.91	0.92	0.93	1.04	1.08	1.12	1.07	1.12	1.04	0.89
7.33	0.99	1.1	1.13	1.11	1.23	1.21	1.21	1.16	1.27	1.21	1.04
6.00	1.12	1.21	1.31	1.27	1.28	1.24	1.22	1.21	[1.35]	1.28	1.17
4.67	1.19	1.21	1.31	1.29	1.29	1.15	1.21	1.19	1.3	1.26	1.23
3.33	1.17	1.11	1.2	1.21	1.14	0.99	1.06	1.07	1.1	1.09	1.2
2.00	1.12	1.04	1.08	1.07	0.97	(0.84)	0.88	0.9	0.91	0.93	1.13
0.67	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16.00	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
	Luminance [cd/m ²]										

Observer location 1 : x = -60, y = 2, z = 1.5
 Average luminance Lav : 1.12 cd/m²
 Minimum luminance Lmin : 0.84 cd/m²
 Overall uniformity U0 Lmin/Lm : 0.75
 Threshold increment TI : 4 %
 Longitudinal uniformity U1 Lmin/Lmax : 0.82

Εικόνα 4.20:
 Διάγραμμα
 λαμπρότητας
 για το dark
 οδόστρωμα και
 για φωτιστικά 50W:



- Θεωρείται ότι το έργο είναι προγραμματισμένο να αντικατασταθεί ύστερα από 30 χρόνια.

Στον συγκεκριμένο δρόμο υπάρχουν $1000/32 * 2 = 62.5$ φωτιστικά/km.

Άρα το όφελος από τα δύο καινούρια οδοστρώματα, ως προς την εξοικονόμηση ενέργειας θα είναι:

- **αρχικό φωτιστικό (70W)** : κατανάλωση **80W** (μαζί με το ballast)
- **καινούριο φωτιστικό (50W)** : κατανάλωση **61W** (μαζί με το ballast)

Άρα ποσοστιαία **εξοικονόμηση ενέργειας 23.75%**.

Ποιο συγκεκριμένα:

- **62.5 φωτιστικά/km**
- **4380h λειτουργίας ανά έτος**
- **κέρδος 19W ανά φωτιστικό**

Άρα **κέρδος σε kWh** : $19W * 4380h = 83.22$ kWh/φωτιστικό ανά έτος

$83.22 * 62.5$ φωτιστικά/km = **5201 kWh/km ανά έτος**
ή $5201 \text{ kWh} * 30 = 156030$ kWh/km ανά 30 έτη.

Κόστος kWh = 0.073€ (τιμολόγιο T - 49 με Φ.Π.Α.)

Άρα **κέρδος σε €** από εξοικονόμηση ενέργειας :

$5201 \text{ kWh/km} * 0.073\text{€/kWh} = 380 \text{ €/km ανά έτος}$
ή $380 * 30 = 11400 \text{ €/km ανά 30 έτη}$

Υπάρχει όμως και κάποιο κόστος για την αντικατάσταση των φωτιστικών. Υπολογίζοντας λοιπόν το κόστος των λαμπτήρων και των λοιπών υλικών, αλλά και το κόστος εργασίας, θεωρείται ως πάγιο κόστος 220€/φωτιστικό.

Άρα το **πάγιο κόστος** αντικατάστασης των φωτιστικών για τα 30 έτη είναι:

62.5	φωτιστικά/km	*	220	€/φωτιστικό	=	13750	€/km ανά 30 έτη
------	--------------	---	-----	-------------	---	--------------	-----------------

					=	458	€/km ανά έτος
--	--	--	--	--	---	------------	---------------

Άρα συνολικό κέρδος σε €:

380 €/km ανά έτος	-	458 €/km ανά έτος	=	-78 €/km ανά έτος
-------------------	---	-------------------	---	-------------------

	=	-2340 €/km ανά 30 έτη
--	---	-----------------------

Άρα υπάρχει ζημιά, ανεξάρτητα από το είδος του οδοστρώματος, είτε δηλαδή είναι το bright είτε το dark.

Τελικά σε σχέση με το οδόστρωμα R3:

Πίνακας 4.15: Κέρδος σε kWh/km σε σχέση με το οδόστρωμα R3

<u>κέρδος σε kWh/km</u>	ανά έτος	ανά 30 έτη
bright οδόστρωμα	5201 kWh/km	156030 kWh/km
dark οδόστρωμα	5201 kWh/km	156030 kWh/km

Πίνακας 4.16: Κέρδος σε €/km σε σχέση με το οδόστρωμα R3

<u>κέρδος σε €/km</u>	ανά έτος	ανά 30 έτη
bright οδόστρωμα	-78 €/km	-2340 €/km
dark οδόστρωμα	-78 €/km	-2340 €/km

Αυτό λοιπόν που μπορεί εύκολα κάποιος να διαπιστώσει, είναι ότι παρ' ότι υπάρχει αρκετά μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας, το σχετικά μεγάλο κόστος αντικατάστασης των φωτιστικών, έχει ως αποτέλεσμα αντί για κέρδος, ζημιά. Επομένως σε έναν τέτοιο δρόμο είναι ασύμφορο να πραγματοποιήσει κάποιος το πρώτο σενάριο. Στους υπολογισμούς μάλιστα δεν περιλαμβάνεται το κόστος επίστρωσης του καινούριου οδοστρώματος.

Όμως για την συγκεκριμένη περίπτωση, όπως φαίνεται από τα χαρακτηριστικά των δύο διαφορετικών φωτιστικών και από τα πολικά τους διαγράμματα, τα δύο φωτιστικά είναι σχεδόν ίδια. Θα μπορούσε έτσι, αντί να αντικατασταθεί όλο το φωτιστικό, να αντικατασταθεί μόνο ο λαμπτήρας, το ballast, ο πυκνωτής και ο εκκινητής, με κόστος περίπου 50€/φωτιστικό.

Άρα το **πάγιο κόστος** αντικατάστασης των φωτιστικών για τα 30 έτη είναι:

62.5	φωτιστικά/km	*	50	€/φωτιστικό	=	3125	€/km ανά 30 έτη
------	--------------	---	----	-------------	---	-------------	-----------------

					=	104	€/km ανά έτος
--	--	--	--	--	---	------------	---------------

Άρα **συνολικό κέρδος σε €:**

379.69	€/km ανά έτος	-	104.17	€/km ανά έτος	=	276	€/km ανά έτος
--------	---------------	---	--------	---------------	---	------------	---------------

					=	8280	€/km ανά 30 έτη
--	--	--	--	--	---	-------------	-----------------

Τελικά σε σχέση με το οδόστρωμα R3 υπάρχει κέρδος:

Πίνακας 4.17: Κέρδος σε kWh/km σε σχέση με το οδόστρωμα R3

<u>κέρδος σε kWh/km</u>	ανά έτος	ανά 30 έτη
bright οδόστρωμα	5201 kWh/km	156030 kWh/km
dark οδόστρωμα	5201 kWh/km	156030 kWh/km

Πίνακας 4.18: Κέρδος σε €/km σε σχέση με το οδόστρωμα R3

<u>κέρδος σε €/km</u>	ανά έτος	ανά 30 έτη
bright οδόστρωμα	276 €/km	8280 €/km
dark οδόστρωμα	276 €/km	8280 €/km

Επομένως με τη δεύτερη περίπτωση του 1^{ου} σεναρίου για τα καινούρια οδοστρώματα, είναι φανερό ότι πέρα από το περιβαλλοντικό όφελος που υπάρχει λόγω της εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας, υπάρχει τελικά και οικονομικό όφελος.

4.2.2 2^ο Σενάριο

Το 2^ο σενάριο αφορά την εξαρχής μελέτη του δρόμου με τα καινούρια οδοστρώματα, φτιάχνοντας αντίστοιχα την εγκατάσταση των φωτιστικών. Έτσι, τοποθετώντας σε μεγαλύτερες αποστάσεις τις κολόνες, υπάρχει κέρδος από το μικρότερο κόστος κατασκευής τους, αφού θα είναι λιγότερες ανά χιλιόμετρο. Επίσης, υπάρχει και πάλι εξοικονόμηση ενέργειας, ενώ ταυτόχρονα υπάρχει και επιπλέον οικονομικό όφελος από τη συντήρηση του μικρότερου πλήθους φωτιστικών, άρα και από την αντικατάσταση λιγότερων λαμπτήρων. Θα γίνουν επομένως, 3 μελέτες φωτισμού και για τα 3 διαφορετικά οδοστρώματα, R3, bright και dark, για κλάση φωτισμού M3c για τον συγκεκριμένο δρόμο των 8 μέτρων.

Παραδοχές:

- Η συντήρηση των φωτιστικών γίνεται ομαδικά κάθε 3 χρόνια.
- Η αντικατάσταση των λαμπτήρων γίνεται ομαδικά κάθε 1.5 χρόνο.
- Θεωρείται ότι το βρώμισμα στα 3 είδη οδοστρώματος είναι το ίδιο.
- Ο συντελεστής συντήρησης σύμφωνα με όσα έχουν ειπωθεί, θα είναι $r=0.69$.

Δεδομένα:

- Χρησιμοποιείται και στις 3 μελέτες το ίδιο φωτιστικό της Philips με λαμπτήρα νατρίου υψηλής πίεσης 70W (SON-TPP). Συγκεκριμένα το "SGS252 GB 1xSON-TPP70W CR P6 +ZGS252 L-FRONT", το οποίο είναι το αρχικό φωτιστικό που χρησιμοποιήθηκε στο 1^ο σενάριο..
- Χρησιμοποιούνται και στις 3 μελέτες, ιστοί ίδιου ύψους (9m). Το μόνο που αλλάζει όσον αφορά τους ιστούς, είναι η κλίση των φωτιστικών και η απόσταση από τον δρόμο, τα οποία δεν επηρεάζουν το κόστος κατασκευής ή εγκατάστασης των ιστών.

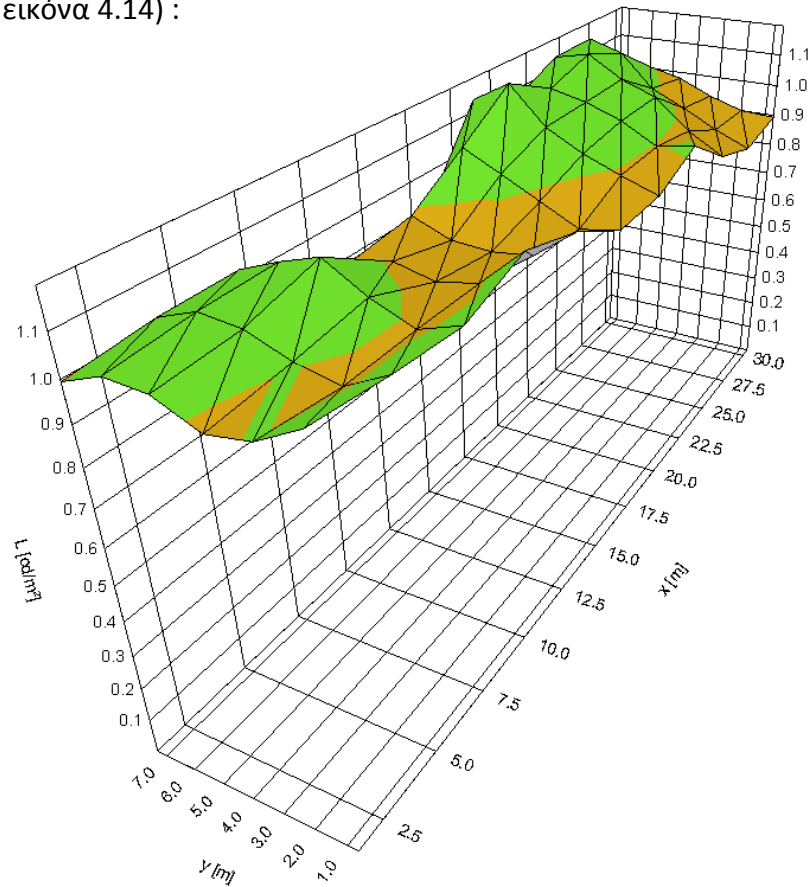
Από τις μελέτες φωτισμού στο Relux για τα 3 οδοστρώματα προκύπτουν τα ακόλουθα:

Πίνακας 4.19: Αποτελέσματα για εξ' αρχής μελέτη φωτισμού

Προσομοίωση φωτισμού κλάση M3c (r=0.69)	R3	bright	dark
Luminaire placing	Staggered	Staggered	Staggered
Distance between luminaires (a)	32 m	50 m	46 m
Photometric centre height (h)	9 m	9 m	9 m
Outreach (u)	-1.00 m	-1.50 m	-1.00 m
Inclination (δ)	10 ^ο	20 ^ο	20 ^ο
Luminance average (>1)	1.01	1.01	1.01
Luminance min	0.86	0.73	0.73
Luminance min/average U0 (>0.4)	0.85	0.72	0.73
Longitudinal uniformity UI (>0.5)	0.88	0.70	0.74
Threshold increment TI (<15)	7	6	6
Surrounding brightness (>0.5)	0.57	0.59	0.57

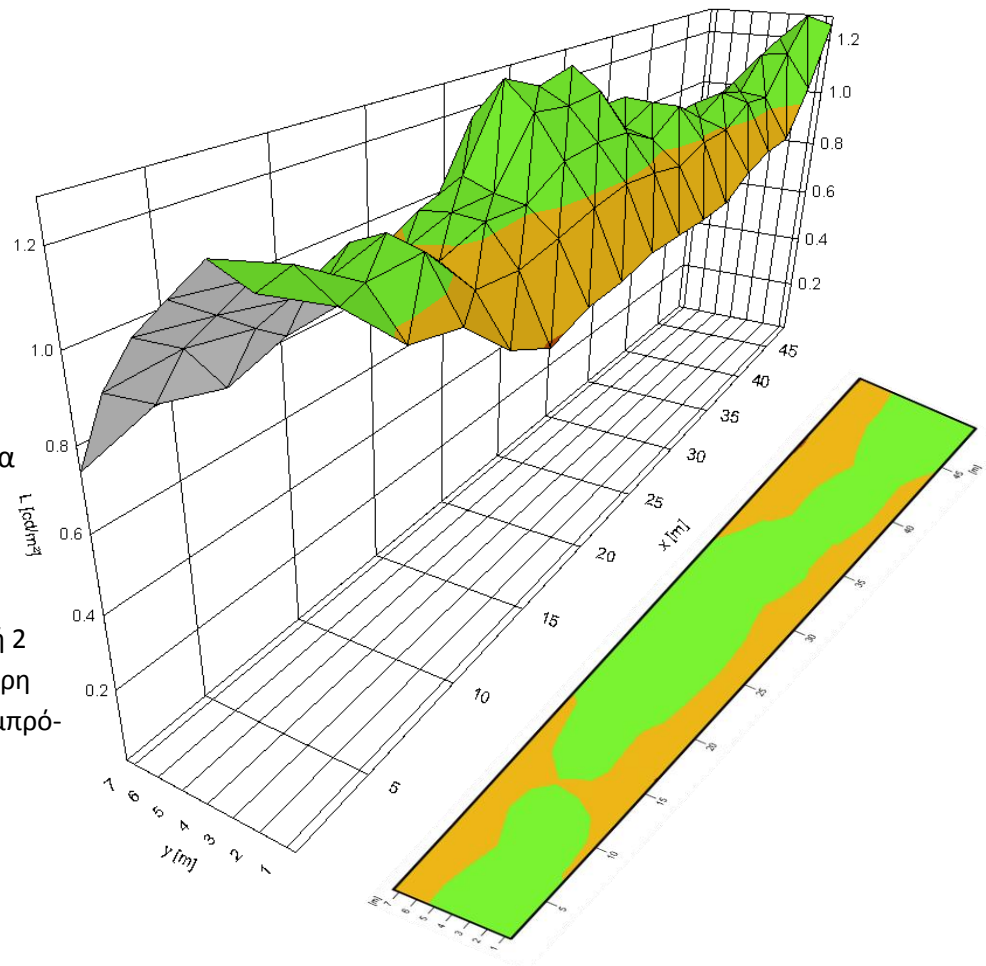
Έτσι για τον παρατηρητή 1 ($x=-60\text{m}$, $y=2\text{m}$, $z=1.5\text{m}$), έχουμε τα ακόλουθα διαγράμματα λαμπρότητας, για το ορθογώνιο πλαίσιο που σχηματίζεται μεταξύ των τριών φωτιστικών (κόκκινο πλαίσιο εικόνα 4.14) :

Εικόνα 4.21:
Διάγραμμα
λαμπρότητας για
οδόστρωμα R3

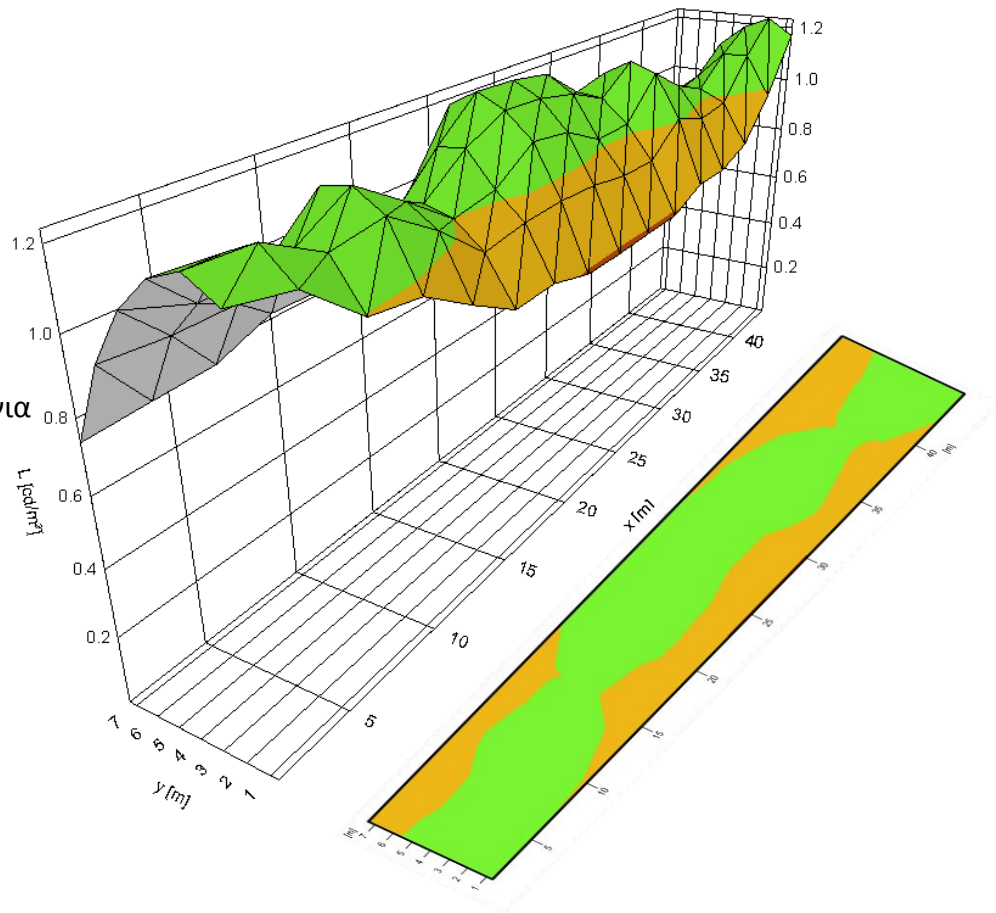


Εικόνα 4.22:
Διάγραμμα
λαμπρότητας για
οδόστρωμα
bright

(από παρατηρητή 2
γιατί έχει χειρότερη
ομοιομορφία λαμπρό-
τητας από τον 1)



Εικόνα 4.23:
Διάγραμμα
λαμπρότητας για
οδόστρωμα
dark



όπου τα χρώματα αντιστοιχούν στην ένταση της λαμπρότητας ως εξής:



Από τον προηγούμενο πίνακα και από τα 3 προηγούμενα διαγράμματα, είναι φανερό, ότι με τα καινούρια οδοστρώματα αυξάνονται πολύ οι αποστάσεις μεταξύ των ιστών. Όμως παρά την αύξηση αυτής της απόστασης, όπως φαίνεται ξεκάθαρα, η ομοιομορφία της λαμπρότητας διατηρείται σε υψηλά επίπεδα, με την κατάλληλη φυσικά απόσταση των φωτιστικών από το δρόμο αλλά και την κατάλληλη κλίση τους.

Τώρα θα μελετηθεί το κόστος της κατασκευής καθεμιάς από τις 3 εγκαταστάσεις, αλλά και το λειτουργικό κόστος για τα 30 χρόνια διάρκειας του έργου. Επίσης θα γίνει και η αναγωγή του κόστους ανά έτος.

Ακολουθεί ο πίνακας με τους υπολογισμούς:

Πίνακας 4.20: Υπολογισμός κόστους εγκατάστασης

<u>κλάση φωτισμού M3c σενάριο 2ο</u>	<u>R3</u>	<u>bright</u>	<u>dark</u>
φωτιστικά ανά km	62.50	40.00	43.48
συντηρήσεις στα 30 έτη	10	10	10
φωτιστικά/km που θα συντηρηθούν στα 30 έτη	625.00	400.00	434.78
κόστος συντήρησης ενός φωτιστικού σε €	15	15	15
κόστος συντήρησης των φωτιστικών σε €/km στα 30 έτη	9375	6000	6522
λαμπτήρες ανά km	62.50	40.00	43.48
αντικαταστάσεις λαμπτήρων στα 30 έτη	20	20	20
λαμπτήρες/km που θα αντικατασταθούν στα 30 έτη	1250.00	800.00	869.57
κόστος αντικατάστασης ενός λαμπτήρα σε €	30	30	30
κόστος αντικατάστασης των λαμπτήρων σε €/km στα 30 έτη	37500	24000	26087
ιστοί ανά km	62.50	40.00	43.48
κόστος ενός ιστού σε €	1000	1000	1000
κόστος ιστών σε €/km (στα 30 έτη)	62500	40000	43478
ώρες λειτουργίας ανά έτος	4380	4380	4380
κατανάλωση φωτιστικού σε Watt	80	80	80
κατανάλωση σε kWh/km ανά έτος	21900	14016	15234.78
κατανάλωση σε kWh/km στα 30 έτη	657000	420480	457043.5
κόστος kWh σε €	0.073	0.073	0.073
κόστος σε €/km ανά έτος	1598.70	1023.17	1112.14
κόστος σε €/km στα 30 έτη	47961	30695	33364
συνολικό κόστος εγκατάστασης & λειτουργίας σε €/km στα 30 έτη	157336	100695	109451
συνολικό κόστος εγκατάστασης & λειτουργίας σε €/km ανά έτος	5245	3357	3648

Τελικά το κέρδος σε σχέση με το οδόστρωμα R3 είναι:

Πίνακας 4.21: Κέρδος σε kWh/km σε σχέση με το οδόστρωμα R3

<u>κέρδος σε kWh/km</u>	ανά έτος	ανά 30 έτη
bright οδόστρωμα	7884 kWh/km	236520 kWh/km
dark οδόστρωμα	6665 kWh/km	199950 kWh/km

Πίνακας 4.22: Κέρδος σε €/km σε σχέση με το οδόστρωμα R3

<u>κέρδος σε €/km</u>	ανά έτος	ανά 30 έτη
bright οδόστρωμα	1888 €/km	56640 €/km
dark οδόστρωμα	1596 €/km	47880 €/km

Επομένως, το κέρδος στο δεύτερο σενάριο, δηλαδή στην εξ' αρχής κατασκευή του δρόμου με τα καινούρια οδοστρώματα, είναι πολύ μεγαλύτερο απ' ότι στην πρώτη περίπτωση. Αυτό οφείλεται καταρχήν στο πάγιο κόστος κατασκευής λιγότερων ιστών ανά km, που συνεπάγεται και λιγότερα φωτιστικά. Επομένως, αν και τα διαστήματα συντήρησης παραμένουν τα ίδια και για τα 3 είδη οδοστρωμάτων, υπάρχει όφελος και από τη συντήρηση λιγότερων φωτιστικών κάθε φορά, αλλά και από την αντικατάσταση λιγότερων λαμπτήρων. Τέλος, με τα ίδια ισχύος φωτιστικά, αλλά λιγότερα σε πλήθος, υπάρχει εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας, άρα και χρημάτων. (Στους υπολογισμούς δεν περιλαμβάνεται το κόστος επιστρώσης των καινούριων ασφαλτικών υλικών)

Εξετάζοντας μεμονωμένα την εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας στο 2^ο σενάριο, όπως φαίνεται για το οδόστρωμα bright σε σχέση με το οδόστρωμα R3 υπάρχει:

ποσοστιαία εξοικονόμηση ενέργειας 36.0%.

(εξοικονόμηση ενέργειας 23.75% στο 1^ο σενάριο)

ενώ για το οδόστρωμα dark σε σχέση με το οδόστρωμα R3 υπάρχει:

ποσοστιαία εξοικονόμηση ενέργειας 30.4%.

(εξοικονόμηση ενέργειας 23.75% στο 1^ο σενάριο)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

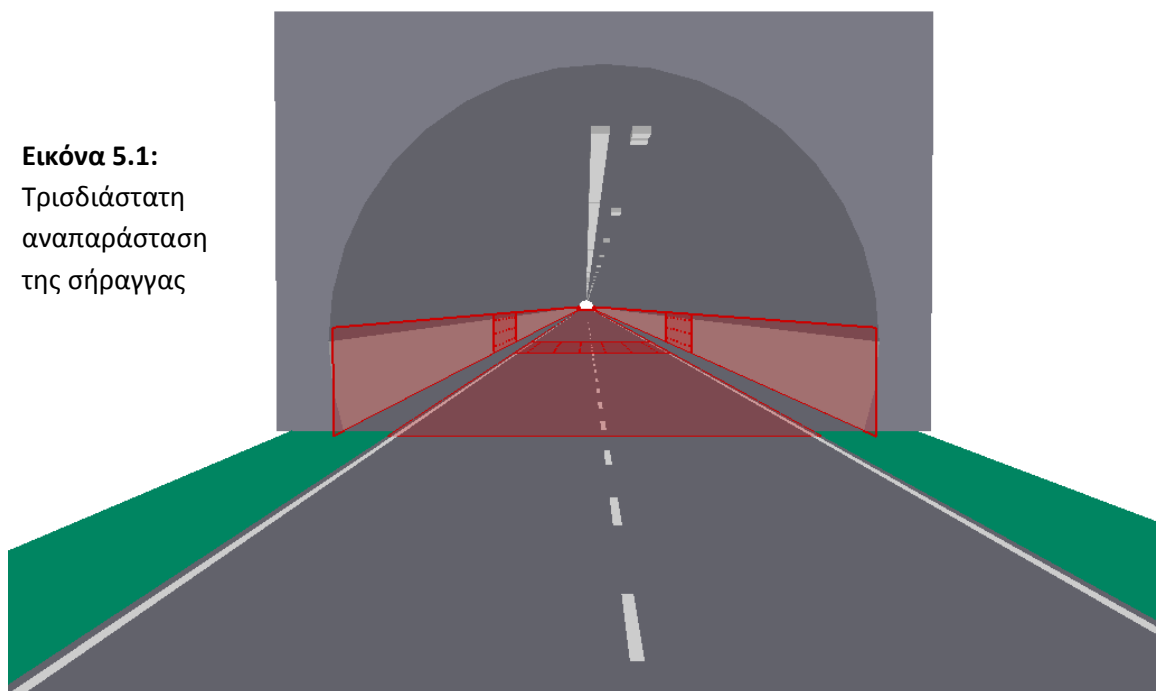
Προσομοιώσεις φωτισμού
με χρήση νέου ασφαλικού υλικού
σε σήραγγα

Εισαγωγή:

Στο κεφάλαιο αυτό, γίνεται αρχικά μία μελέτη φωτισμού με το λογισμικό relux για μία υποθετική σήραγγα με οδόστρωμα R3. Έπειτα γίνεται επίστρωση με το νέο ασφαλτικό υλικό (bright), και εξετάζονται πάλι δύο σενάρια, στα οποία ερευνάται αν επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας ή κάποιο άλλο οικονομικό όφελος.

5.1 Βασικά χαρακτηριστικά της υπό μελέτη σήραγγας

Χαρακτηριστικά σήραγγας: μήκος 700 μέτρα
πλάτος 10 μέτρα
ύψος 7 μέτρα
2 λωρίδες κυκλοφορίας των 4 μέτρων
2 πεζοδρόμια δεξιά και αριστερά 1 μέτρου το καθένα
μελέτη στους τοίχους μέχρι ύψος 2 μέτρων
προσανατολισμός νοτιοδυτικός



Εικόνα 5.1:
Τρισδιάστατη
αναπαράσταση
της σήραγγας

Ταχύτητα σχεδιασμού 100km/h

Μήκος ζώνης κατωφλίου περίπου 150m (ίση με την απόσταση πέδησης)

Συντελεστής λαμπρότητας ζώνης κατωφλίου $k=0.06$

Κυκλοφοριακή κίνηση: Μέση

Κίνηση μόνο μηχανοκίνητων οχημάτων

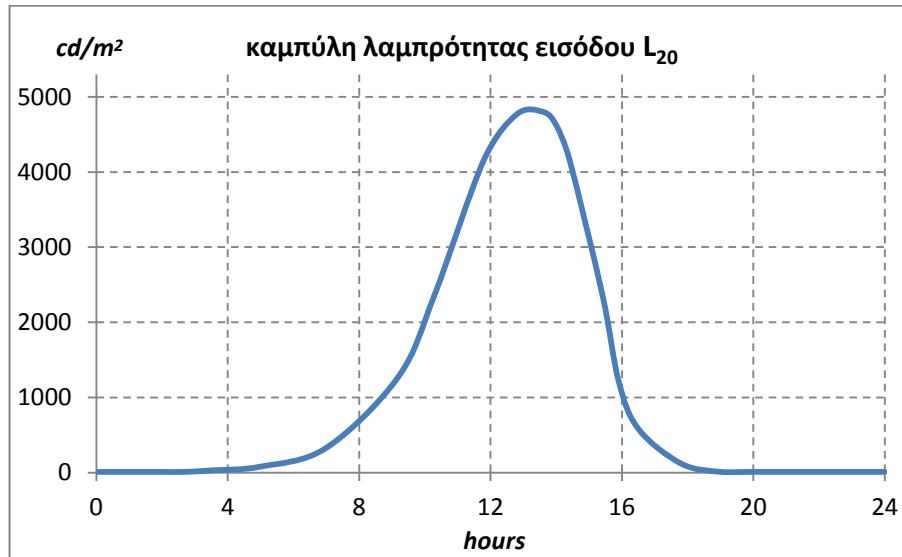
Κλάση σήραγγας: 3

Απαιτούμενη ομοιομορφία $U_0=0.4$ και $U_1=0.6$

Για τον υπολογισμό της λαμπρότητας στο εσωτερικό μιας σήραγγας, όπως αναφέρθηκε, απαιτείται η μέτρηση της λαμπρότητας της εισόδου L_{20} , στη διάρκεια του

24ώρου καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, λαμβάνονται μετρήσεις για την 21^η Μαρτίου, όπου έχουμε ισημερία, και επεκτείνεται για όλο το έτος. Επίσης σημαντικό ρόλο στο L_{20} παίζει ο προσανατολισμός της σήραγγας, όπου εδώ είναι νοτιοδυτικός.

Προκύπτει λοιπόν η καμπύλη L_{20} για την συγκεκριμένη μέρα, περιοχή και προσανατολισμό:



Εικόνα 5.2: Καμπύλη λαμπρότητας L_{20} στην είσοδο της σήραγγας

Επειδή με τα φωτιστικά που χρησιμοποιούνται στη συγκεκριμένη μελέτη, δεν μπορεί να ακολουθηθεί με ακρίβεια η καμπύλη L_{20} , για λόγους εξοικονόμησης ενέργειας χωρίζεται το 24ωρο σε 7 επίπεδα (stages).

Η ενεργοποίηση του καθενός από τα 7 stages, ρυθμίζεται σύμφωνα με την λαμπρότητα που μετριέται κάθε στιγμή στην είσοδο της σήραγγας, από τις συσκευές μέτρησής της που είναι τοποθετημένες.

Στον πίνακα 5.2 που ακολουθεί, φαίνονται τα 7 stages ξεκινώντας από το πιο φωτεινό (S1) προς το πιο σκοτεινό (night). Ο φωτισμός του κάθε stage ρυθμίζεται από τα αντίστοιχα group των φωτιστικών μέσω του scada. Για την ενεργοποίηση ενός stage έχουν ήδη ενεργοποιηθεί όλα τα προηγούμενα group. Για παράδειγμα όταν μπει σε λειτουργία το S3, ανάβουν τα group 3, 4, 5, 6 και 7.

Control groups	S1	S2	S3	S4	S5	twilight	night
Adaptation							
1	100%	out	out	out	out	out	out
2	100%	100%	out	out	out	out	out
3	100%	100%	100%	out	out	out	out
4	100%	100%	100%	100%	out	out	out
5	100%	100%	100%	100%	100%	out	out
Interior							
6	100%	100%	100%	100%	100%	100%	out
7	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Calculate	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Percent Lth	100.00	80.00	60.00	40.00	20.00		
Lth [cd/m ²]	269.00	215.20	161.40	107.60	53.80		
Entrance lengt...	440.00	389.00	335.00	276.00	206.00		

Πίνακας 5.1:

Λειτουργία των group φωτιστικών ανάλογα με το stage που βρίσκεται κάθε φορά σε λειτουργία.

Το κάθε stage ενεργοποιείται όταν η λαμπρότητα στην είσοδο, βρίσκεται μεταξύ των τιμών που φαίνονται στην 3^η στήλη του επόμενου πίνακα. Επίσης με βάση την καμπύλη του L_{20} , μπορούμε να υπολογίσουμε τις ώρες λειτουργίας του κάθε stage, καθώς και τις ώρες λειτουργίας του κάθε group φωτιστικών. Το τελευταίο αυτό στοιχείο, θα χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Τέλος στην τελευταία στήλη του πίνακα, φαίνεται η λαμπρότητα κατωφλίου L_{th} για το κάθε επίπεδο. Στα δύο όμως τελευταία stage, δηλαδή στο twilight και στο night, όλη η σήραγγα θεωρείται σαν μία εσωτερική ζώνη με λαμπρότητα ίση με την L_{th} .

Πίνακας 5.2: Ρυθμίσεις και χαρακτηριστικά του κάθε προγράμματος φωτισμού (stage)

πρόγραμμα φωτισμού (stage)	group φωτιστικών	εύρος τιμών L_{20} (cd/m^2)	ώρες λειτουργίας	διάρκεια λειτουργίας stage (h)	διάρκεια λειτουργίας group (h)	L_{th} (cd/m^2)
S1 (100% L_{20})	1	4165-4800	11:30-14:35	3.08	3.08	269
S2 (80% L_{20})	2	3007-4165	11:00-11:30,14:35-15:00	0.92	4.00	215.2
S3 (60% L_{20})	3	2373-3007	09:50-11:00,15:00-15:30	1.67	5.66	161.4
S4 (40% L_{20})	4	1213-2373	09:00-09:50,15:30-15:50	1.17	6.83	107.6
S5 (20% L_{20})	5	581-1213	07:00-09:00,15:50-16:30	2.67	9.50	53.8
twilight	6	0-581	03:00-07:00,16:30-19:00	6.5	16	4
night	7	0	00:00-03:00,19:00-00:00	8	24	2

5.2 Μελέτη φωτισμού για κατηγορία οδοστρώματος R3

Για τον φωτισμό της σήραγγας, χρησιμοποιήθηκαν 6 φωτιστικά της INDAL (fire resistance και water resistance IP66). Τα 3 από αυτά είναι ασύμμετρα και χρησιμοποιήθηκαν για την ζώνη προσαρμογής (δηλαδή για την ζώνη κατωφλίου και για τη ζώνη μετάβασης), ενώ τα άλλα 3 είναι συμμετρικά και χρησιμοποιήθηκαν για τον σταθερό εσωτερικό φωτισμό (τις $2cd/m^2$ της νύχτας και τις $4cd/m^2$ του λυκόφωτος) και για την έξοδο.

Συγκεκριμένα, όσον αφορά τα ασύμμετρα φωτιστικά, για το πρώτο μισό της ζώνης κατωφλίου, δηλαδή για μήκος $SD/2=75m$ (Threshold 1), χρησιμοποιήθηκαν φωτιστικά των 400W σε σταθερή και πολύ κοντινή απόσταση μεταξύ τους. Στο υπόλοιπο μισό (Threshold 2) καθώς και στην μεταβατική ζώνη (transition), χρησιμοποιήθηκαν πρώτα φωτιστικά των 400W σε αυξανόμενη απόσταση μεταξύ τους, έπειτα των 250W και τέλος των 150W μέχρι την αρχή της εσωτερικής ζώνης. Η απόσταση μεταξύ των φωτιστικών αυξάνεται, διότι πρέπει η λαμπρότητα στο εσωτερικό της σήραγγας να μειώνεται σταδιακά μέχρι την εσωτερική ζώνη, σύμφωνα με τα πρότυπα. Όλα αυτά τα φωτιστικά, επειδή αποτελούν τον κύριο φωτισμό, τοποθετήθηκαν σε μία γραμμή στο κέντρο της σήραγγας ($\gamma=4m$).

Τα ασύμμετρα φωτιστικά που χρησιμοποιήθηκαν, είναι εξωτερικά όπως αυτό της φωτογραφίας (μεγάλος ασύμμετρος καθρέφτης για να κατευθύνει τη δέσμη του φωτός):



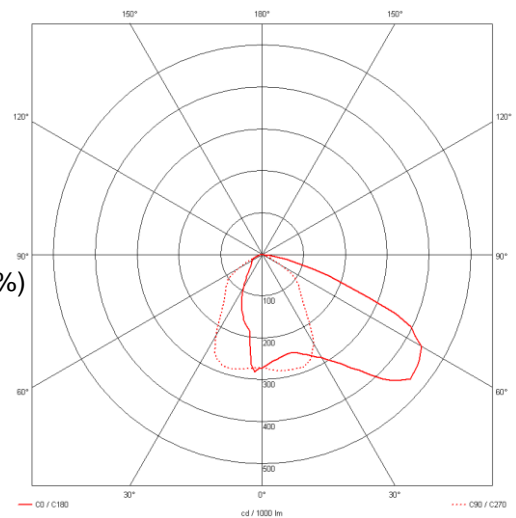
Εικόνα 5.3: Ασύμμετρο φωτιστικό της INDAL [15]

Τα λεπτομερή χαρακτηριστικά τους, φαίνονται ακολούθως:

1) Manufacturer INDAL Metis 2816 RNN

Length: 442 mm, Width: 618 mm, Height: 180 mm

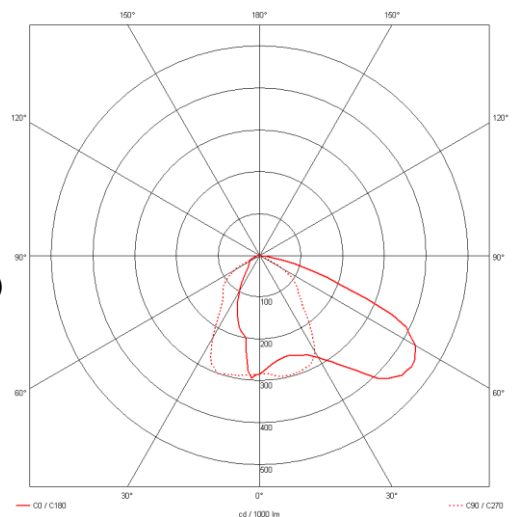
Efficiency: 78,9%
 Luminaire efficacy: 103.43 lm/W (A30, ↓ 100.0% ↑ 0.0%)
 Total system power: **431 W**
 Equipment: 1 x 1ST **400W** 56500 E40
 Total luminous flux: 56500 lm



2) Manufacturer INDAL Metis 2816 RNN

Length: 442 mm, Width: 618 mm, Height: 180 mm

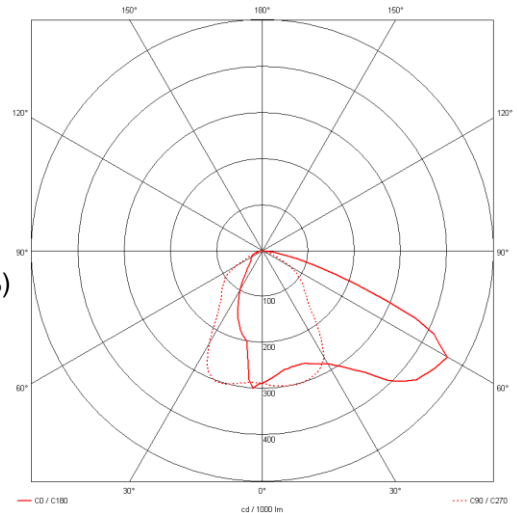
Efficiency: 80,7%
 Luminaire efficacy: 97.78 lm/W (A40, ↓ 100.0% ↑ 0.0%)
 Total system power: **274 W**
 Equipment: 1 x 1ST **250W** 33200 E40
 Total luminous flux: 33200 lm



3) Manufacturer INDAL Metis 2816 RNN

Length: 442 mm, Width: 618 mm, Height: 180 mm

Efficiency: 80,7%
Luminaire efficacy: 85.08 lm/W (A30, ↓ 100.0% ↑ 0.0%)
Total system power: **166 W**
Equipment: 1 x 1ST **150W** 17500 E40
Total luminous flux: 17500 lm



Τα συμμετρικά φωτιστικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν των 150W, 250W και 400W και τοποθετήθηκαν σε μία γραμμή ($\gamma=3m$), διαφορετική από τον κύριο φωτισμό (για να μην υπάρχουν επικαλύψεις φωτιστικών αλλά και για να υπάρχει αρκετός κενός χώρος ανάμεσά τους, ώστε να μπορούν εύκολα να συντηρηθούν).

Τα φωτιστικά των 150W τοποθετήθηκαν σε σταθερή απόσταση μεταξύ τους (19m), ώστε στο οδόστρωμα να υπάρχουν οι απαιτούμενες $2cd/m^2$ του νυχτερινού φωτισμού. Έπειτα τοποθετήθηκαν στην ίδια ευθεία, ίσο πλήθος φωτιστικών των 150W με τα προηγούμενα, σε σταθερή απόσταση 19m μεταξύ τους, μετατοπισμένα όμως κατά ένα μέτρο πιο μπροστά από τα προηγούμενα. Αυτό έγινε για να προστεθούν άλλες $2cd/m^2$ στη λαμπρότητα του οδοστρώματος έτσι ώστε να επιτευχθούν οι $4cd/m^2$ που απαιτούνται για το επίπεδο φωτισμού του λυκόφωτος.

Τέλος τα φωτιστικά των 250W και 400W, χρησιμοποιήθηκαν στην έξοδο για να επιτευχθεί η πενταπλάσια λαμπρότητα της εσωτερικής ζώνης. Έτσι ξεκινώντας περίπου 150m (SD) πριν από την έξοδο τοποθετήθηκαν φωτιστικά των 250W για να υπάρχει σταδιακή αύξηση της λαμπρότητας, ενώ περίπου 75m (SD/2) πριν από την έξοδο τοποθετήθηκαν τα φωτιστικά των 400W για επιτευχθούν οι επιθυμητές $20cd/m^2$ της εξόδου (τα φωτιστικά αυτά τοποθετήθηκαν στην ίδια ευθεία με τα φωτιστικά του νυχτερινού φωτισμού ($\gamma=3m$), για πρακτικούς λόγους οικονομίας υλικών και καλωδίων).

Το εξωτερικό κάλυμμα των συμμετρικών φωτιστικών, είναι ίδιο με αυτό των ασύμμετρων. Η βασική διαφορά είναι στον καθρέφτη που είναι συμμετρικός καθώς και στη θέση του λαμπτήρα που τοποθετείται στο κέντρο. Η κάτω τους φαίνεται στην επόμενη εικόνα:



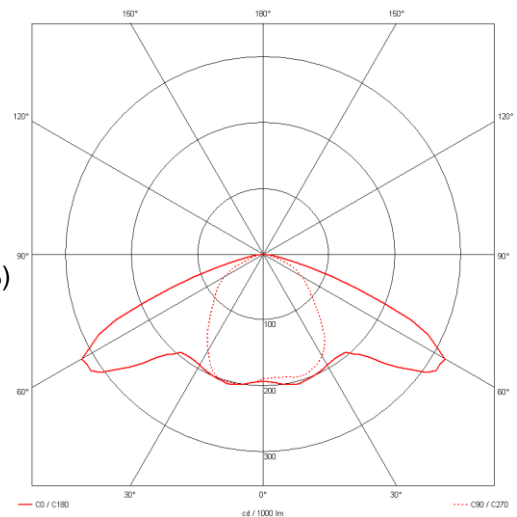
Εικόνα 5.4:
Συμμετρικό φωτιστικό
της INDAL [15]

Τα λεπτομερή χαρακτηριστικά τους, φαίνονται ακολούθως:

**4) Manufacturer INDAL
Metis 2816 SNN 22.030**

Length: 442 mm, Width: 618 mm, Height: 180 mm

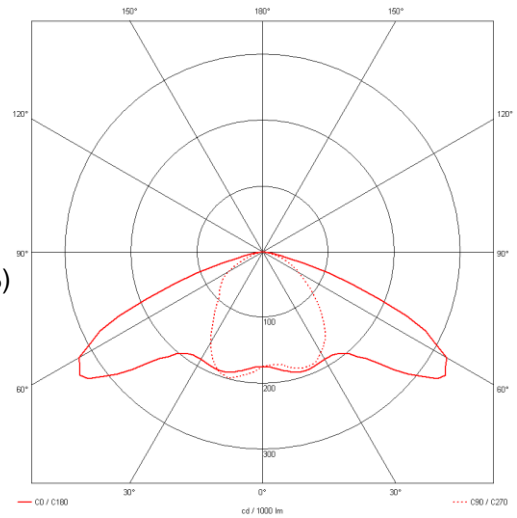
Efficiency: 70,9%
 Luminaire efficacy: 92.94 lm/W (A40, ↓ 100.0% ↑ 0.0%)
 Total system power: **431 W**
 Equipment: 1 x 1ST **400W** 56500 E40
 Total luminous flux: 56500 lm



**5) Manufacturer INDAL
Metis 2816 SNN 22.029**

Length: 442 mm, Width: 618 mm, Height: 180 mm

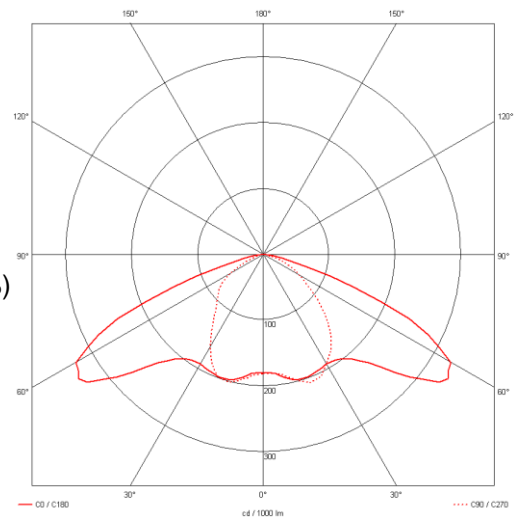
Efficiency: 71,7%
 Luminaire efficacy: 86.88 lm/W (A30, ↓ 100.0% ↑ 0.0%)
 Total system power: **274 W**
 Equipment: 1 x 1ST **250W** 33200 E40
 Total luminous flux: 33200 lm



**6) Manufacturer INDAL
Metis 2816 SNN 22.028**

Length: 442 mm, Width: 618 mm, Height: 180 mm

Efficiency: 72,3%
 Luminaire efficacy: 76.22 lm/W (A40, ↓ 100.0% ↑ 0.0%)
 Total system power: **166 W**
 Equipment: 1 x 1ST **150W** 17500 E40
 Total luminous flux: 17500 lm

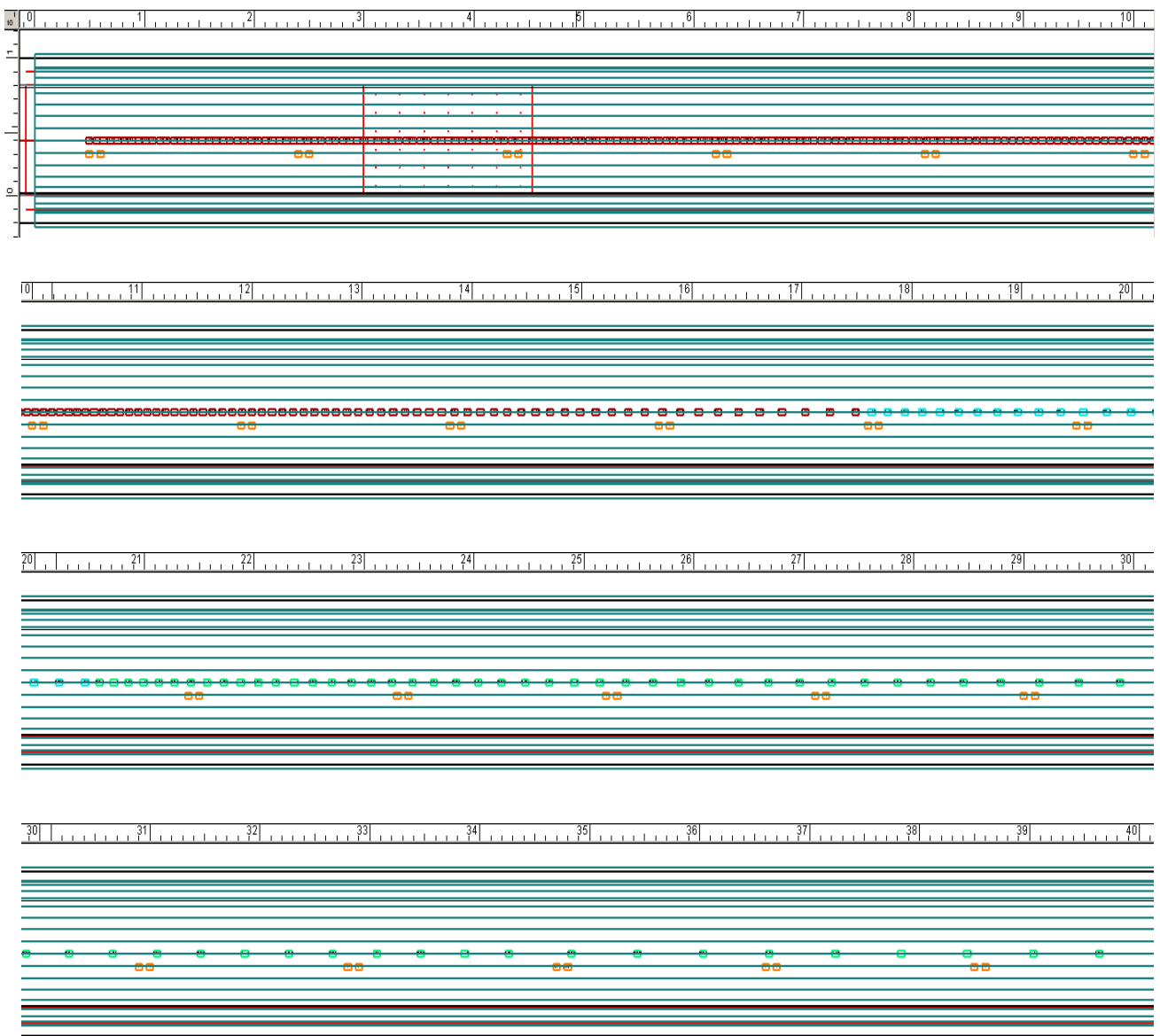


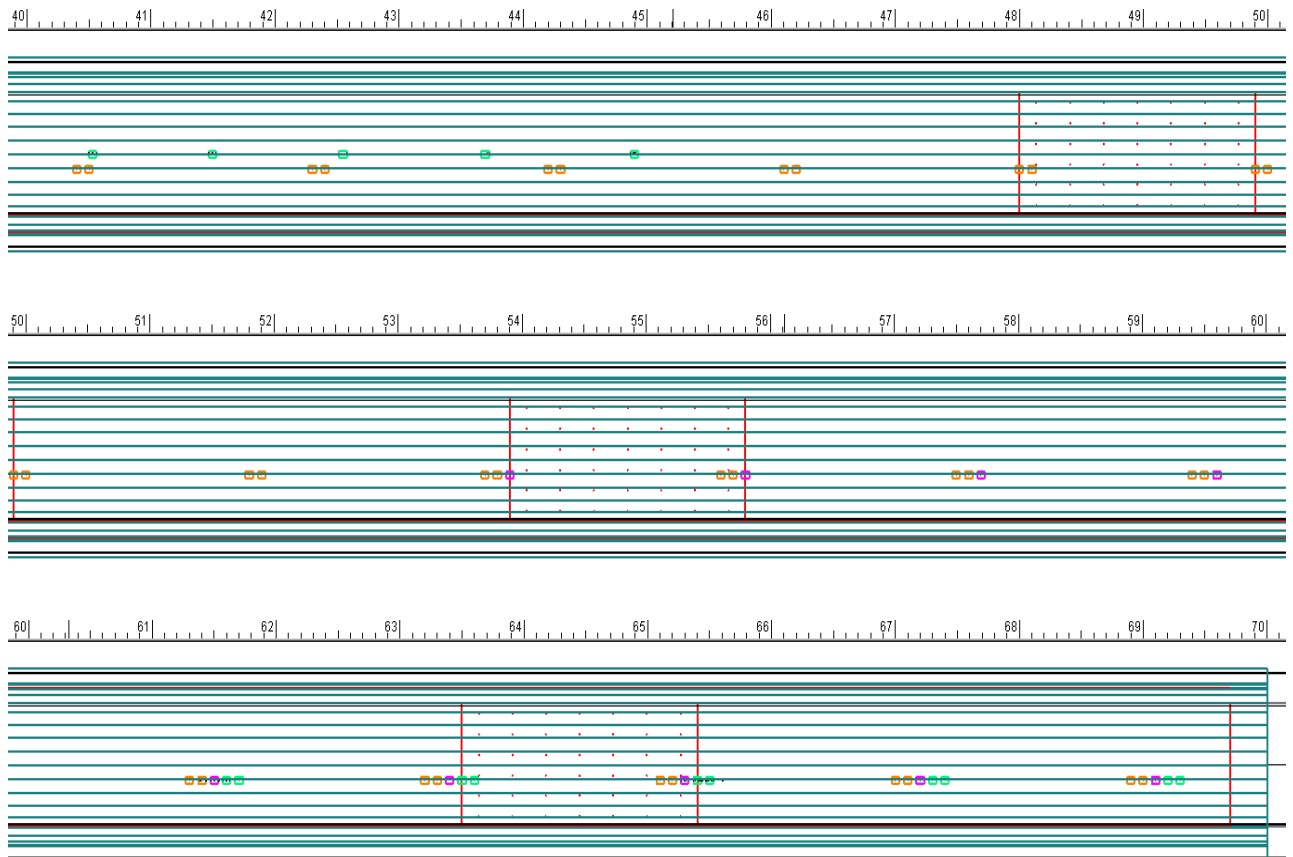
Όλα τα φωτιστικά τοποθετούνται σε ύψος 6.7m από το οδόστρωμα.

Με δεδομένα όλα τα παραπάνω στοιχεία και κυρίως ότι η $L_{th}=269\text{cd}/\text{m}^2$ (στο 100% του L_{20}) και η $L_{int}=4\text{cd}/\text{m}^2$ (λαμπρότητα εσωτερικής ζώνης), γίνεται η κατάλληλη μελέτη φωτισμού έτσι ώστε να τηρούνται οι προδιαγραφές για κάθε stage.

Για το stage 1, η ζώνη προσαρμογής, δηλαδή κατωφλίου και μετάβασης, είναι 440m. Τα επόμενα περίπου 100m (ανάλογα με το stage στο οποίο βρισκόμαστε) είναι η εσωτερική ζώνη, ενώ τα τελευταία 150m είναι η ζώνη εξόδου.

Ακολουθεί η κάτοψη της σήραγγας σε αυτά τα διαστήματα (ανά 100m), με τοποθετημένα τα φωτιστικά (τα μέτρα που φαίνονται πάνω από κάθε κομμάτι είναι διαιρεμένα με το 10):





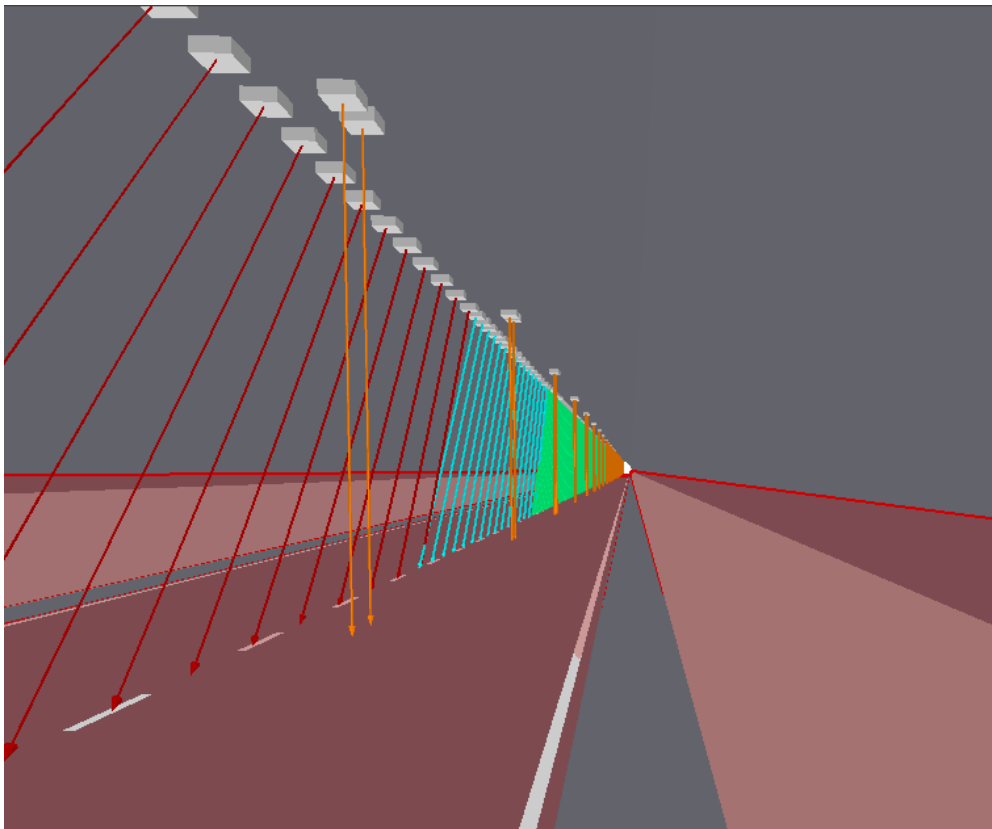
Εικόνα 5.5: Τοποθετημένα φωτιστικά στη σήραγγα σύμφωνα με τη μελέτη φωτισμού για το οδόστρωμα R3.

Τα κόκκινα πλαίσια που φαίνονται, είναι οι περιοχές μέτρησης της λαμπρότητας, της ομοιομορφίας της και της θάμβωσης και είναι αντιπροσωπευτικά για κάθε ζώνη.

Επίσης μπορεί κάποιος να παρατηρήσει εύκολα αυτά που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Δηλαδή στο πρώτο μισό της ζώνης κατωφλίου, για μήκος $SD/2=75m$ (Threshold 1), χρησιμοποιούνται ασύμμετρα φωτιστικά των 400W σε σταθερή και πολύ κοντινή απόσταση μεταξύ τους. Στο υπόλοιπο μισό (Threshold 2) καθώς και στην μεταβατική ζώνη (transition), χρησιμοποιούνται πρώτα φωτιστικά των 400W σε αυξανόμενη απόσταση μεταξύ τους, έπειτα φωτιστικά των 250W τα οποία σημειώνονται με διαφορετικό χρώμα, και τέλος φωτιστικά των 150W, που και αυτά σημειώνονται με άλλο χρώμα, μέχρι την αρχή της εσωτερικής ζώνης. Φαίνεται ακόμα ότι είναι τοποθετημένα στο μέσο της σήραγγας $\gamma=4m$.

Σε όλο το μήκος της σήραγγας φαίνονται καθαρά στη θέση $\gamma=3m$, τα διπλά συμμετρικά φωτιστικά που είναι τοποθετημένα για τα δύο χαμηλότερα stage, ενώ στην εσωτερική ζώνη είναι τα μοναδικά φωτιστικά που υπάρχουν. Στα τελευταία 150m προστίθενται τα συμμετρικά φωτιστικά των 250W, ενώ στα τελευταία 75m περίπου προστίθενται και διπλά φωτιστικά των 400W. Τα τελευταία φωτιστικά που αναφέρθηκαν, διαφέρουν μεταξύ τους κατά 1m.

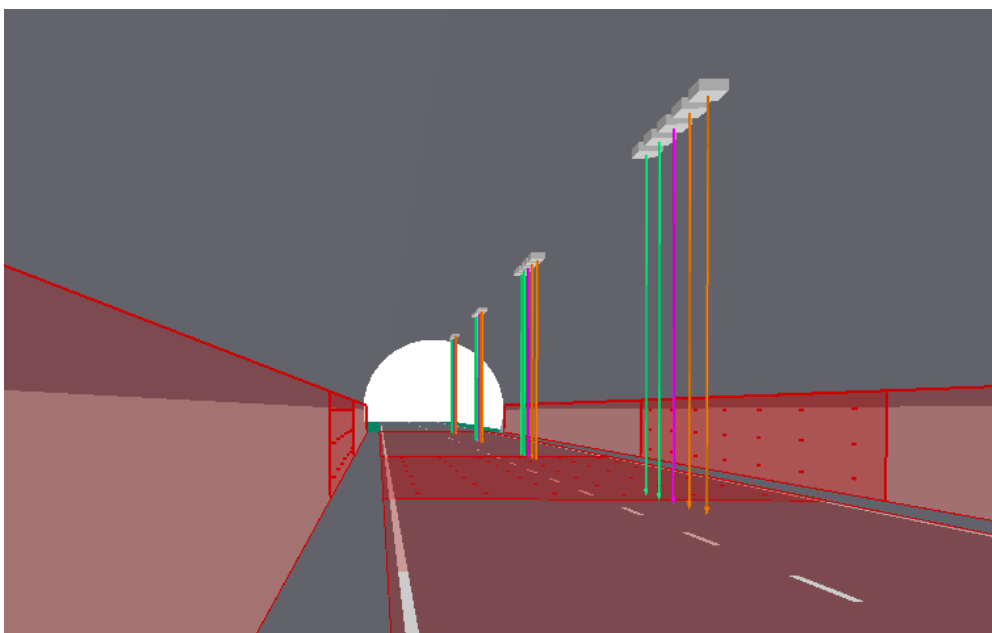
Στις εικόνες που ακολουθούν φαίνεται παραστατικά η βασική δέσμη των ασύμμετρων και συμμετρικών φωτιστικών. Με διαφορετικό χρώμα παρουσιάζονται τα διαφορετικά είδη φωτιστικών:



Εικόνα 5.6:
Φωτιστικά
στη ζώνη
προσαρμογής

(ασύμμετρα:
κόκκινα 400W,
γαλάζια 250W,
πράσινα 150W

συμμετρικά:
πορτοκαλί
150W)



Εικόνα 5.7:
Φωτιστικά
στη ζώνη
εξόδου

(συμμετρικά:
πράσινα 400W,
μωβ 250W,
πορτοκαλί
150W)

Ακολουθούν οι ακριβείς θέσεις των φωτιστικών, το group στο οποίο ανήκουν, οι ώρες λειτουργίας κάθε φωτιστικού ανάλογα με το group στο οποίο ανήκει (σύμφωνα με τον πίνακα 5.2 που αναφέρεται στις ώρες λειτουργίας κάθε group, και που προκύπτει από την καμπύλη του L_{20}), ενώ υπολογίζεται και η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh.

Πίνακας 5.3:
φωτισμός night 2cd/m²
(συμμετρικά φωτιστικά)

no.	x [m]	Ctrl.	load [W]	λειτουργία (h)	kwh/ημέρα	kwh/έτος
1	5	7	166	24	3.98	1454
2	24	7	166	24	3.98	1454
3	43	7	166	24	3.98	1454
4	62	7	166	24	3.98	1454
5	81	7	166	24	3.98	1454
6	100	7	166	24	3.98	1454
7	119	7	166	24	3.98	1454
8	138	7	166	24	3.98	1454
9	157	7	166	24	3.98	1454
10	176	7	166	24	3.98	1454
11	195	7	166	24	3.98	1454
12	214	7	166	24	3.98	1454
13	233	7	166	24	3.98	1454
14	252	7	166	24	3.98	1454
15	271	7	166	24	3.98	1454
16	290	7	166	24	3.98	1454
17	309	7	166	24	3.98	1454
18	328	7	166	24	3.98	1454
19	347	7	166	24	3.98	1454
20	366	7	166	24	3.98	1454
21	385	7	166	24	3.98	1454
22	404	7	166	24	3.98	1454
23	423	7	166	24	3.98	1454
24	442	7	166	24	3.98	1454
25	461	7	166	24	3.98	1454
26	480	7	166	24	3.98	1454
27	499	7	166	24	3.98	1454
28	518	7	166	24	3.98	1454
29	537	7	166	24	3.98	1454
30	556	7	166	24	3.98	1454
31	575	7	166	24	3.98	1454
32	594	7	166	24	3.98	1454
33	613	7	166	24	3.98	1454
34	632	7	166	24	3.98	1454
35	651	7	166	24	3.98	1454
36	670	7	166	24	3.98	1454
37	689	7	166	24	3.98	1454
			6142		147.4	53804

Πίνακας 5.4:
φωτισμός twilight 4cd/m² (2+2=4cd/m²)
(συμμετρικά φωτιστικά)

no.	x [m]	Ctrl.	load [W]	λειτουργία (h)	kwh/ημέρα	kwh/έτος
1	6	6	166	16	2.66	969
2	25	6	166	16	2.66	969
3	44	6	166	16	2.66	969
4	63	6	166	16	2.66	969
5	82	6	166	16	2.66	969
6	101	6	166	16	2.66	969
7	120	6	166	16	2.66	969
8	139	6	166	16	2.66	969
9	158	6	166	16	2.66	969
10	177	6	166	16	2.66	969
11	196	6	166	16	2.66	969
12	215	6	166	16	2.66	969
13	234	6	166	16	2.66	969
14	253	6	166	16	2.66	969
15	272	6	166	16	2.66	969
16	291	6	166	16	2.66	969
17	310	6	166	16	2.66	969
18	329	6	166	16	2.66	969
19	348	6	166	16	2.66	969
20	367	6	166	16	2.66	969
21	386	6	166	16	2.66	969
22	405	6	166	16	2.66	969
23	424	6	166	16	2.66	969
24	443	6	166	16	2.66	969
25	462	6	166	16	2.66	969
26	481	6	166	16	2.66	969
27	500	6	166	16	2.66	969
28	519	6	166	16	2.66	969
29	538	6	166	16	2.66	969
30	557	6	166	16	2.66	969
31	576	6	166	16	2.66	969
32	595	6	166	16	2.66	969
33	614	6	166	16	2.66	969
34	633	6	166	16	2.66	969
35	652	6	166	16	2.66	969
36	671	6	166	16	2.66	969
37	690	6	166	16	2.66	969
			6142		98.3	35869

Πίνακας 5.5: φωτισμός προσαρμογής (0-448m) (ασύμμετρα φωτιστικά)

no.	x [m]	Ct rl.	load [W]	Λειτουργία (h)	kwh/ ημέρα	kwh/ έτος
1	5	5	431	9.50	4.09	1494
2	5.64	4	431	6.83	2.94	1074
3	6.28	2	431	4.00	1.72	629
4	6.92	3	431	5.66	2.44	890
5	7.56	1	431	3.08	1.33	485
6	8.2	5	431	9.50	4.09	1494
7	8.84	4	431	6.83	2.94	1074
8	9.48	2	431	4.00	1.72	629
9	10.12	3	431	5.66	2.44	890
10	10.76	1	431	3.08	1.33	485
11	11.4	5	431	9.50	4.09	1494
12	12.04	4	431	6.83	2.94	1074
13	12.68	2	431	4.00	1.72	629
14	13.32	3	431	5.66	2.44	890
15	13.96	1	431	3.08	1.33	485
16	14.6	5	431	9.50	4.09	1494
17	15.24	4	431	6.83	2.94	1074
18	15.88	2	431	4.00	1.72	629
19	16.52	3	431	5.66	2.44	890
20	17.16	1	431	3.08	1.33	485
21	17.8	5	431	9.50	4.09	1494
22	18.44	4	431	6.83	2.94	1074
23	19.08	2	431	4.00	1.72	629
24	19.72	3	431	5.66	2.44	890
25	20.36	1	431	3.08	1.33	485
26	21	5	431	9.50	4.09	1494
27	21.64	4	431	6.83	2.94	1074
28	22.28	2	431	4.00	1.72	629
29	22.92	3	431	5.66	2.44	890
30	23.56	1	431	3.08	1.33	485
31	24.2	5	431	9.50	4.09	1494
32	24.84	4	431	6.83	2.94	1074
33	25.48	2	431	4.00	1.72	629
34	26.12	3	431	5.66	2.44	890
35	26.76	1	431	3.08	1.33	485
36	27.4	5	431	9.50	4.09	1494
37	28.04	4	431	6.83	2.94	1074
38	28.68	2	431	4.00	1.72	629
39	29.32	3	431	5.66	2.44	890
40	29.96	1	431	3.08	1.33	485
41	30.6	5	431	9.50	4.09	1494
42	31.24	4	431	6.83	2.94	1074
43	31.88	2	431	4.00	1.72	629
44	32.52	3	431	5.66	2.44	890
45	33.16	1	431	3.08	1.33	485
46	33.8	5	431	9.50	4.09	1494
47	34.44	4	431	6.83	2.94	1074
48	35.08	2	431	4.00	1.72	629
49	35.72	3	431	5.66	2.44	890
50	36.36	1	431	3.08	1.33	485
51	37	5	431	9.50	4.09	1494
52	37.64	4	431	6.83	2.94	1074
53	38.28	2	431	4.00	1.72	629
54	38.92	3	431	5.66	2.44	890
55	39.56	1	431	3.08	1.33	485
56	40.2	5	431	9.50	4.09	1494
57	40.84	4	431	6.83	2.94	1074
58	41.48	2	431	4.00	1.72	629
59	42.12	3	431	5.66	2.44	890
60	42.76	1	431	3.08	1.33	485
61	43.4	5	431	9.50	4.09	1494
62	44.04	4	431	6.83	2.94	1074
63	44.68	2	431	4.00	1.72	629
64	45.32	3	431	5.66	2.44	890
65	45.96	1	431	3.08	1.33	485
66	46.6	5	431	9.50	4.09	1494
67	47.24	4	431	6.83	2.94	1074
68	47.88	2	431	4.00	1.72	629
69	48.52	3	431	5.66	2.44	890
70	49.16	1	431	3.08	1.33	485
71	49.8	5	431	9.50	4.09	1494
72	50.44	4	431	6.83	2.94	1074
73	51.08	2	431	4.00	1.72	629
74	51.72	3	431	5.66	2.44	890
75	52.36	1	431	3.08	1.33	485
76	53	5	431	9.50	4.09	1494
77	53.64	4	431	6.83	2.94	1074
78	54.28	2	431	4.00	1.72	629
79	54.92	3	431	5.66	2.44	890
80	55.56	1	431	3.08	1.33	485
81	56.2	5	431	9.50	4.09	1494
82	56.84	4	431	6.83	2.94	1074
83	57.48	2	431	4.00	1.72	629
84	58.12	3	431	5.66	2.44	890
85	58.76	1	431	3.08	1.33	485
86	59.4	5	431	9.50	4.09	1494
87	60.04	4	431	6.83	2.94	1074
88	60.68	2	431	4.00	1.72	629
89	61.32	3	431	5.66	2.44	890
90	61.96	1	431	3.08	1.33	485
91	62.6	5	431	9.50	4.09	1494
92	63.24	4	431	6.83	2.94	1074
93	63.88	2	431	4.00	1.72	629
94	64.52	3	431	5.66	2.44	890

95	65.16	1	431	3.08	1.33	485	148	100.28	2	431	4.00	1.72	629
96	65.8	5	431	9.50	4.09	1494	149	101.03	3	431	5.66	2.44	890
97	66.44	4	431	6.83	2.94	1074	150	101.78	1	431	3.08	1.33	485
98	67.08	2	431	4.00	1.72	629	151	102.54	5	431	9.50	4.09	1494
99	67.72	3	431	5.66	2.44	890	152	103.3	4	431	6.83	2.94	1074
100	68.36	1	431	3.08	1.33	485	153	104.07	2	431	4.00	1.72	629
101	69	5	431	9.50	4.09	1494	154	104.85	3	431	5.66	2.44	890
102	69.64	4	431	6.83	2.94	1074	155	105.63	1	431	3.08	1.33	485
103	70.28	2	431	4.00	1.72	629	156	106.41	5	431	9.50	4.09	1494
104	70.92	3	431	5.66	2.44	890	157	107.21	4	431	6.83	2.94	1074
105	71.56	1	431	3.08	1.33	485	158	108.01	2	431	4.00	1.72	629
106	72.2	5	431	9.50	4.09	1494	159	108.81	3	431	5.66	2.44	890
107	72.84	4	431	6.83	2.94	1074	160	109.63	1	431	3.08	1.33	485
108	73.48	2	431	4.00	1.72	629	161	110.45	5	431	9.50	4.09	1494
109	74.12	3	431	5.66	2.44	890	162	111.27	4	431	6.83	2.94	1074
110	74.76	1	431	3.08	1.33	485	163	112.11	2	431	4.00	1.72	629
111	75.4	5	431	9.50	4.09	1494	164	112.95	3	431	5.66	2.44	890
112	76.04	4	431	6.83	2.94	1074	165	113.8	1	431	3.08	1.33	485
113	76.68	2	431	4.00	1.72	629	166	114.65	5	431	9.50	4.09	1494
114	77.32	3	431	5.66	2.44	890	167	115.52	4	431	6.83	2.94	1074
115	77.96	1	431	3.08	1.33	485	168	116.39	2	431	4.00	1.72	629
116	78.6	5	431	9.50	4.09	1494	169	117.28	3	431	5.66	2.44	890
117	79.24	4	431	6.83	2.94	1074	170	118.17	1	431	3.08	1.33	485
118	79.88	2	431	4.00	1.72	629	171	119.07	5	431	9.50	4.09	1494
119	80.52	3	431	5.66	2.44	890	172	119.98	4	431	6.83	2.94	1074
120	81.16	1	431	3.08	1.33	485	173	120.9	2	431	4.00	1.72	629
121	81.8	5	431	9.50	4.09	1494	174	121.82	3	431	5.66	2.44	890
122	82.44	4	431	6.83	2.94	1074	175	122.76	1	431	3.08	1.33	485
123	83.08	2	431	4.00	1.72	629	176	123.71	5	431	9.50	4.09	1494
124	83.72	3	431	5.66	2.44	890	177	124.68	4	431	6.83	2.94	1074
125	84.36	1	431	3.08	1.33	485	178	125.65	2	431	4.00	1.72	629
126	85.01	5	431	9.50	4.09	1494	179	126.63	3	431	5.66	2.44	890
127	85.66	4	431	6.83	2.94	1074	180	127.63	1	431	3.08	1.33	485
128	86.32	2	431	4.00	1.72	629	181	128.64	5	431	9.50	4.09	1494
129	86.98	3	431	5.66	2.44	890	182	129.66	4	431	6.83	2.94	1074
130	87.64	1	431	3.08	1.33	485	183	130.7	2	431	4.00	1.72	629
131	88.31	5	431	9.50	4.09	1494	184	131.75	3	431	5.66	2.44	890
132	88.98	4	431	6.83	2.94	1074	185	132.82	1	431	3.08	1.33	485
133	89.65	2	431	4.00	1.72	629	186	133.9	5	431	9.50	4.09	1494
134	90.33	3	431	5.66	2.44	890	187	135	4	431	6.83	2.94	1074
135	91.01	1	431	3.08	1.33	485	188	136.12	2	431	4.00	1.72	629
136	91.7	5	431	9.50	4.09	1494	189	137.25	3	431	5.66	2.44	890
137	92.39	4	431	6.83	2.94	1074	190	138.4	1	431	3.08	1.33	485
138	93.09	2	431	4.00	1.72	629	191	139.58	5	431	9.50	4.09	1494
139	93.78	3	431	5.66	2.44	890	192	140.77	4	431	6.83	2.94	1074
140	94.49	1	431	3.08	1.33	485	193	141.99	2	431	4.00	1.72	629
141	95.2	5	431	9.50	4.09	1494	194	143.23	3	431	5.66	2.44	890
142	95.91	4	431	6.83	2.94	1074	195	144.49	1	431	3.08	1.33	485
143	96.62	2	431	4.00	1.72	629	196	145.78	5	431	9.50	4.09	1494
144	97.35	3	431	5.66	2.44	890	197	147.1	4	431	6.83	2.94	1074
145	98.07	1	431	3.08	1.33	485	198	148.45	2	431	4.00	1.72	629
146	98.8	5	431	9.50	4.09	1494	199	149.83	3	431	5.66	2.44	890
147	99.54	4	431	6.83	2.94	1074	200	151.25	1	431	3.08	1.33	485

201	152.7	5	431	9.50	4.09	1494
202	154.2	4	431	6.83	2.94	1074
203	155.74	2	431	4.00	1.72	629
204	157.32	3	431	5.66	2.44	890
205	158.94	1	431	3.08	1.33	485
206	160.62	5	431	9.50	4.09	1494
207	162.38	4	431	6.83	2.94	1074
208	164.23	2	431	4.00	1.72	629
209	166.16	3	431	5.66	2.44	890
210	168.19	1	431	3.08	1.33	485
211	170.31	5	431	9.50	4.09	1494
212	172.55	4	431	6.83	2.94	1074
213	174.9	2	431	4.00	1.72	629
214	176.35	3	274	5.66	1.55	566
215	177.84	1	274	3.08	0.84	308
216	179.37	5	274	9.50	2.60	950
217	180.94	4	274	6.83	1.87	683
218	182.57	2	274	4.00	1.10	400
219	184.26	3	274	5.66	1.55	566
220	185.99	1	274	3.08	0.84	308
221	187.79	5	274	9.50	2.60	950
222	189.65	4	274	6.83	1.87	683
223	191.57	2	274	4.00	1.10	400
224	193.55	3	274	5.66	1.55	566
225	195.61	1	274	3.08	0.84	308
226	197.74	5	274	9.50	2.60	950
227	199.95	4	274	6.83	1.87	683
228	202.23	2	274	4.00	1.10	400
229	204.61	3	274	5.66	1.55	566
230	205.91	1	166	3.08	0.51	187
231	207.22	5	166	9.50	1.58	576
232	208.56	4	166	6.83	1.13	414
233	209.93	2	166	4.00	0.66	242
234	211.33	3	166	5.66	0.94	343
235	212.75	1	166	3.08	0.51	187
236	214.21	5	166	9.50	1.58	576
237	215.7	4	166	6.83	1.13	414
238	217.21	2	166	4.00	0.66	242
239	218.77	3	166	5.66	0.94	343
240	220.35	1	166	3.08	0.51	187
241	221.97	4	166	6.83	1.13	414
242	223.63	2	166	4.00	0.66	242
243	225.32	3	166	5.66	0.94	343
244	227.06	1	166	3.08	0.51	187
245	228.83	4	166	6.83	1.13	414
246	230.64	2	166	4.00	0.66	242
247	232.5	3	166	5.66	0.94	343
248	234.4	1	166	3.08	0.51	187
249	236.35	4	166	6.83	1.13	414
250	238.34	2	166	4.00	0.66	242
251	240.39	3	166	5.66	0.94	343

252	242.48	1	166	3.08	0.51	187
253	244.63	4	166	6.83	1.13	414
254	246.84	2	166	4.00	0.66	242
255	249.1	3	166	5.66	0.94	343
256	251.42	1	166	3.08	0.51	187
257	253.81	4	166	6.83	1.13	414
258	256.26	2	166	4.00	0.66	242
259	258.78	3	166	5.66	0.94	343
260	261.37	1	166	3.08	0.51	187
261	264.03	4	166	6.83	1.13	414
262	266.77	2	166	4.00	0.66	242
263	269.6	3	166	5.66	0.94	343
264	272.5	1	166	3.08	0.51	187
265	275.5	4	166	6.83	1.13	414
266	278.5	2	166	4.00	0.66	242
267	281.5	3	166	5.66	0.94	343
268	284.5	1	166	3.08	0.51	187
269	287.88	2	166	4.00	0.66	242
270	291.38	3	166	5.66	0.94	343
271	295	1	166	3.08	0.51	187
272	298.74	2	166	4.00	0.66	242
273	302.63	3	166	5.66	0.94	343
274	306.63	1	166	3.08	0.51	187
275	310.63	2	166	4.00	0.66	242
276	314.63	3	166	5.66	0.94	343
277	318.63	1	166	3.08	0.51	187
278	322.63	2	166	4.00	0.66	242
279	326.63	3	166	5.66	0.94	343
280	330.63	1	166	3.08	0.51	187
281	334.63	2	166	4.00	0.66	242
282	338.63	3	166	5.66	0.94	343
283	342.63	1	166	3.08	0.51	187
284	348.34	2	166	4.00	0.66	242
285	354.34	1	166	3.08	0.51	187
286	360.34	2	166	4.00	0.66	242
287	366.34	1	166	3.08	0.51	187
288	372.34	2	166	4.00	0.66	242
289	378.34	1	166	3.08	0.51	187
290	384.34	2	166	4.00	0.66	242
291	390.34	1	166	3.08	0.51	187
292	396.34	2	166	4.00	0.66	242
293	405.27	1	166	3.08	0.51	187
294	414.96	1	166	3.08	0.51	187
295	425.47	1	166	3.08	0.51	187
296	436.94	1	166	3.08	0.51	187
297	448.94	1	166	3.08	0.51	187
				107475	612	223319

Πίνακας 5.6:
φωτισμός εξόδου (φωτιστικά 250W) (για 8cd/m²)
 (συμμετρικά φωτιστικά)

no.	x [m]	Ctrl.	load [W]	λειτουργία (h)	kwh/ημέρα	kwh/έτος
1	539	5	274	9.5	2.60	950
2	558	5	274	9.5	2.60	950
3	577	5	274	9.5	2.60	950
4	596	5	274	9.5	2.60	950
5	615	5	274	9.5	2.60	950
6	634	5	274	9.5	2.60	950
7	653	5	274	9.5	2.60	950
8	672	5	274	9.5	2.60	950
9	691	5	274	9.5	2.60	950
			2466		23.4	8551

Πίνακας 5.7:
φωτισμός εξόδου (φωτιστικά 400W) (για 20cd/m²)
 (συμμετρικά φωτιστικά)

no.	x [m]	Ctrl.	load [W]	λειτουργία (h)	kwh/ημέρα	kwh/έτος
1	616	5	431	9.5	4.09	1494
2	635	5	431	9.5	4.09	1494
3	654	5	431	9.5	4.09	1494
4	673	5	431	9.5	4.09	1494
5	692	5	431	9.5	4.09	1494
			2155		20.5	7472
no.	x [m]	Ctrl.	load [W]	λειτουργία (h)	kwh/ημέρα	kwh/έτος
1	617	5	431	9.5	4.09	1494
2	636	5	431	9.5	4.09	1494
3	655	5	431	9.5	4.09	1494
4	674	5	431	9.5	4.09	1494
5	693	5	431	9.5	4.09	1494
			2155		20.5	7472

Από τον πίνακα 5.5 για τον φωτισμό στη ζώνη προσαρμογής (ασύμμετρα φωτιστικά), μπορεί κάποιος να παρατηρήσει, ότι τα φωτιστικά είναι τοποθετημένα με συγκεκριμένη σειρά, ανάλογα με το group στο οποίο ανήκουν (τα group 6 και 7 είναι μόνιμα αναμμένα όταν υπάρχει ζώνη προσαρμογής). Συγκεκριμένα η σειρά είναι η εξής:

[5-4-2-3-1]	[4-2-3-1]	[2-3-1]	[2-1]	[1]
(0-214m)	(215-276m)	(278-342m)	(348-396m)	(405-448m)

Αυτό συμβαίνει γιατί ανάλογα με το stage στο οποίο βρισκόμαστε, το μήκος του διαστήματος προσαρμογής αλλάζει. Όταν δηλαδή λειτουργεί το stage 1 όπου η λαμπρότητα $L_{th}=269\text{cd/m}^2$ είναι μεγάλη, χρειάζεται μεγαλύτερο μήκος για να μειωθεί σταδιακά ο φωτισμός στις 4cd/m^2 του φωτισμού της εσωτερικής ζώνης, απ' ότι όταν λειτουργεί το stage 5 με $L_{th}=53.8\text{cd/m}^2$.

Συγκεκριμένα, το μήκος του διαστήματος προσαρμογής ανάλογα με το stage είναι:

stage 5 :	206m
stage 4 :	276m
stage 3 :	335m
stage 2 :	389m
stage 1 :	440m

Έτσι εύκολα εξηγείται γιατί φωτιστικά του group 5 υπάρχουν μόνο μέχρι τα 214m. Αφού όταν είναι ενεργοποιημένο το stage 5, το διάστημα προσαρμογής είναι 206m, και έπειτα από αυτή την απόσταση δεν χρειάζεται να ανάβει άλλο φωτιστικό από τα group 1 έως 5. Όμοια συμβαίνει και με τα υπόλοιπα group. Ειδικά για το group 1, στις θέσεις 405-448m υπάρχουν μόνο φωτιστικά του group 1, αφού το διάστημα αυτό αποτελεί μέρος του διαστήματος προσαρμογής, μόνο για το stage 1.

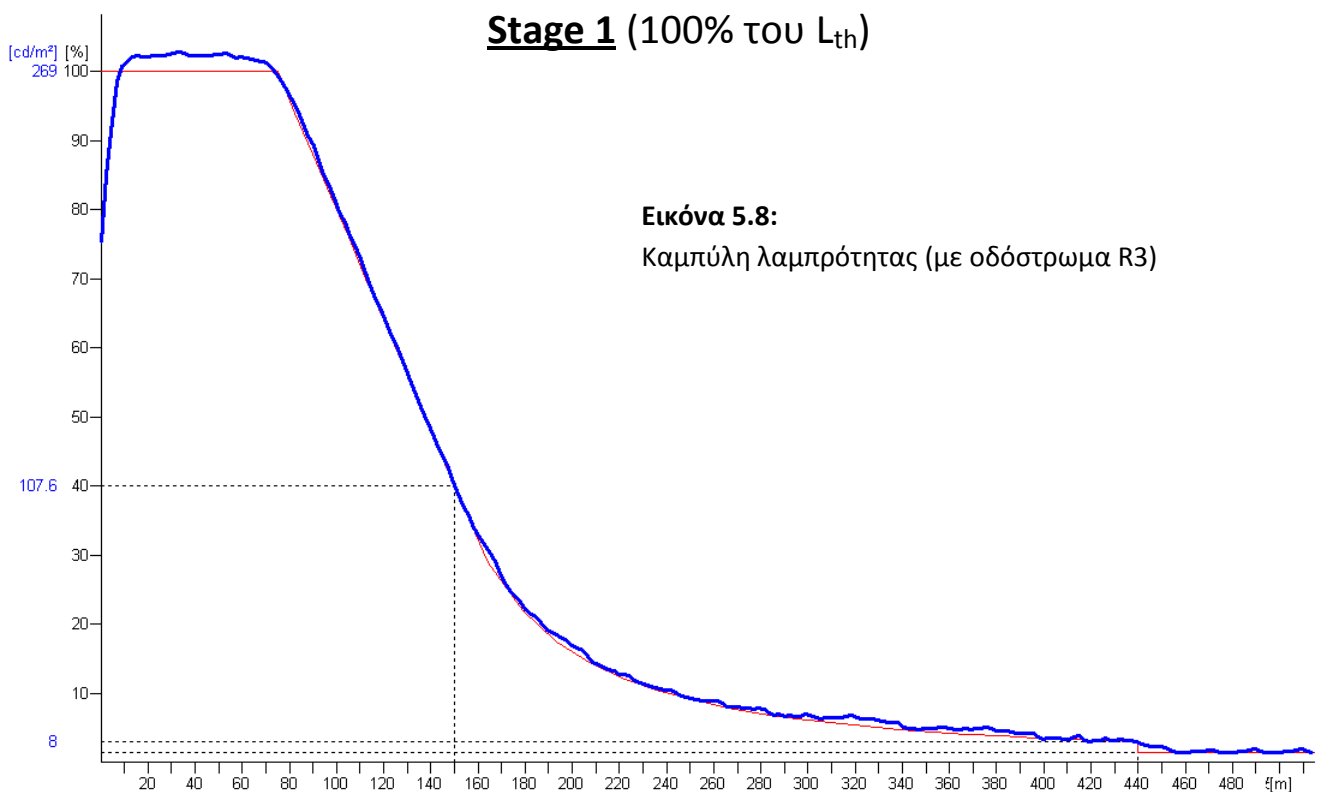
Βέβαια είναι λογικό πως όταν μεταβαίνω από το stage 5 προς το stage 1, βελτιώνεται η ομοιομορφία, αφού τα φωτιστικά θα γίνονται ολοένα και πυκνότερα.

Το θέμα αυτό της ομοιομορφίας, αλλά και το διαφορετικό μήκος του διαστήματος προσαρμογής, φαίνονται εύκολα και από τις καμπύλες λαμπρότητας για κάθε stage.

Θα ακολουθήσουν λοιπόν οι καμπύλες αυτές μαζί με τα βασικά χαρακτηριστικά που εξετάζονται, δηλαδή ομοιομορφία της λαμπρότητας στο οδόστρωμα, μέση λαμπρότητα του οδοστρώματος και των τοίχων σε ύψος 2m, καθώς και της θάμβωσης. (Επειδή και πάλι για τις μετρήσεις της λαμπρότητας υπάρχουν δύο παρατηρητές, ένας στο μέσο κάθε λωρίδας, κάποιες φορές μπορεί να παραλείπεται ο ένας από τους δύο αν τα αποτελέσματα είναι πολύ κοντινά ή θα χρησιμοποιείται αυτός με τα χειρότερα αποτελέσματα).

Για όλα τα stages οι μετρήσεις στην εσωτερική ζώνη (interior zone) είναι ίδιες για τα stages 1, 2, 3, 4, 5 και twilight. Γι' αυτό θα παρουσιαστούν μόνο μία φορά στο stage twilight. Από την άλλη, οι μετρήσεις στη ζώνη εξόδου (exit zone), είναι ίδιες για τα stages 1, 2, 3, 4 και 5 αφού μόνο σε αυτά τα stage λειτουργούν τα φωτιστικά στην έξοδο και είναι πάντα όλα αναμμένα. Επομένως τα αποτελέσματα στη ζώνη εξόδου θα παρουσιαστούν μόνο στο stage 1.

Επίσης, οι καμπύλες που ακολουθούν αφορούν τις δύο πρώτες ζώνες της σήραγγας, δηλαδή κατωφλίου και μετάβασης, και λαμβάνονται από κινούμενο παρατηρητή. Αυτό συμβαίνει, γιατί η απόσταση των φωτιστικών συνεχώς μεταβάλλεται και δεν έχει έννοια να μετρήσουμε σε ένα συγκεκριμένο διάστημα τις ομοιομορφίες. Έχει όμως έννοια να παρουσιαστούν τα αποτελέσματα της λαμπρότητας στο πρώτο και σταθερό κομμάτι της ζώνης κατωφλίου ($SD/2=75m$), όπως και θα γίνει.



Πίνακας 5.8: Threshold zone (constant)

Measuring range: 29.96m - 45.32m (observer x=-30.04m, z=1.50m)

Roadway R3 (r=0.7)		
Luminance average	Lav (>269)	272
Luminance min/average U0	U0 (>0.4)	0.62
Longitudinal uniformity (Lmin/Lmax) UI	UI (>0.6)	0.99
Threshold increment TI% (max)	TI% (<15)	2.40
Wall left (diffus 50%)		
Luminance average	Lav (>60% Lav_{road})	313
Luminance min/average U0	U0 (>0.4)	0.9
Wall right (diffus 50%)		
Luminance average	Lav (>60% Lav_{road})	339
Luminance min/average U0	U0 (>0.4)	0.91

Πίνακας 5.9: Exit zone

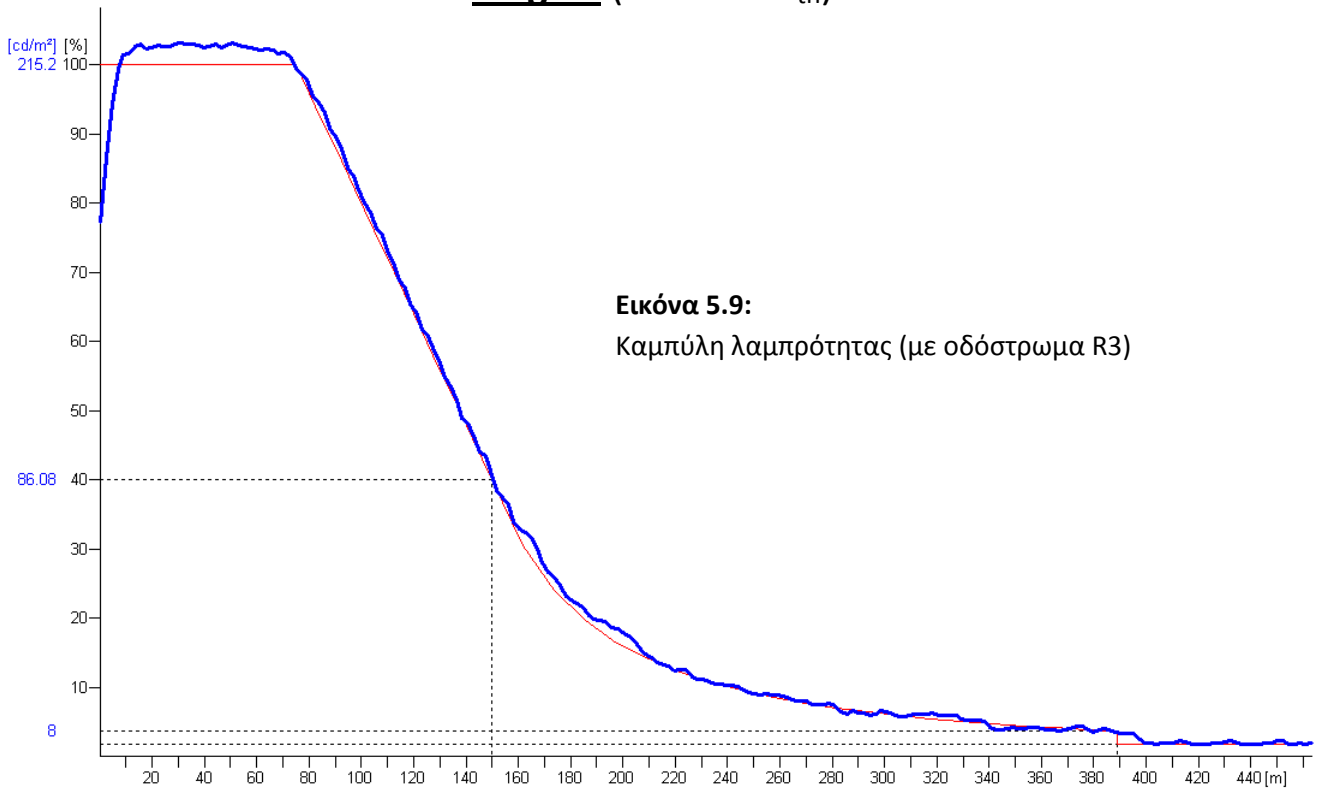
Measuring range: 539m - 558m
(observer x=479m, z=1.50m)

Measuring range: 635m - 654m
(observer x=575m, z=1.50m)

Roadway R3 (8cd/m²)	
Lav	8.24
U0 (>0.4)	0.47
UI (>0.6)	0.71
TI% (<15)	5.44
Wall left	
Lav (>60% Lav _{road})	10.28
U0 (>0.4)	0.75
Wall right	
Lav (>60% Lav _{road})	11.52
U0 (>0.4)	0.67

Roadway R3 (20cd/m²)	
Lav	21.68
U0 (>0.4)	0.46
UI (>0.6)	0.72
TI% (<15)	4.17
Wall left	
Lav (>60% Lav _{road})	26.18
U0 (>0.4)	0.77
Wall right	
Lav (>60% Lav _{road})	30.47
U0 (>0.4)	0.68

Η ζώνη εξόδου είναι ίδια για τα stages από 1 έως 5. Στα stage twilight και night, δεν υφίσταται ζώνη εξόδου, καθώς όλη η σήραγγα θεωρείται ως μία εσωτερική ζώνη με σταθερή μέση λαμπρότητα σε όλο το μήκος της.

Stage 2 (80% του L_{th})

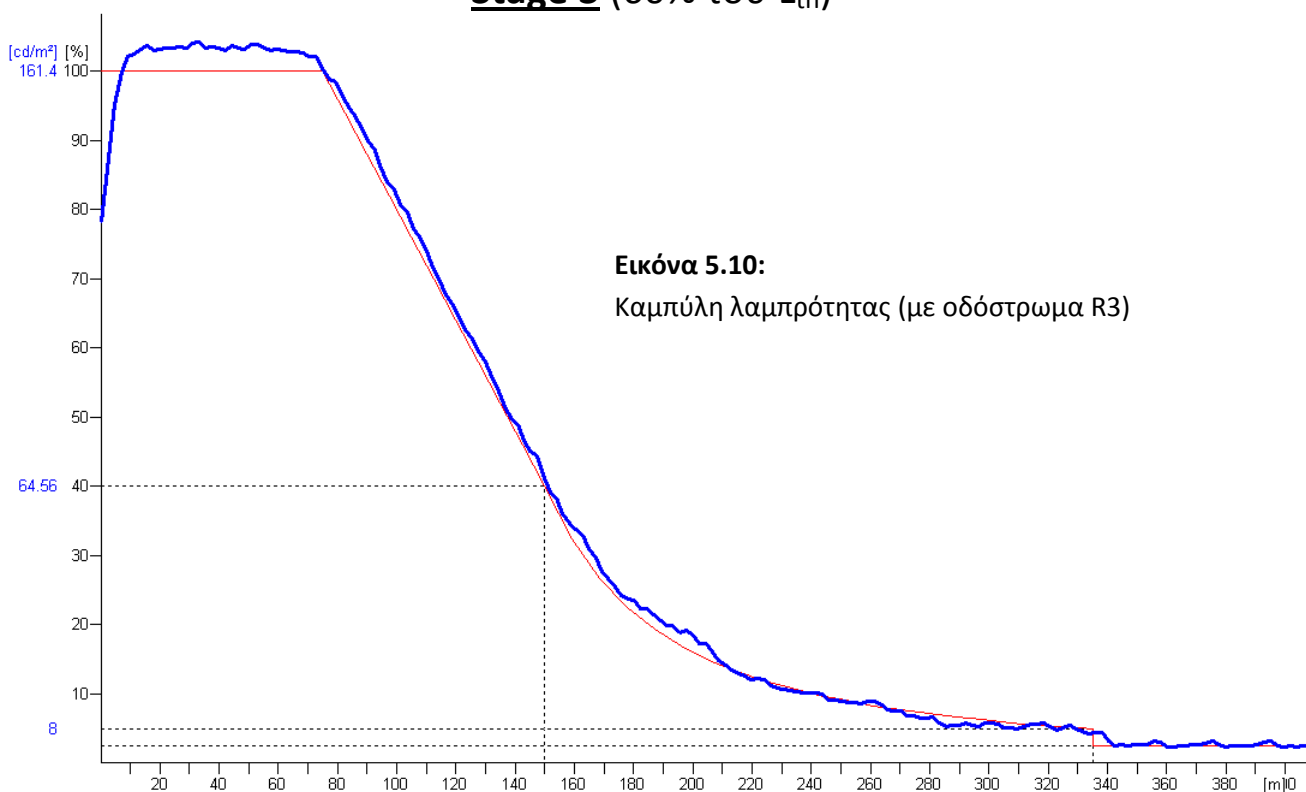
Εικόνα 5.9:
Καμπύλη λαμπρότητας (με οδόστρωμα R3)

Πίνακας 5.10: Threshold zone (constant)

Measuring range: 29.96m - 45.32m (observer $x=-30.04m$, $z=1.50m$)

Roadway R3 ($r=0.7$)	
Lav (>215)	218.59
U0 (>0.4)	0.62
UI (>0.6)	0.99
TI% (<15)	2.40
Wall left (diffus 50%)	
Lav (>60% Lav _{road})	252.25
U0 (>0.4)	0.89
Wall right (diffus 50%)	
Lav (>60% Lav _{road})	272.91
U0 (>0.4)	0.9

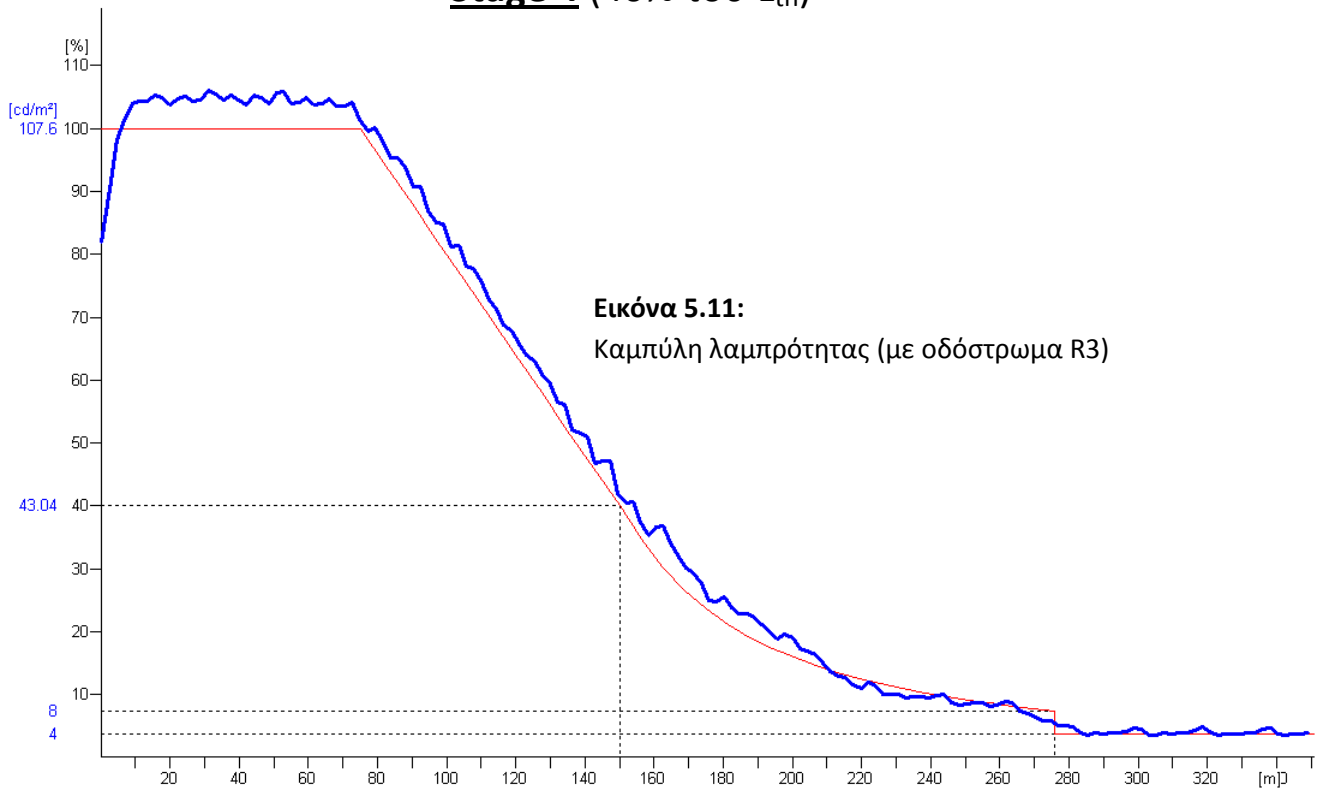
Stage 3 (60% του L_{th})



Πίνακας 5.11: Threshold zone (constant)

Measuring range: 29.96m - 45.32m (observer $x=-30.04m$, $z=1.50m$)

Roadway R3 ($r=0.7$)	
Lav (>161)	165.02
U0 (>0.4)	0.62
UI (>0.6)	0.98
TI% (<15)	2.40
Wall left (diffus 50%)	
Lav (>60% Lav _{road})	190.53
U0 (>0.4)	0.89
Wall right (diffus 50%)	
Lav (>60% Lav _{road})	206.22
U0 (>0.4)	0.9

Stage 4 (40% του L_{th})

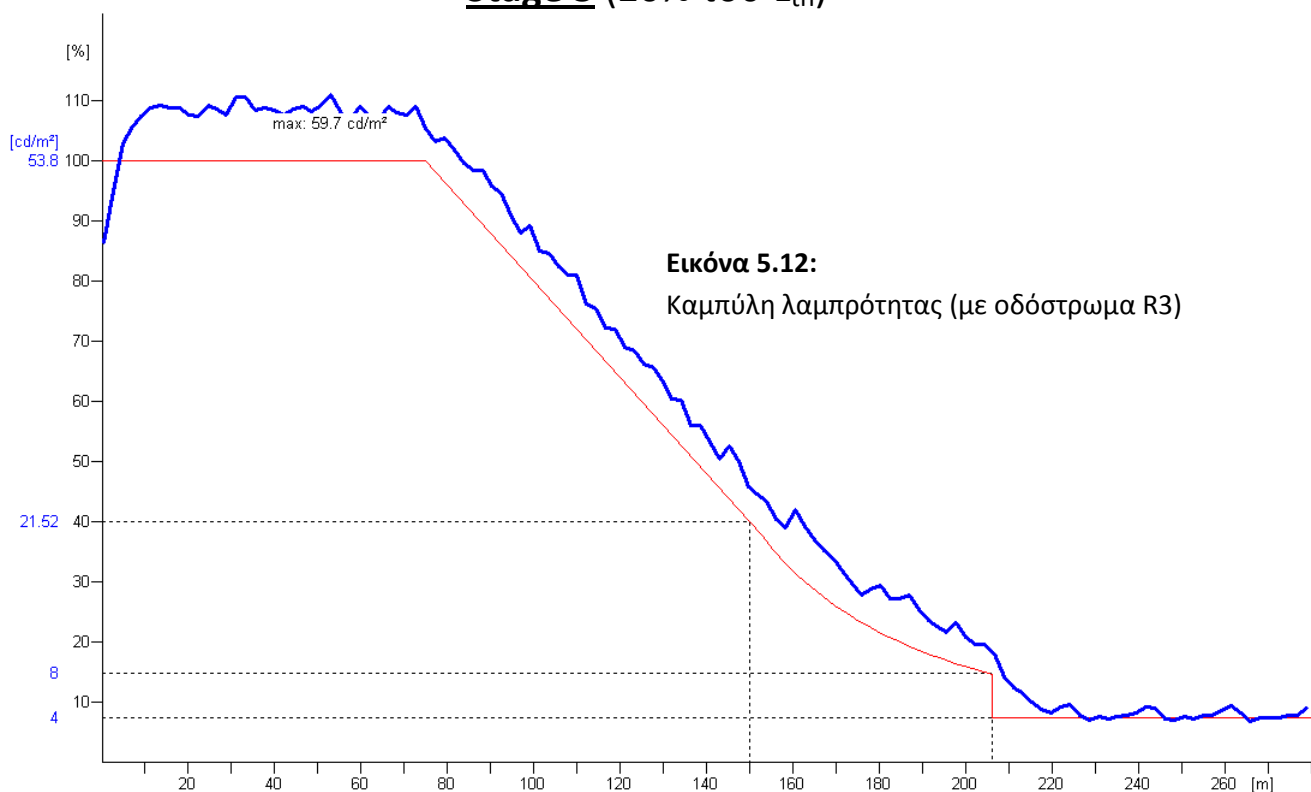
Εικόνα 5.11:
Καμπύλη λαμπρότητας (με οδόστρωμα R3)

Πίνακας 5.12: Threshold zone (constant)

Measuring range: 29.96m - 45.32m (observer $x=-30.04m$, $z=1.50m$)

Roadway R3 ($r=0.7$)	
Lav (>108)	111.50
U0 (>0.4)	0.62
UI (>0.6)	0.98
TI% (<15)	2.40
Wall left (diffus 50%)	
Lav (>60% Lav _{road})	128.90
U0 (>0.4)	0.87
Wall right (diffus 50%)	
Lav (>60% Lav _{road})	139.55
U0 (>0.4)	0.89

Stage 5 (20% του L_{th})

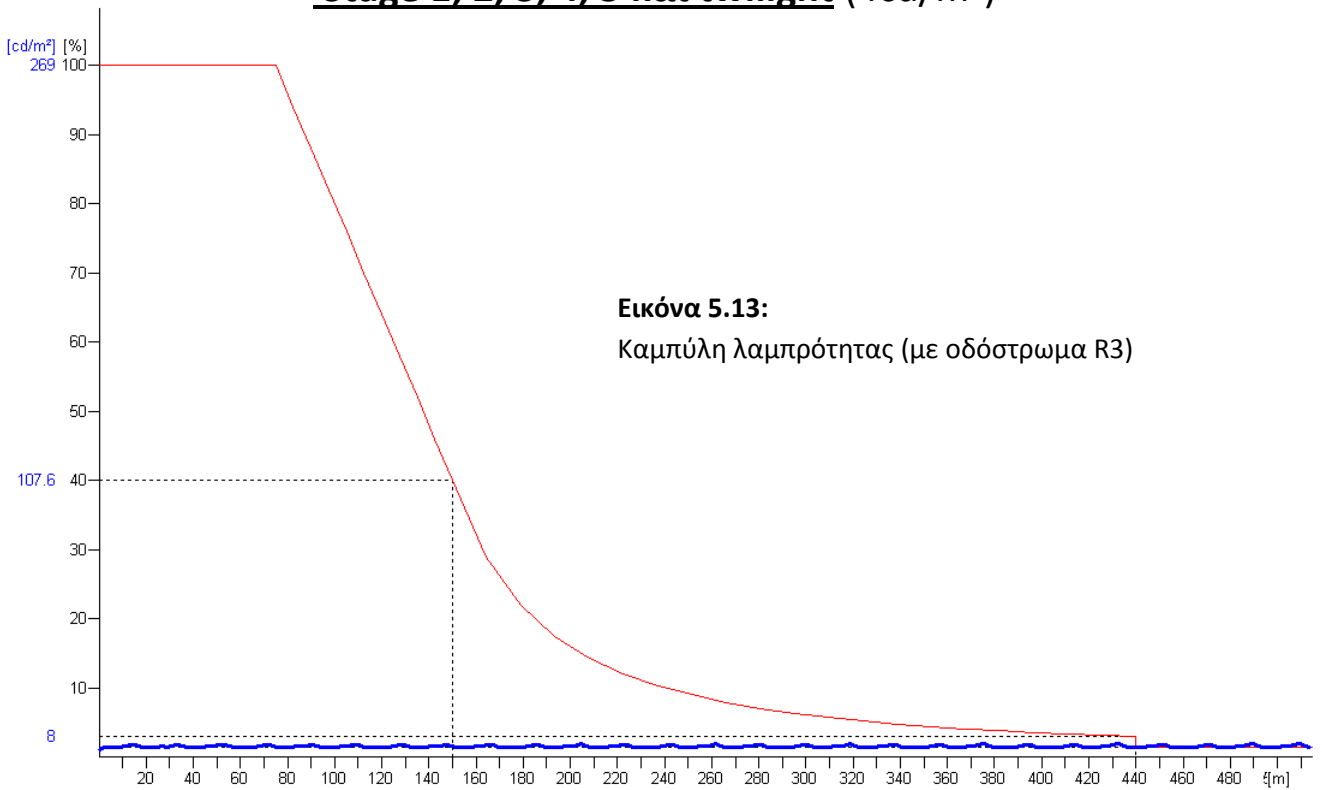


Πίνακας 5.13: Threshold zone (constant)

Measuring range: 29.96m - 45.32m (observer $x=-30.04m$, $z=1.50m$)

Roadway R3 ($r=0.7$)	
Lav (>54)	57.96
U0 (>0.4)	0.61
UI (>0.6)	0.96
TI% (<15)	2.40
Wall left (diffus 50%)	
Lav (>60% Lav _{road})	66.90
U0 (>0.4)	0.87
Wall right (diffus 50%)	
Lav (>60% Lav _{road})	72.59
U0 (>0.4)	0.87

Stage 1, 2, 3, 4, 5 και twilight (4cd/m²)



Εικόνα 5.13:
Καμπύλη λαμπρότητας (με οδόστρωμα R3)

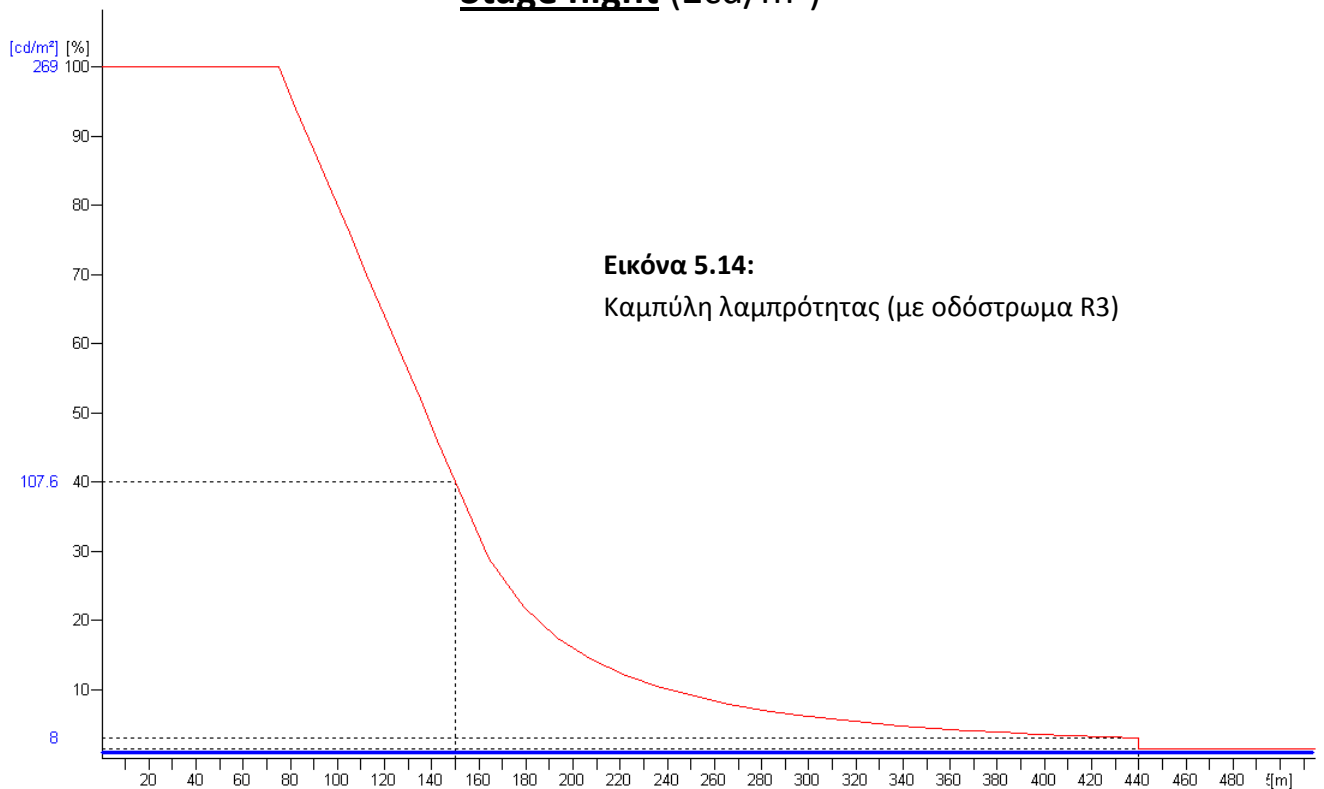
Πίνακας 5.14: Interior zone

Measuring range: 480m - 499m (observer $x=420\text{m}$, $z=1.50\text{m}$)

Roadway R3 (r=0.7)	
Lav (>4)	4.27
U0 (>0.4)	0.47
UI (>0.6)	0.67
TI% (<15)	6.96
Wall left (diffus 50%)	
Lav (>60% Lav _{road})	5.33
U0 (>0.4)	0.74
Wall right (diffus 50%)	
Lav (>60% Lav _{road})	5.97
U0 (>0.4)	0.66

Ολόκληρη η σήραγγα στο stage twilight, έχει μόνο μία ζώνη την εσωτερική. Επίσης τα αποτελέσματα που φαίνονται ακριβώς από πάνω, αντιπροσωπεύουν και την εσωτερική ζώνη καθενός stage από το 1 έως το 5 (το μήκος βέβαια της εσωτερικής ζώνης, όπως έχει αναφερθεί μεταβάλλεται αναλόγως το stage).

Stage night (2cd/m^2)



Εικόνα 5.14:

Καμπύλη λαμπρότητας (με οδόστρωμα R3)

Πίνακας 5.15: Interior zone

Measuring range: 480m - 499m (observer $x=420\text{m}$, $z=1.50\text{m}$)

Roadway R3 ($r=0.7$)	
Lav (>2)	2.13
U0 (>0.4)	0.46
UI (>0.6)	0.66
TI% (<15)	6.96
Wall left (diffus 50%)	
Lav (>60% Lav _{road})	2.66
U0 (>0.4)	0.74
Wall right (diffus 50%)	
Lav (>60% Lav _{road})	3.00
U0 (>0.4)	0.66

Στο stage night, η σήραγγα θεωρείται σε όλο το μήκος της σαν μία εσωτερική ζώνη, με σταθερή μέση λαμπρότητα 2cd/m^2 .

Υπολογισμός κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας

Από τους πίνακες που έχουν προηγηθεί και στους οποίους φαίνονται τα τοποθετημένα φωτιστικά και οι ώρες λειτουργίας τους, προκύπτουν τα επόμενα συγκεντρωτικά αποτελέσματα για το οδόστρωμα R3:

Πίνακας 5.16: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στη σήραγγα με **οδόστρωμα R3**

φωτισμός	πλήθος φωτιστικών	εγκατεστημένη ισχύς (kWh)	kWh/ ημέρα	kWh/ έτος	kWh/ 30 έτη	MWh/ 30 έτη
night (symm)	37	6142	147.4	53804	1614118	1614.1
twilight (symm)	37	6142	98.3	35869	1076078	1076.1
προσαρμογής (asymm)	297	107475	611.8	223319	6699564	6699.6
εξόδου (250W) (symm)	9	2466	23.4	8551	256526	256.5
εξόδου (400W) (symm)	5	2155	20.5	7472	224174	224.2
εξόδου (400W) (symm)	5	2155	20.5	7472	224174	224.2
Σύνολο	390	126535	922	336488	10094633	10095

(όπου στο Σύνολο έγινε στρογγυλοποίηση στη δεκάδα)

5.2.1 1^ο Σενάριο

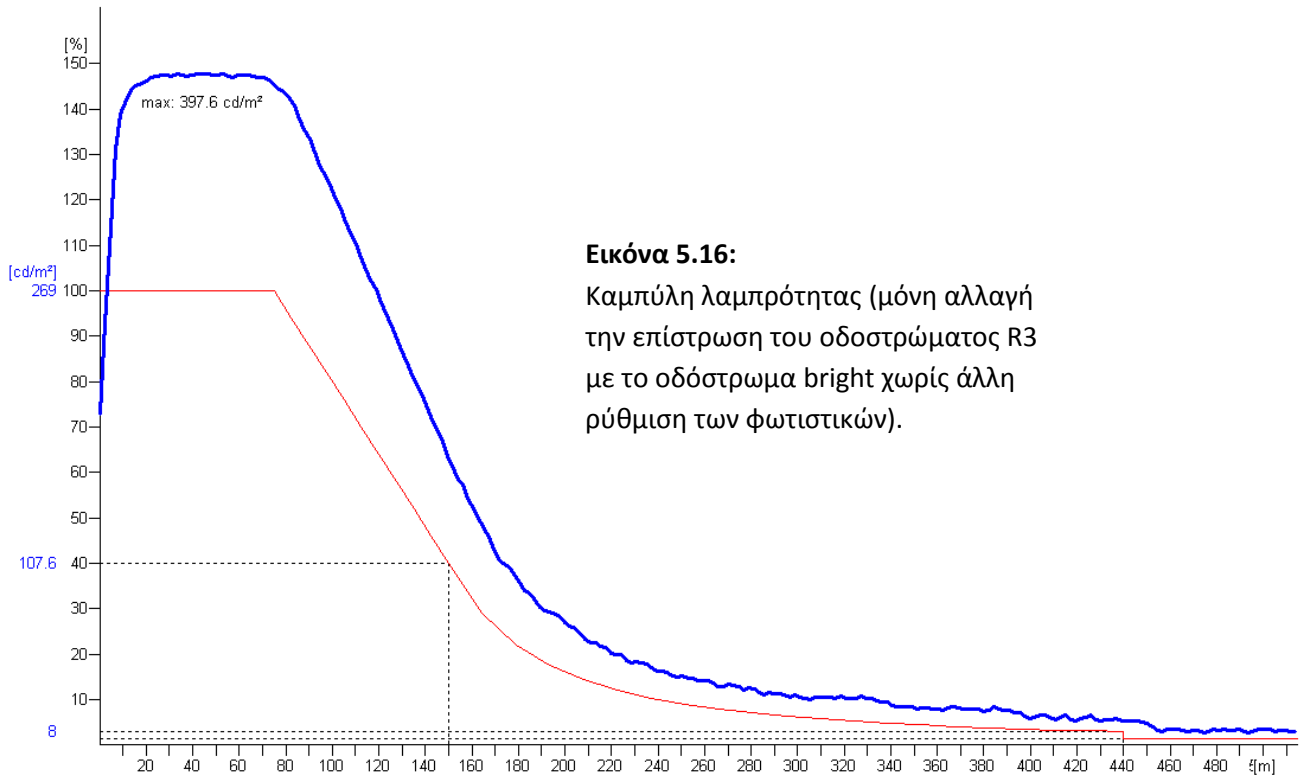
Η σήραγγα που μελετήθηκε προηγουμένως, με οδόστρωμα R3, θεωρείται ότι είναι ήδη κατασκευασμένη, ενώ τα φωτιστικά έχουν τοποθετηθεί όπως έχουν οριστεί από την μελέτη φωτισμού της σήραγγας. Το πρώτο λοιπόν σενάριο αναφέρεται στο εξής: Διατηρείται αναλλοίωτη η προϋπάρχουσα εγκατάσταση των φωτιστικών, χωρίς να μετακινηθούν από τη θέση στην οποία βρίσκονται. Η αλλαγή που γίνεται, είναι η επικάλυψη του οδοστρώματος R3, με το bright οδόστρωμα. Ερευνάται λοιπόν το πώς θα εξοικονομηθεί ηλεκτρική ενέργεια, ώστε τελικά να υπάρξει οικονομικό όφελος.

Σημαντική προϋπόθεση:

- Θεωρείται ότι το καινούριο οδόστρωμα (bright), λερώνεται με τον ίδιο ρυθμό, σε σχέση με το R3. Αυτό σημαίνει ότι ο συντελεστής SMF παραμένει σταθερός, άρα και ο συντελεστής συντήρησης r παραμένει στο 0.7 .

Αρχικά λοιπόν γίνεται η **αντικατάσταση του οδοστρώματος σε bright**. Παρατηρείται μία αρκετά μεγάλη αύξηση στη λαμπρότητα του οδοστρώματος, ταυτόχρονα όμως παρατηρείται γενικά μία βελτίωση στην ομοιομορφία και στη θάμβωση. Ακολουθούν ενδεικτικά η καμπύλη για τη ζώνη προσαρμογής στο stage 1 και οι νέες τιμές συγκριτικά με το οδόστρωμα R3 για τις διάφορες ζώνες της σήραγγας:

Stage 1 (100% του L_{th})



Εικόνα 5.16:

Καμπύλη λαμπρότητας (μόνη αλλαγή την επιστροφή του οδοστρώματος R3 με το οδόστρωμα bright χωρίς άλλη ρύθμιση των φωτιστικών).

Πίνακας 5.17: Threshold zone (constant)

Measuring range: 29.96m - 45.32m (observer x=-30.04m, z=1.50m)

	R3	bright	αύξηση
Roadway			
Lav (>269)	272	395.5	45.4%
U0 (>0.4)	0.62	0.82	
UI (>0.6)	0.99	0.99	
TI% (<15)	2.40	1.62	
Wall left			
Lav (>60% Lav _{road})	313	330.5	5.6%
U0 (>0.4)	0.9	0.88	
Wall right			
Lav (>60% Lav _{road})	339	356.7	5.2%
U0 (>0.4)	0.91	0.89	

Πίνακας 5.18: Exit zone

Measuring range: 539m - 558m
(observer x=479m, z=1.50m)

Roadway	R3	bright	αύξηση
Lav	8.24	16.60	101.5%
U0 (>0.4)	0.47	0.61	
UI (>0.6)	0.71	0.78	
TI% (<15)	5.44	2.65	
Wall left			
Lav (>60% Lav _{road})	10.28	10.86	5.6%
U0 (>0.4)	0.75	0.73	
Wall right			
Lav (>60% Lav _{road})	11.52	12.18	5.7%
U0 (>0.4)	0.67	0.66	

Measuring range: 635m - 654m
(observer x=575m, z=1.50m)

Roadway	R3	bright	αύξηση
Lav	21.68	43.88	102.4%
U0 (>0.4)	0.46	0.6	
UI (>0.6)	0.72	0.79	
TI% (<15)	4.17	2.02	
Wall left			
Lav (>60% Lav _{road})	26.18	27.70	5.8%
U0 (>0.4)	0.77	0.75	
Wall right			
Lav (>60% Lav _{road})	30.47	32.27	5.9%
U0 (>0.4)	0.68	0.66	

Η ζώνη εξόδου είναι ίδια για τα stages από 1 έως 5.

Stage 2 (80% του L_{th})

Πίνακας 5.19: Threshold zone (constant)

Measuring range: 29.96m - 45.32m (observer x=-30.04m, z=1.50m)

Roadway	R3	bright	αύξηση
Lav (>215)	218.59	318.37	45.6%
U0 (>0.4)	0.62	0.81	
UI (>0.6)	0.99	0.99	
TI% (<15)	2.40	1.62	
Wall left			
Lav (>60% Lav _{road})	252.25	265.65	5.3%
U0 (>0.4)	0.89	0.87	
Wall right			
Lav (>60% Lav _{road})	272.91	286.77	5.1%
U0 (>0.4)	0.9	0.88	

Stage 3 (60% του L_{th})

Πίνακας 5.20: Threshold zone (constant)

Measuring range: 29.96m - 45.32m (observer x=-30.04m, z=1.50m)

Roadway	R3	bright	αύξηση
Lav (>161)	165.02	240.93	46.0%
U0 (>0.4)	0.62	0.81	
UI (>0.6)	0.98	0.98	
TI% (<15)	2.40	1.62	
Wall left			
Lav (>60% Lav _{road})	190.53	200.66	5.3%
U0 (>0.4)	0.89	0.87	
Wall right			
Lav (>60% Lav _{road})	206.22	216.70	5.1%
U0 (>0.4)	0.9	0.88	

Stage 4 (40% του L_{th})

Πίνακας 5.21: Threshold zone (constant)

Measuring range: 29.96m - 45.32m (observer x=-30.04m, z=1.50m)

Roadway	R3	bright	αύξηση
Lav (>108)	111.50	163.58	46.7%
U0 (>0.4)	0.62	0.8	
UI (>0.6)	0.98	0.97	
TI% (<15)	2.40	1.62	
Wall left			
Lav (>60% Lav _{road})	128.90	135.76	5.3%
U0 (>0.4)	0.87	0.86	
Wall right			
Lav (>60% Lav _{road})	139.55	146.66	5.1%
U0 (>0.4)	0.89	0.87	

Stage 5 (20% του L_{th})**Πίνακας 5.22: Threshold zone (constant)**

Measuring range: 29.96m - 45.32m (observer x=-30.04m, z=1.50m)

Roadway	R3	bright	αύξηση
Lav (>54)	57.96	86.25	48.8%
U0 (>0.4)	0.61	0.79	
UI (>0.6)	0.96	0.96	
TI% (<15)	2.40	1.62	
Wall left			
Lav (>60% Lav _{road})	66.90	70.49	5.4%
U0 (>0.4)	0.87	0.85	
Wall right			
Lav (>60% Lav _{road})	72.59	76.34	5.2%
U0 (>0.4)	0.87	0.85	

Stage 1, 2, 3, 4, 5 και twilight**Πίνακας 5.23: Interior zone**

Measuring range: 480m - 499m (observer x=420m, z=1.50m)

Roadway	R3	bright	αύξηση
Lav (>4)	4.27	8.65	102.6%
U0 (>0.4)	0.47	0.6	
UI (>0.6)	0.67	0.73	
TI% (<15)	6.96	3.41	
Wall left			
Lav (>60% Lav _{road})	5.33	5.63	5.6%
U0 (>0.4)	0.74	0.72	
Wall right			
Lav (>60% Lav _{road})	5.97	6.32	5.9%
U0 (>0.4)	0.66	0.65	

Ολόκληρη η σήραγγα στο stage twilight, θεωρείται ως μία εσωτερική ζώνη.

Stage night

Πίνακας 5.24: Interior zone

Measuring range: 480m - 499m (observer x=420m, z=1.50m)

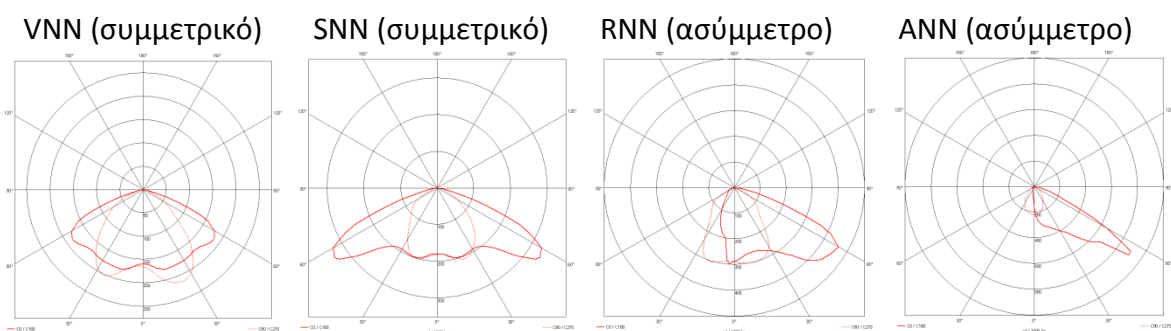
Roadway	R3	bright	αύξηση
Lav (>2)	2.13	4.33	103.3%
U0 (>0.4)	0.46	0.58	
UI (>0.6)	0.66	0.73	
TI% (<15)	6.96	3.41	
Wall left			
Lav (>60% Lav _{road})	2.66	2.82	6.0%
U0 (>0.4)	0.74	0.72	
Wall right			
Lav (>60% Lav _{road})	3.00	3.17	5.7%
U0 (>0.4)	0.66	0.64	

Στο stage night, η σήραγγα θεωρείται σε όλο το μήκος της σαν μία εσωτερική ζώνη.

Αυτό που μπορεί εύκολα κανείς να παρατηρήσει είναι ότι δεν υπάρχει ίδια αύξηση της λαμπρότητας σε όλες τις ζώνες της σήραγγας, παρ' ότι οι ανακλαστικές ιδιότητες του οδοστρώματος είναι οι ίδιες σε όλο το μήκος της σήραγγας. Επίσης, είναι φανερό ότι στα stages 1, 2, 3, 4, και 5 στα οποία εξετάζεται η ζώνη κατωφλίου, η αύξηση της μέσης λαμπρότητας είναι η ίδια και μάλιστα της τάξης του 45%. Στην ζώνη εξόδου όμως και στην εσωτερική ζώνη, παρατηρείται και πάλι αύξηση, αυτή όμως τη φορά της τάξης του 102%. Τα παραπάνω οδηγούν στο συμπέρασμα, ότι παίζουν σημαντικό ρόλο οι ιδιότητες του οδοστρώματος, αλλά εξίσου σημαντικό ρόλο παίζουν τα φωτιστικά, καθώς στην πρώτη περίπτωση είναι ασύμμετρα και στη δεύτερη συμμετρικά.

Πράγματι εξετάστηκαν κάποια φωτιστικά της INDAL της ίδιας κατηγορίας, δηλαδή Metis 2816, και διαπιστώθηκε όπως φαίνεται παρακάτω, ότι όσο πιο ασύμμετρο είναι ένα φωτιστικό, δηλαδή όσο πιο κατευθυνόμενη είναι η δέσμη του, τόσο μικρότερη είναι και η αύξηση της λαμπρότητας. Εξαρτάται δηλαδή από το πολικό διάγραμμα.

Ακολουθούν με φθίνουσα σειρά στην ποσοστιαία αύξηση της λαμπρότητας, τα φωτιστικά που εξετάστηκαν:

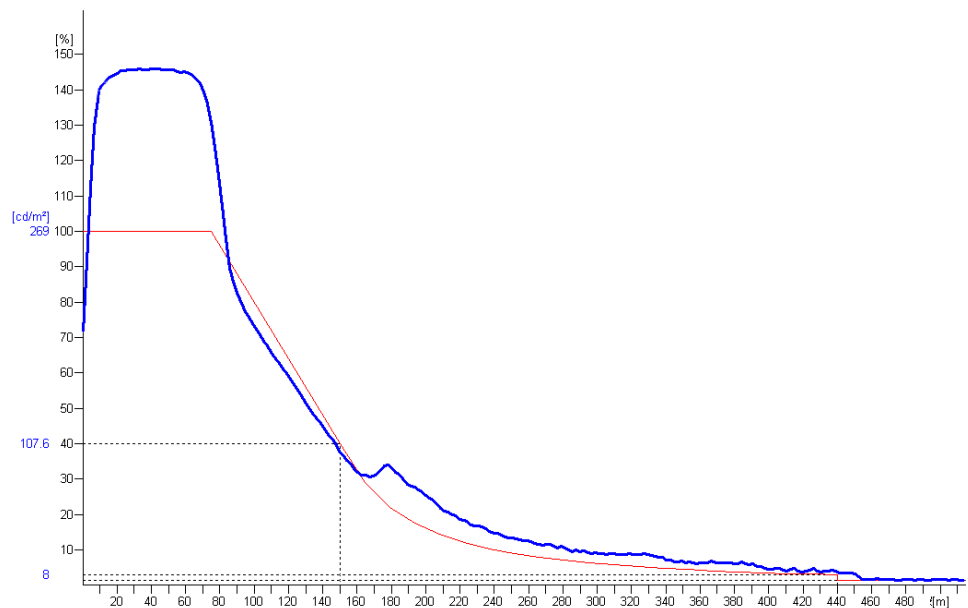


Εξοικονόμηση ενέργειας με αντικατάσταση λαμπτήρων

Έπειτα από αυτή την παρατήρηση εξετάστηκε το αν θα μπορούσε να υπάρξει εξοικονόμηση ενέργειας, αντικαθιστώντας τους παλιούς λαμπτήρες με νέους μικρότερης ισχύος (χρειάζεται επίσης αντικατάσταση του ballast, του εκκινητή και του πυκνωτή).

Έγινε αντικατάσταση λοιπόν των λαμπτήρων των 400W στο σταθερό κομμάτι της ζώνης κατωφλίου, με νέους των 250W (η αμέσως μικρότερη ισχύς). Όμως η μέση λαμπρότητα έπεφτε στις 246cd/m² (όπως ήταν αναμενόμενο μειώθηκε αναλογικά κατά 60%, αφού $400/250=1.6$), δηλαδή κάτω από το όριο των 272cd/m². Αφού δεν πληρούνταν οι προδιαγραφές για αυτή την περίπτωση, έγινε αντικατάσταση των λαμπτήρων των 400W επόμενο κομμάτι της ζώνης κατωφλίου και όπως φαίνεται και στη

διπλανή εικόνα 5.24 και πάλι η λαμπρότητα έπεσε κάτω από τα όρια των προδιαγραφών. Ομοίως συνέβη και στο υπόλοιπο κομμάτι όπου τα φωτιστικά των 150W αντικαταστάθηκαν με νέα των 100W.



Εικόνα 5.24: Καμπύλη λαμπρότητας με μείωση της ισχύος κάποιων φωτιστικών στο οδόστρωμα bright.

Επομένως για την συγκεκριμένη περίπτωση σήραγγας, αφού δεν πληρούνται οι προδιαγραφές, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτός ο τρόπος για εξοικονόμηση ενέργειας.

Εξοικονόμηση ενέργειας με επαναρύθμιση των group

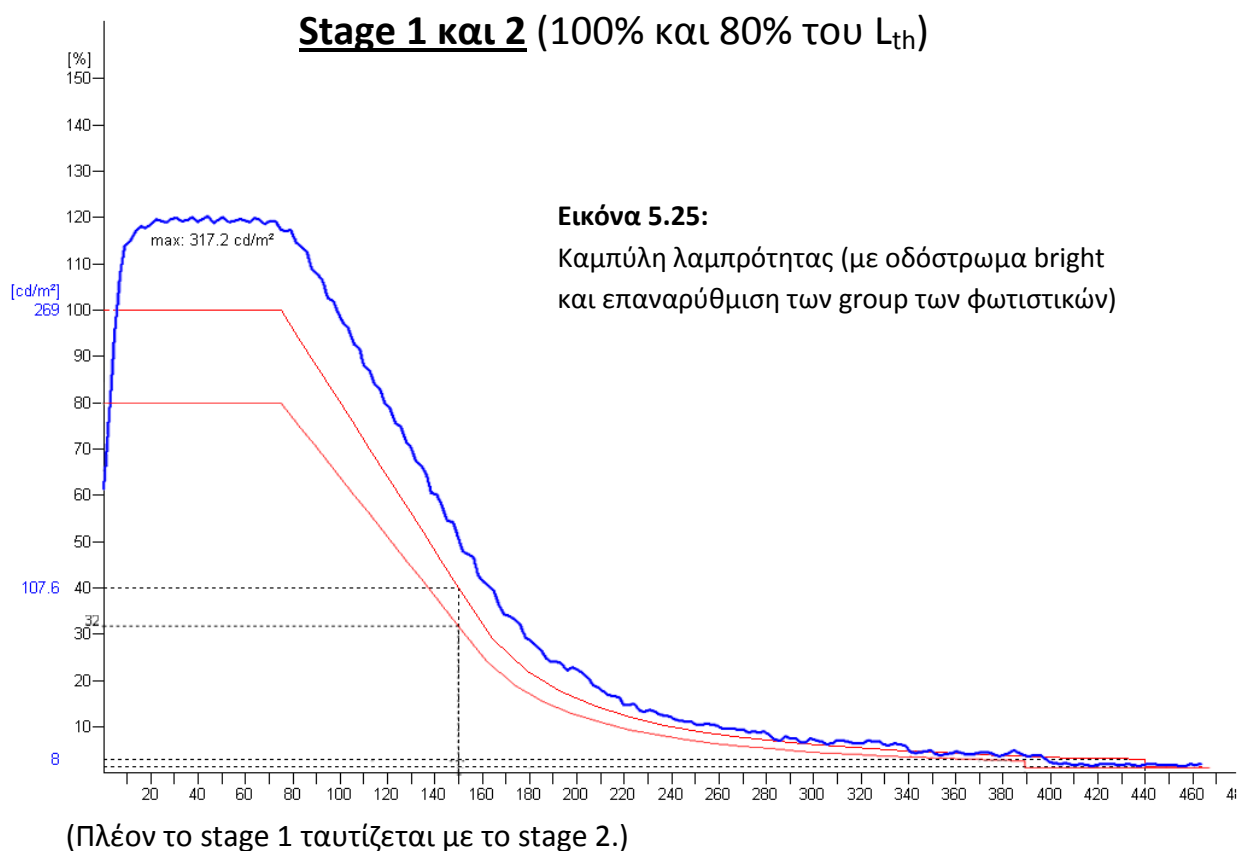
Όμως στην προκειμένη περίπτωση της σήραγγας, μπορεί να γίνει εξοικονόμηση ενέργειας με πολύ εύκολο τρόπο, χωρίς κανένα κόστος εργασίας ή υλικών. Αυτό μπορεί να γίνει, καταργώντας κάποια groups φωτιστικών μέσω του scada που ρυθμίζει την λειτουργία τους.

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα προκύπτουν κάποια συμπεράσματα τα οποία και χρησιμοποιούνται. Καταρχήν, είναι φανερό ότι τα φωτιστικά που είναι για το stage night (group 7), πλέον αποδίδουν 4cd/m^2 αντί για 2cd/m^2 . Επομένως τα φωτιστικά αυτά είναι αρκετά για να ικανοποιούν τις ανάγκες και των δύο stage night και twilight. Άρα το group 6 μπορεί να καταργηθεί.

Επίσης φαίνεται ότι το stage 2 στο οποίο η μέση λαμπρότητα είναι $L_{av}=318\text{cd/m}^2$, καλύπτει τις ανάγκες και του stage 2 αλλά και του stage 1. Επομένως όταν η λαμπρότητα L_{20} βρίσκεται στα όρια όπου ενεργοποιείται το stage 1, μπορεί πλέον να μην ενεργοποιείται το group 1, αλλά να παραμένει ενεργοποιημένο το stage 2. Άρα το stage 2, αντί για 0.92h θα λειτουργεί επιπλέον τις 3.08h του stage 1, δηλαδή για 4h (ενώ το stage 1, δηλαδή το group 1 δεν θα λειτουργεί καθόλου). Αυτές όμως οι επιπλέον 3.08h που θα λειτουργεί το group 2, θα είναι χαμηλότερης ενεργειακής κατανάλωσης.

Τέλος, στη ζώνη εξόδου, υπάρχει επίσης αρκετά μεγαλύτερη λαμπρότητα από την απαιτούμενη. Θα μπορούσε λοιπόν στα τελευταία 75m όπου έχουμε 5 ζευγάρια φωτιστικών των 400W, το ένα από κάθε ζευγάρι να σταματήσει τη λειτουργία του.

Ύστερα από τις παραπάνω τροποποιήσεις παρουσιάζονται για κάθε stage οι γραφικές παραστάσεις στη ζώνη προσαρμογής, οι τιμές της λαμπρότητας, η ομοιομορφίες και η θάμβωση:



Πίνακας 5.25: Threshold zone (constant)

Measuring range: 29.96m - 45.32m (observer x=-30.04m, z=1.50m)

Roadway	R3	bright	bright με επαναρύθμιση των group
Lav (>269 και 215)	272	395.5	314.1
U0 (>0.4)	0.62	0.82	0.81
UI (>0.6)	0.99	0.99	0.99
TI% (<15)	2.40	1.62	1.63
Wall left			
Lav (>60% Lav _{road})	313	330.5	262.9
U0 (>0.4)	0.9	0.88	0.87
Wall right			
Lav (>60% Lav _{road})	339	356.7	283.7
U0 (>0.4)	0.91	0.89	0.89

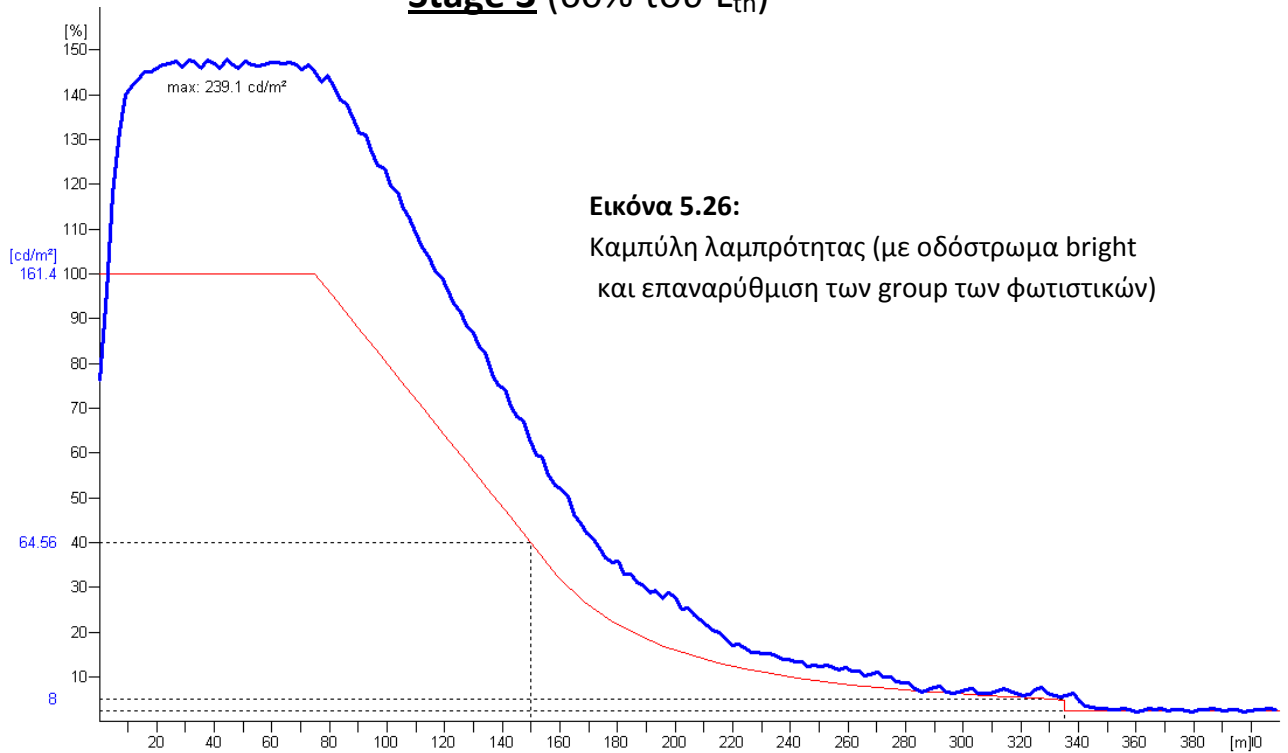
Πίνακας 5.26: Exit zoneMeasuring range: 539m - 558m
(observer x=479m, z=1.50m)Measuring range: 635m - 654m
(observer x=575m, z=1.50m)

Roadway	R3	bright	bright με regroup
Lav	8.24	16.60	12.29
U0 (>0.4)	0.47	0.61	0.6
UI (>0.6)	0.71	0.78	0.79
TI% (<15)	5.44	2.65	2.62
Wall left			
Lav (>60% Lav _{road})	10.28	10.86	8.06
U0 (>0.4)	0.75	0.73	0.73
Wall right			
Lav (>60% Lav _{road})	11.52	12.18	9.05
U0 (>0.4)	0.67	0.66	0.65

Roadway	R3	bright	bright με regroup
Lav	21.68	43.88	25.94
U0 (>0.4)	0.46	0.6	0.61
UI (>0.6)	0.72	0.79	0.81
TI% (<15)	4.17	2.02	1.71
Wall left			
Lav (>60% Lav _{road})	26.18	27.70	16.49
U0 (>0.4)	0.77	0.75	0.75
Wall right			
Lav (>60% Lav _{road})	30.47	32.27	19.05
U0 (>0.4)	0.68	0.66	0.67

Η ζώνη εξόδου είναι ίδια για τα stages από 1 έως 5.

Stage 3 (60% του L_{th})

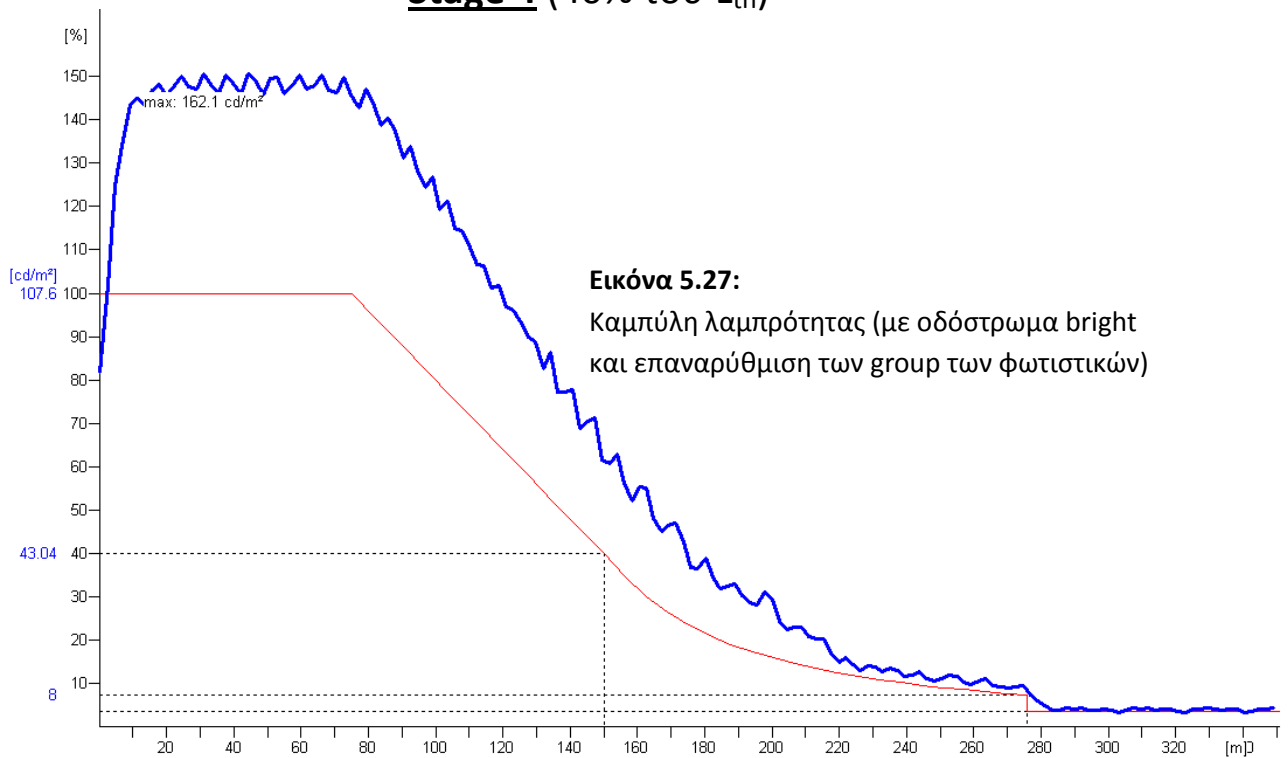


Εικόνα 5.26:
Καμπύλη λαμπρότητας (με οδόστρωμα bright και επαναρύθμιση των group των φωτιστικών)

Πίνακας 5.27: Threshold zone (constant)

Measuring range: 29.96m - 45.32m (observer $x=-30.04m$, $z=1.50m$)

Roadway	R3	bright	bright με επαναρύθμιση των group
$L_{av} (>161)$	165.02	240.93	236.64
$U_0 (>0.4)$	0.62	0.81	0.81
$U_I (>0.6)$	0.98	0.98	0.98
$TI% (<15)$	2.40	1.62	1.63
Wall left			
$L_{av} (>60\% L_{av_{road}})$	190.53	200.66	197.90
$U_0 (>0.4)$	0.89	0.87	0.87
Wall right			
$L_{av} (>60\% L_{av_{road}})$	206.22	216.70	213.67
$U_0 (>0.4)$	0.9	0.88	0.89

Stage 4 (40% του L_{th})**Εικόνα 5.27:**

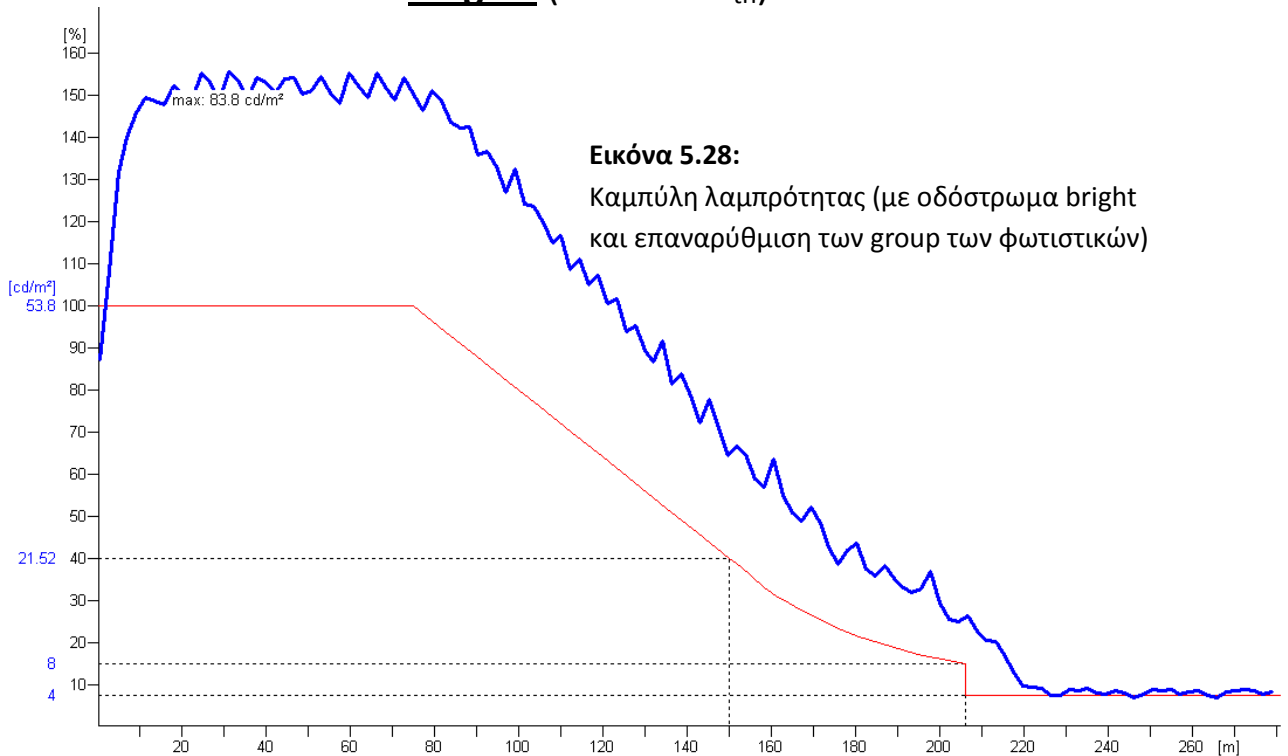
Καμπύλη λαμπρότητας (με οδόστρωμα bright και επαναρύθμιση των group των φωτιστικών)

Πίνακας 5.28: Threshold zone (constant)

Measuring range: 29.96m - 45.32m (observer x=-30.04m, z=1.50m)

Roadway	R3	bright	bright με επαναρύθμιση των group
Lav (>108)	111.50	163.58	159.34
U0 (>0.4)	0.62	0.8	0.8
UI (>0.6)	0.98	0.97	0.97
TI% (<15)	2.40	1.62	1.63
Wall left			
Lav (>60% Lav _{road})	128.90	135.76	133.03
U0 (>0.4)	0.87	0.86	0.86
Wall right			
Lav (>60% Lav _{road})	139.55	146.66	143.65
U0 (>0.4)	0.89	0.87	0.88

Stage 5 (20% του L_{th})



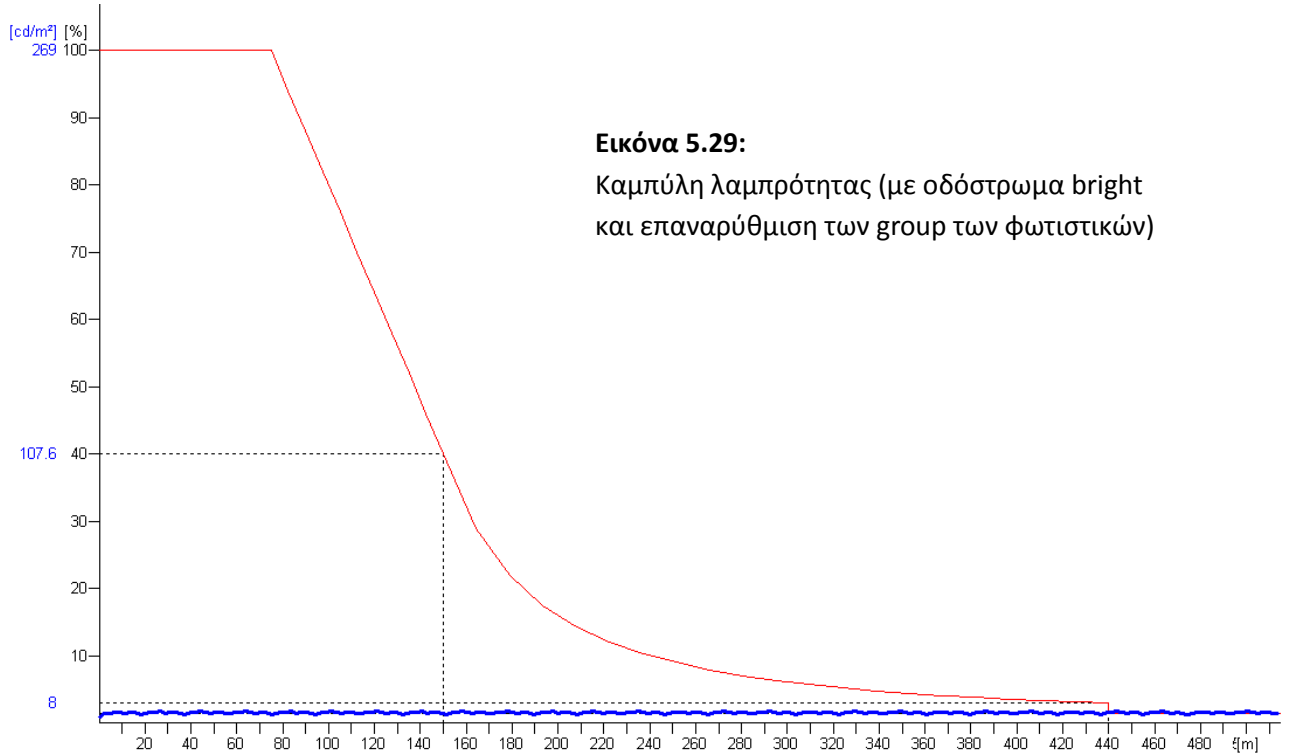
Πίνακας 5.29: Threshold zone (constant)

Measuring range: 29.96m - 45.32m (observer $x=-30.04m$, $z=1.50m$)

Roadway	R3	bright	bright με επαναρύθμιση των group
$L_{av} (>54)$	57.96	86.25	82.01
$U_0 (>0.4)$	0.61	0.79	0.79
$U_1 (>0.6)$	0.96	0.96	0.96
$TI\% (<15)$	2.40	1.62	1.63
Wall left			
$L_{av} (>60\% L_{av_{road}})$	66.90	70.49	67.77
$U_0 (>0.4)$	0.87	0.85	0.85
Wall right			
$L_{av} (>60\% L_{av_{road}})$	72.59	76.34	73.35
$U_0 (>0.4)$	0.87	0.85	0.86

Stage 1, 2, 3, 4, 5, twilight και night

Ολόκληρη η σήραγγα στο stage twilight και night, θεωρείται ως μία εσωτερική ζώνη με σταθερή μέση λαμπρότητα. Στην προκειμένη περίπτωση είναι τα δύο stage είναι ίδιας λαμπρότητας (4cd/m^2), αφού και στις δύο περιπτώσεις λειτουργούν τα ίδια φωτιστικά. Επίσης ταυτίζεται και με την εσωτερική ζώνη των stage 1, 2, 3, 4 και 5.



Εικόνα 5.29:

Καμπύλη λαμπρότητας (με οδόστρωμα bright και επαναρύθμιση των group των φωτιστικών)

Πίνακας 5.30: Interior zone

Measuring range: 480m - 499m (observer $x=420\text{m}$, $z=1.50\text{m}$)

Roadway	R3	bright	bright με επαναρύθμιση των group
Lav (>4 και >2)	4.27	8.65	4.33
U0 (>0.4)	0.47	0.6	0.58
UI (>0.6)	0.67	0.73	0.73
TI% (<15)	6.96	3.41	3.87
Wall left			
Lav (>60% Lav _{road})	5.33	5.63	2.82
U0 (>0.4)	0.74	0.72	0.72
Wall right			
Lav (>60% Lav _{road})	5.97	6.32	3.17
U0 (>0.4)	0.66	0.65	0.64

Συμπερασματικά, φαίνεται ότι ικανοποιούνται οι κατάλληλες προδιαγραφές. Ακολουθεί επομένως υπολογισμός της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας συγκριτικά με την κατανάλωση στο οδόστρωμα R3 και υπολογισμός της εξοικονόμησης ενέργειας που επιτυγχάνεται με αυτό το σενάριο.

Υπολογισμός κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας

Πίνακας 5.31: οδόστρωμα R3

φωτισμός	πλήθος φωτιστικών	εγκατεστημένη ισχύς (kWh)	kWh/ ημέρα	kWh/ έτος	kWh/ 30 έτη	MWh/ 30 έτη
night (symm)	37	6142	147.4	53804	1614118	1614.1
twilight (symm)	37	6142	98.3	35869	1076078	1076.1
προσαρμογής (asymm)	297	107475	611.8	223319	6699564	6699.6
εξόδου (250W) (symm)	9	2466	23.4	8551	256526	256.5
εξόδου (400W) (symm)	5	2155	20.5	7472	224174	224.2
εξόδου (400W) (symm)	5	2155	20.5	7472	224174	224.2
Σύνολο	390	126535	922	336488	10094633	10095

(όπου στο Σύνολο έγινε στρογγυλοποίηση στη δεκάδα)

Πίνακας 5.32: οδόστρωμα bright με επαναρύθμιση των group

φωτισμός	πλήθος φωτιστικών	εγκατεστημένη ισχύς (kWh)	kWh/ ημέρα	kWh/ έτος	kWh/ 30 έτη	MWh/ 30 έτη
night (symm)	37	6142	147.4	53804	1614118	1614.1
twilight (symm)	37	6142	0.00	0.0	0	0.00
προσαρμογής (asymm)	297	107475	541.3	197566	5926969	5926.9
εξόδου (250W) (symm)	9	2466	23.43	8551	256526	256.5
εξόδου (400W) (symm)	5	2155	0.00	0.0	0	0.00
εξόδου (400W) (symm)	5	2155	20.47	7473	224174	224.2
Σύνολο	390	126535	733	267393	8021786	8022
Εξοικονόμηση από R3	0	0	189	69095	2072850	2073

(όπου στο Σύνολο έγινε στρογγυλοποίηση στη δεκάδα)

Επομένως γίνεται **εξοικονόμηση ενέργειας 20.53%**.

Παρατηρώντας όμως ποσοτικά τα αποτελέσματα, είναι φανερό ότι η εξοικονόμηση σε kWh είναι τεράστια σε σχέση με έναν δρόμο στο αντίστοιχο σενάριο (για τον δρόμο φωτισμού M1 είναι 18530 kWh/km ανά έτος ενώ για τον M3 είναι 5201 kWh/km ανά έτος).

Αν γίνει και μία εκτίμηση του κέρδους σε € από την εξοικονόμηση ενέργειας για την συγκεκριμένη σήραγγα των 700m, με κόστος kWh=0.073€ θα υπάρχει **κέρδος**:

$$0.073€ * 69095\text{kWh}/\text{έτος} = 5044 \text{ €/έτος}$$

5.2.2 2^ο Σενάριο

Το δεύτερο σενάριο έγκειται στην εξαρχής μελέτη φωτισμού της σήραγγας, με τοποθετημένο το καινούριο οδόστρωμα. Έπειτα θα εξεταστεί το αν θα υπάρξει εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας.

Μελέτη φωτισμού για κατηγορία οδοστρώματος bright

Τα 7 stages παραμένουν τα ίδια, και έχουν τις ίδιες ώρες λειτουργίας όπως με το οδόστρωμα R3, σύμφωνα με την καμπύλη L_{20} . Δηλαδή το κάθε stage ενεργοποιείται όταν η λαμπρότητα στην είσοδο, βρίσκεται μεταξύ των τιμών που φαίνονται στην 3^η στήλη του επόμενου πίνακα.

Τέλος στην τελευταία στήλη του πίνακα, φαίνεται η λαμπρότητα κατωφλίου L_{th} για το κάθε επίπεδο. Στα δύο όμως τελευταία stage, δηλαδή στο twilight και στο night, όλη η σήραγγα θεωρείται σαν μία εσωτερική ζώνη με λαμπρότητα ίση με την L_{th} .

Πίνακας 5.33: Ρυθμίσεις και χαρακτηριστικά του κάθε προγράμματος φωτισμού (stage)

πρόγραμμα φωτισμού (stage)	group φωτιστικών	εύρος τιμών L_{20} (cd/m^2)	ώρες λειτουργίας	διάρκεια λειτουργίας stage (h)	διάρκεια λειτουργίας group (h)	L_{th} (cd/m^2)
S1 (100% L_{20})	1	4165-4800	11:30-14:35	3.08	3.08	269
S2 (80% L_{20})	2	3007-4165	11:00-11:30,14:35-15:00	0.92	4.00	215.2
S3 (60% L_{20})	3	2373-3007	09:50-11:00,15:00-15:30	1.67	5.66	161.4
S4 (40% L_{20})	4	1213-2373	09:00-09:50,15:30-15:50	1.17	6.83	107.6
S5 (20% L_{20})	5	581-1213	07:00-09:00,15:50-16:30	2.67	9.50	53.8
twilight	6	0-581	03:00-07:00,16:30-19:00	6.5	16	4
night	7	0	00:00-03:00,19:00-00:00	8	24	2

Για τον φωτισμό της σήραγγας, χρησιμοποιούνται και πάλι τα ίδια 6 φωτιστικά της INDAL που χρησιμοποιήθηκαν και στην προηγούμενη μελέτη φωτισμού της σήραγγας. Τα 3 από αυτά που είναι ασύμμετρα χρησιμοποιούνται στη ζώνη προσαρμογής (δηλαδή για την ζώνη κατωφλίου και για τη ζώνη μετάβασης), ενώ τα άλλα 3 που είναι συμμετρικά χρησιμοποιούνται για τον σταθερό εσωτερικό φωτισμό (τις $2cd/m^2$ της νύχτας και τις $4cd/m^2$ του λυκόφωτος) καθώς και για την έξοδο.

Συγκεκριμένα, όσον αφορά τα ασύμμετρα φωτιστικά, για το πρώτο μισό της ζώνης κατωφλίου, δηλαδή για μήκος $SD/2=75m$ (Threshold 1), χρησιμοποιούνται και πάλι τα ασύμμετρα φωτιστικά των 400W σε σταθερή και πολύ κοντινή απόσταση μεταξύ τους. Στο υπόλοιπο μισό (Threshold 2) καθώς και στην μεταβατική ζώνη (transition), χρησιμοποιούνται πρώτα φωτιστικά των 400W σε αυξανόμενη απόσταση μεταξύ τους,

έπειτα των 250W και τέλος των 150W μέχρι την αρχή της εσωτερικής ζώνης. Όλα αυτά τα φωτιστικά, επειδή αποτελούν τον κύριο φωτισμό, τοποθετούνται σε μία γραμμή στο κέντρο της σήραγγας ($\gamma=4\text{m}$). Τα λεπτομερή χαρακτηριστικά τους αναφέρονται στην πρώτη μελέτη της σήραγγας.

Τα συμμετρικά τώρα φωτιστικά που χρησιμοποιούνται είναι αυτή τη φορά των 100W (αντί για 150W), 250W και 400W και τοποθετούνται σε μία γραμμή ($\gamma=3\text{m}$), διαφορετική από τον κύριο φωτισμό (για να μην υπάρχουν επικαλύψεις φωτιστικών αλλά και για να υπάρχει αρκετός κενός χώρος ανάμεσά τους, ώστε να μπορούν εύκολα να συντηρηθούν).

Τα φωτιστικά των 100W τοποθετούνται σε σταθερή απόσταση μεταξύ τους (24.5m), ώστε στο οδόστρωμα να υπάρχουν οι απαιτούμενες $2\text{cd}/\text{m}^2$ του νυχτερινού φωτισμού. Έπειτα τοποθετούνται στην ίδια ευθεία, ίσο πλήθος φωτιστικών των 100W με τα προηγούμενα, σε σταθερή απόσταση 24.5m μεταξύ τους, μετατοπισμένα όμως κατά ένα μέτρο πιο μπροστά από τα προηγούμενα. Αυτό γίνεται για να προστεθούν άλλες $2\text{cd}/\text{m}^2$ στη λαμπρότητα του οδοστρώματος έτσι ώστε να επιτευχθούν οι $4\text{cd}/\text{m}^2$ που απαιτούνται για το επίπεδο φωτισμού του λυκόφωτος.

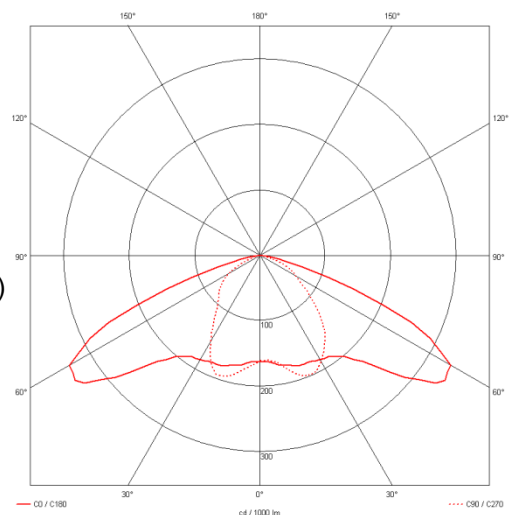
Τέλος τα φωτιστικά των 250W και 400W, χρησιμοποιούνται στην έξοδο για να επιτευχθεί σταδιακά η πενταπλάσια λαμπρότητα της εσωτερικής ζώνης. Έτσι ξεκινώντας περίπου 150m (SD) πριν από την έξοδο τοποθετούνται φωτιστικά των 250W για να υπάρχει σταδιακή αύξηση της λαμπρότητας, ενώ περίπου 75m (SD/2) πριν από την έξοδο τοποθετούνται τα φωτιστικά των 400W για να επιτευχθούν οι επιθυμητές $20\text{cd}/\text{m}^2$ της εξόδου (τα φωτιστικά αυτά τοποθετούνται στην ίδια ευθεία με τα φωτιστικά του νυχτερινού φωτισμού ($\gamma=3\text{m}$), για πρακτικούς λόγους οικονομίας υλικών και καλωδίων). Τα λεπτομερή χαρακτηριστικά τους έχουν παρουσιαστεί στην πρώτη μελέτη.

Ακολουθούν τα χαρακτηριστικά μόνο του φωτιστικού που αλλάζει:

7) Manufacturer INDAL Metis 2816 SNN 22.027

Length: 442 mm, Width: 618 mm, Height: 180 mm

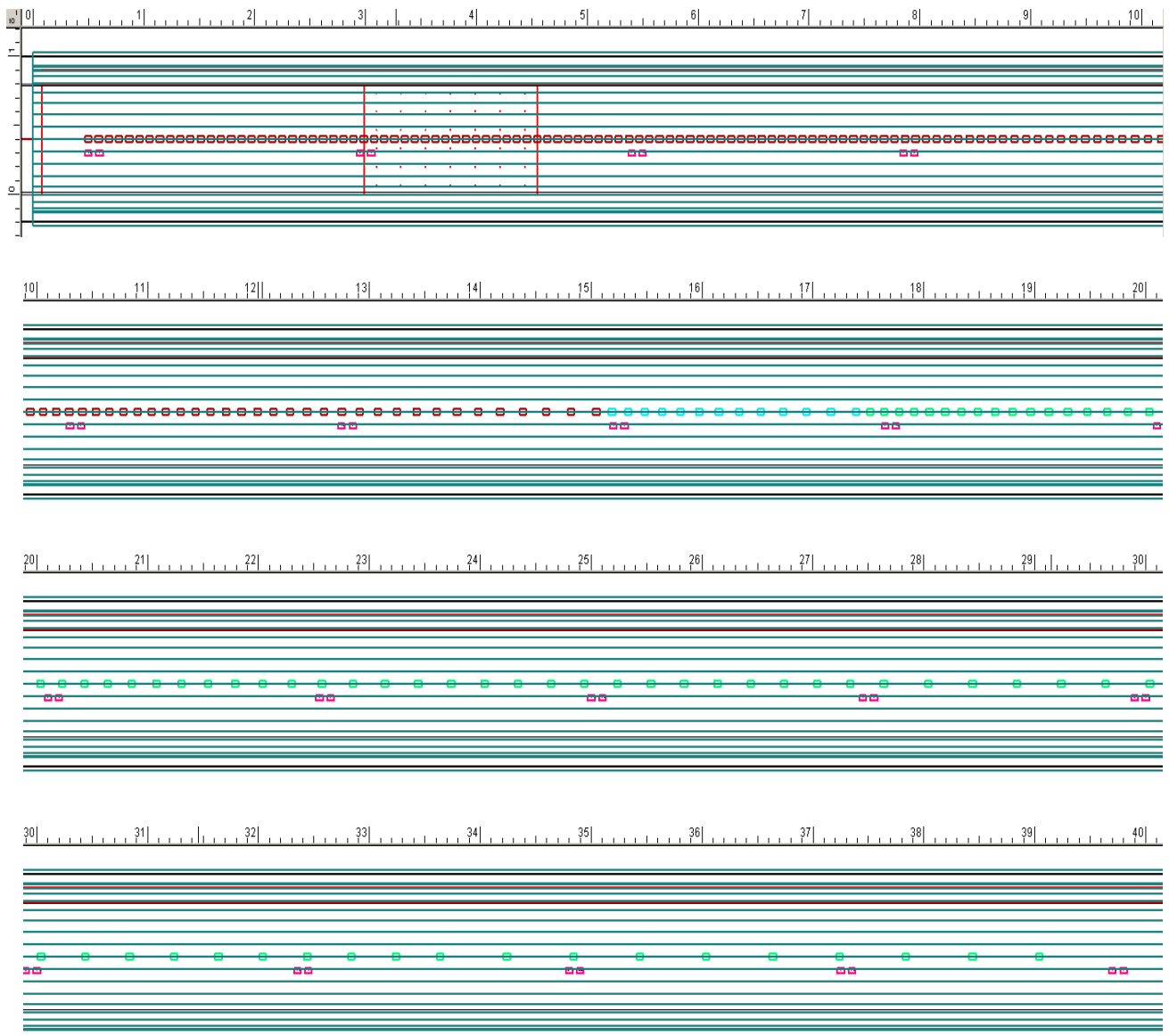
Efficiency: 71,8%
Luminaire efficacy: 69.21 lm/W (A30, ↓ 100.0% ↑ 0.0%)
Total system power: **111 W**
Equipment: 1 x 1ST **100W** 10700 E40
Total luminous flux: 10700 lm

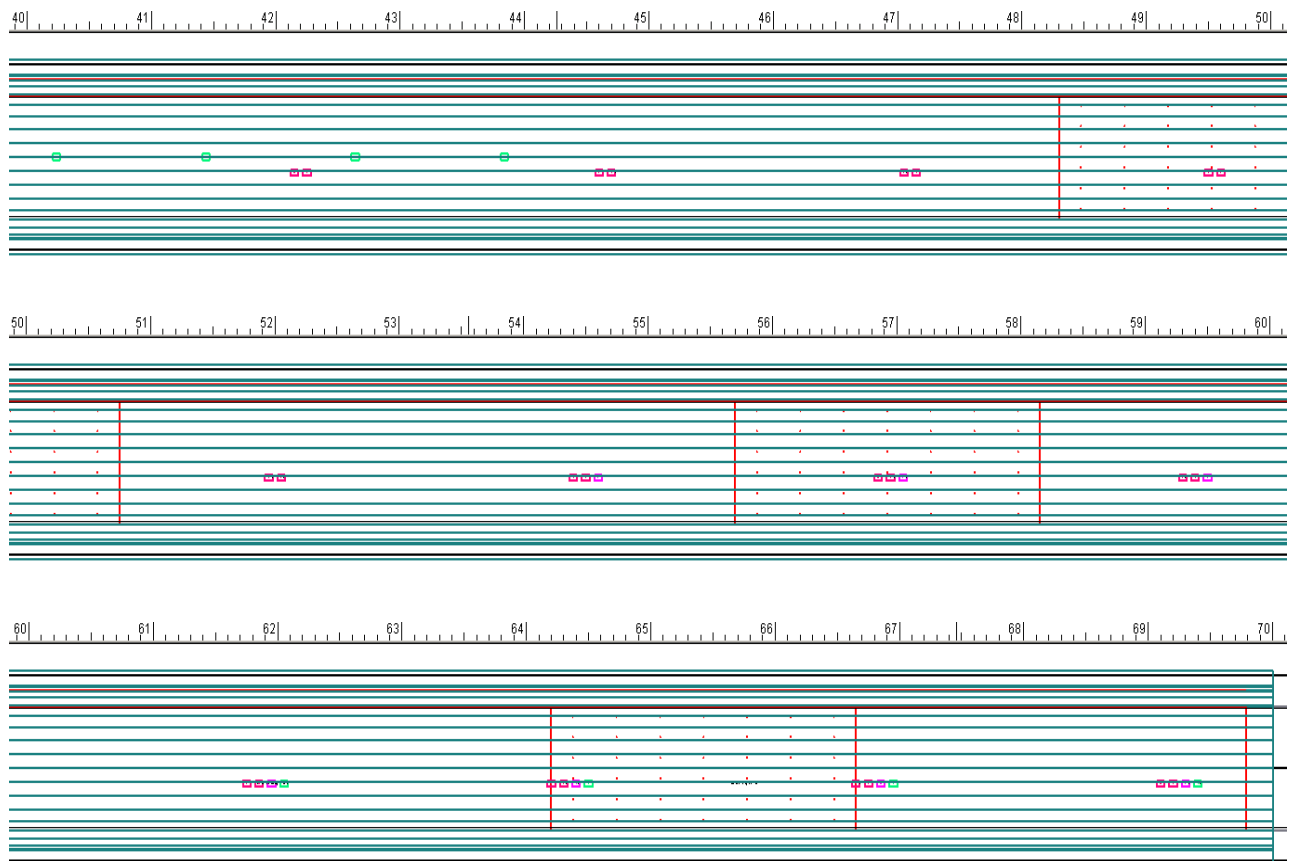


Όλα τα φωτιστικά τοποθετούνται και πάλι σε ύψος 6.7m από το οδόστρωμα.

Με δεδομένα όλα τα παραπάνω στοιχεία και κυρίως ότι η $L_{th}=269\text{cd/m}^2$ (στο 100% του L_{20}) και η $L_{int}=4\text{cd/m}^2$ (λαμπρότητα εσωτερικής ζώνης), γίνεται η κατάλληλη μελέτη φωτισμού έτσι ώστε να τηρούνται οι απαραίτητες προδιαγραφές για κάθε stage.

Ακολουθεί η κάτοψη της σήραγγας σε κομμάτια (ανά 100m), με τα φωτιστικά κατάλληλα τοποθετημένα σε κάθε ζώνη της (τα μέτρα που φαίνονται πάνω από κάθε κομμάτι είναι διαιρεμένα με το 10):





Εικόνα 5.30: Τοποθετημένα φωτιστικά στη σήραγγα σύμφωνα με τη μελέτη φωτισμού για το οδόστρωμα bright.

Τα κόκκινα πλαίσια που φαίνονται, είναι οι περιοχές μέτρησης της λαμπρότητας, της ομοιομορφίας της και της θάμβωσης και είναι αντιπροσωπευτικά για κάθε ζώνη.

Επίσης μπορεί κάποιος να παρατηρήσει εύκολα αυτά που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Δηλαδή στο πρώτο μισό της ζώνης κατωφλίου, για μήκος $SD/2=75m$ (Threshold 1), χρησιμοποιούνται ασύμμετρα φωτιστικά των 400W σε σταθερή και πολύ κοντινή απόσταση μεταξύ τους (σε μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ τους απ' ότι στην πρώτη μελέτη φωτισμού). Στο υπόλοιπο μισό (Threshold 2) καθώς και στην μεταβατική ζώνη (transition), χρησιμοποιούνται πρώτα φωτιστικά των 400W σε αυξανόμενη απόσταση μεταξύ τους (διαφορετική από την πρώτη μελέτη), έπειτα φωτιστικά των 250W τα οποία σημειώνονται με διαφορετικό χρώμα, και τέλος φωτιστικά των 150W, που και αυτά σημειώνονται με άλλο χρώμα, μέχρι την αρχή της εσωτερικής ζώνης. Φαίνεται ακόμα ότι είναι τοποθετημένα στο μέσο της σήραγγας $\gamma=4m$.

Σε όλο το μήκος της σήραγγας φαίνονται καθαρά στη θέση $\gamma=3m$, τα διπλά συμμετρικά φωτιστικά (των 100W αντί των 150W της προηγούμενης μελέτης) που είναι τοποθετημένα για τα δύο χαμηλότερα stage, ενώ στην εσωτερική ζώνη είναι τα μοναδικά φωτιστικά που υπάρχουν. Στα τελευταία 150m προστίθενται τα συμμετρικά φωτιστικά των 250W, ενώ στα τελευταία 75m περίπου σε αυτή την περίπτωση προστίθενται μονά

φωτιστικά των 400W. Τα τελευταία φωτιστικά που αναφέρθηκαν, διαφέρουν μεταξύ τους κατά 1m.

Ακολουθούν οι ακριβείς θέσεις των φωτιστικών, το group στο οποίο ανήκουν, οι ώρες λειτουργίας κάθε φωτιστικού ανάλογα με το group στο οποίο ανήκει (σύμφωνα με τον πίνακα 5.2 που αναφέρεται στις ώρες λειτουργίας κάθε group, και που προκύπτει από την καμπύλη του L_{20}), ενώ υπολογίζεται και η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh.

Πίνακας 5.34:
φωτισμός night $2cd/m^2$
(συμμετρικά φωτιστικά)

no.	x [m]	Ctrl	load [W]	λειτουργία (h)	kwh/ημέρα	kwh/έτος
1	5	7	111	24	2.66	972
2	29.5	7	111	24	2.66	972
3	54	7	111	24	2.66	972
4	78.5	7	111	24	2.66	972
5	103	7	111	24	2.66	972
6	127.5	7	111	24	2.66	972
7	152	7	111	24	2.66	972
8	176.5	7	111	24	2.66	972
9	201	7	111	24	2.66	972
10	225.5	7	111	24	2.66	972
11	250	7	111	24	2.66	972
12	274.5	7	111	24	2.66	972
13	299	7	111	24	2.66	972
14	323.5	7	111	24	2.66	972
15	348	7	111	24	2.66	972
16	372.5	7	111	24	2.66	972
17	397	7	111	24	2.66	972
18	421.5	7	111	24	2.66	972
19	446	7	111	24	2.66	972
20	470.5	7	111	24	2.66	972
21	495	7	111	24	2.66	972
22	519.5	7	111	24	2.66	972
23	544	7	111	24	2.66	972
24	568.5	7	111	24	2.66	972
25	593	7	111	24	2.66	972
26	617.5	7	111	24	2.66	972
27	642	7	111	24	2.66	972
28	666.5	7	111	24	2.66	972
29	691	7	111	24	2.66	972
			3219		77.3	28198

Πίνακας 5.35:
φωτισμός twilight $4cd/m^2$ ($2+2=4cd/m^2$)
(συμμετρικά φωτιστικά)

no.	x [m]	Ctrl	load [W]	λειτουργία (h)	kwh/ημέρα	kwh/έτος
1	6	6	111	16	1.78	648
2	30.5	6	111	16	1.78	648
3	55	6	111	16	1.78	648
4	79.5	6	111	16	1.78	648
5	104	6	111	16	1.78	648
6	129	6	111	16	1.78	648
7	153	6	111	16	1.78	648
8	178	6	111	16	1.78	648
9	202	6	111	16	1.78	648
10	227	6	111	16	1.78	648
11	251	6	111	16	1.78	648
12	276	6	111	16	1.78	648
13	300	6	111	16	1.78	648
14	325	6	111	16	1.78	648
15	349	6	111	16	1.78	648
16	374	6	111	16	1.78	648
17	398	6	111	16	1.78	648
18	423	6	111	16	1.78	648
19	447	6	111	16	1.78	648
20	472	6	111	16	1.78	648
21	496	6	111	16	1.78	648
22	521	6	111	16	1.78	648
23	545	6	111	16	1.78	648
24	570	6	111	16	1.78	648
25	594	6	111	16	1.78	648
26	619	6	111	16	1.78	648
27	643	6	111	16	1.78	648
28	668	6	111	16	1.78	648
29	692	6	111	16	1.78	648
			3219		51.5	18799

Πίνακας 5.36: φωτισμός προσαρμογής (0-440m) (ασύμμετρα φωτιστικά)

no.	x [m]	Ct rl.	load [W]	λειτουργία (h)	kwh/ ημέρα	kwh/ έτος
1	5	5	431	9.50	4.09	1494
2	5.92	4	431	6.83	2.94	1074
3	6.84	2	431	4.00	1.72	629
4	7.76	3	431	5.66	2.44	890
5	8.68	1	431	3.08	1.33	485
6	9.6	5	431	9.50	4.09	1494
7	10.52	4	431	6.83	2.94	1074
8	11.44	2	431	4.00	1.72	629
9	12.36	3	431	5.66	2.44	890
10	13.28	1	431	3.08	1.33	485
11	14.2	5	431	9.50	4.09	1494
12	15.12	4	431	6.83	2.94	1074
13	16.04	2	431	4.00	1.72	629
14	16.96	3	431	5.66	2.44	890
15	17.88	1	431	3.08	1.33	485
16	18.8	5	431	9.50	4.09	1494
17	19.72	4	431	6.83	2.94	1074
18	20.64	2	431	4.00	1.72	629
19	21.56	3	431	5.66	2.44	890
20	22.48	1	431	3.08	1.33	485
21	23.4	5	431	9.50	4.09	1494
22	24.32	4	431	6.83	2.94	1074
23	25.24	2	431	4.00	1.72	629
24	26.16	3	431	5.66	2.44	890
25	27.08	1	431	3.08	1.33	485
26	28	5	431	9.50	4.09	1494
27	28.92	4	431	6.83	2.94	1074
28	29.84	2	431	4.00	1.72	629
29	30.76	3	431	5.66	2.44	890
30	31.68	1	431	3.08	1.33	485
31	32.6	5	431	9.50	4.09	1494
32	33.52	4	431	6.83	2.94	1074
33	34.44	2	431	4.00	1.72	629
34	35.36	3	431	5.66	2.44	890
35	36.28	1	431	3.08	1.33	485
36	37.2	5	431	9.50	4.09	1494
37	38.12	4	431	6.83	2.94	1074
38	39.04	2	431	4.00	1.72	629
39	39.96	3	431	5.66	2.44	890
40	40.88	1	431	3.08	1.33	485
41	41.8	5	431	9.50	4.09	1494
42	42.72	4	431	6.83	2.94	1074
43	43.64	2	431	4.00	1.72	629
44	44.56	3	431	5.66	2.44	890
45	45.48	1	431	3.08	1.33	485
46	46.4	5	431	9.50	4.09	1494
47	47.32	4	431	6.83	2.94	1074
48	48.24	2	431	4.00	1.72	629
49	49.16	3	431	5.66	2.44	890
50	50.08	1	431	3.08	1.33	485
51	51	5	431	9.50	4.09	1494
52	51.92	4	431	6.83	2.94	1074
53	52.84	2	431	4.00	1.72	629
54	53.76	3	431	5.66	2.44	890
55	54.68	1	431	3.08	1.33	485
56	55.6	5	431	9.50	4.09	1494
57	56.52	4	431	6.83	2.94	1074
58	57.44	2	431	4.00	1.72	629
59	58.36	3	431	5.66	2.44	890
60	59.28	1	431	3.08	1.33	485
61	60.2	5	431	9.50	4.09	1494
62	61.12	4	431	6.83	2.94	1074
63	62.04	2	431	4.00	1.72	629
64	62.96	3	431	5.66	2.44	890
65	63.88	1	431	3.08	1.33	485
66	64.8	5	431	9.50	4.09	1494
67	65.72	4	431	6.83	2.94	1074
68	66.64	2	431	4.00	1.72	629
69	67.56	3	431	5.66	2.44	890
70	68.48	1	431	3.08	1.33	485
71	69.4	5	431	9.50	4.09	1494
72	70.32	4	431	6.83	2.94	1074
73	71.24	2	431	4.00	1.72	629
74	72.16	3	431	5.66	2.44	890
75	73.08	1	431	3.08	1.33	485
76	74	5	431	9.50	4.09	1494
77	74.92	4	431	6.83	2.94	1074
78	75.84	2	431	4.00	1.72	629
79	76.76	3	431	5.66	2.44	890
80	77.7	1	431	3.08	1.33	485
81	78.65	5	431	9.50	4.09	1494
82	79.6	4	431	6.83	2.94	1074
83	80.56	2	431	4.00	1.72	629
84	81.53	3	431	5.66	2.44	890
85	82.5	1	431	3.08	1.33	485
86	83.48	5	431	9.50	4.09	1494
87	84.48	4	431	6.83	2.94	1074
88	85.48	2	431	4.00	1.72	629
89	86.49	3	431	5.66	2.44	890
90	87.51	1	431	3.08	1.33	485
91	88.54	5	431	9.50	4.09	1494
92	89.58	4	431	6.83	2.94	1074
93	90.62	2	431	4.00	1.72	629
94	91.68	3	431	5.66	2.44	890

95	92.75	1	431	3.08	1.33	485	148	175.17	2	166	4.00	0.66	242
96	93.83	5	431	9.50	4.09	1494	149	176.45	3	166	5.66	0.94	343
97	94.92	4	431	6.83	2.94	1074	150	177.77	1	166	3.08	0.51	187
98	96.03	2	431	4.00	1.72	629	151	179.12	5	166	9.50	1.58	576
99	97.14	3	431	5.66	2.44	890	152	180.51	4	166	6.83	1.13	414
100	98.27	1	431	3.08	1.33	485	153	181.93	2	166	4.00	0.66	242
101	99.41	5	431	9.50	4.09	1494	154	183.39	3	166	5.66	0.94	343
102	100.57	4	431	6.83	2.94	1074	155	184.88	1	166	3.08	0.51	187
103	101.74	2	431	4.00	1.72	629	156	186.42	5	166	9.50	1.58	576
104	102.92	3	431	5.66	2.44	890	157	187.99	4	166	6.83	1.13	414
105	104.12	1	431	3.08	1.33	485	158	189.61	2	166	4.00	0.66	242
106	105.33	5	431	9.50	4.09	1494	159	191.27	3	166	5.66	0.94	343
107	106.56	4	431	6.83	2.94	1074	160	192.98	1	166	3.08	0.51	187
108	107.8	2	431	4.00	1.72	629	161	194.74	5	166	9.50	1.58	576
109	109.07	3	431	5.66	2.44	890	162	196.55	4	166	6.83	1.13	414
110	110.35	1	431	3.08	1.33	485	163	198.41	2	166	4.00	0.66	242
111	111.65	5	431	9.50	4.09	1494	164	200.32	3	166	5.66	0.94	343
112	112.97	4	431	6.83	2.94	1074	165	202.29	1	166	3.08	0.51	187
113	114.31	2	431	4.00	1.72	629	166	204.32	5	166	9.50	1.58	576
114	115.67	3	431	5.66	2.44	890	167	206.41	4	166	6.83	1.13	414
115	117.06	1	431	3.08	1.33	485	168	208.56	2	166	4.00	0.66	242
116	118.46	5	431	9.50	4.09	1494	169	210.78	3	166	5.66	0.94	343
117	119.9	4	431	6.83	2.94	1074	170	213.07	1	166	3.08	0.51	187
118	121.36	2	431	4.00	1.72	629	171	215.44	4	166	6.83	1.13	414
119	122.85	3	431	5.66	2.44	890	172	217.88	2	166	4.00	0.66	242
120	124.37	1	431	3.08	1.33	485	173	220.4	3	166	5.66	0.94	343
121	125.92	5	431	9.50	4.09	1494	174	223.01	1	166	3.08	0.51	187
122	127.51	4	431	6.83	2.94	1074	175	225.71	4	166	6.83	1.13	414
123	129.13	2	431	4.00	1.72	629	176	228.5	2	166	4.00	0.66	242
124	130.79	3	431	5.66	2.44	890	177	231.39	3	166	5.66	0.94	343
125	132.5	1	431	3.08	1.33	485	178	234.38	1	166	3.08	0.51	187
126	134.25	5	431	9.50	4.09	1494	179	237.38	4	166	6.83	1.13	414
127	136.05	4	431	6.83	2.94	1074	180	240.38	2	166	4.00	0.66	242
128	137.9	2	431	4.00	1.72	629	181	243.38	3	166	5.66	0.94	343
129	139.81	3	431	5.66	2.44	890	182	246.38	1	166	3.08	0.51	187
130	141.79	1	431	3.08	1.33	485	183	249.38	4	166	6.83	1.13	414
131	143.83	5	431	9.50	4.09	1494	184	252.38	2	166	4.00	0.66	242
132	145.96	4	431	6.83	2.94	1074	185	255.38	3	166	5.66	0.94	343
133	148.18	2	431	4.00	1.72	629	186	258.38	1	166	3.08	0.51	187
134	150.45	3	431	5.66	2.44	890	187	261.38	4	166	6.83	1.13	414
135	151.87	1	274	3.08	0.84	308	188	264.38	2	166	4.00	0.66	242
136	153.32	5	274	9.50	2.60	950	189	267.38	3	166	5.66	0.94	343
137	154.83	4	274	6.83	1.87	683	190	270.38	1	166	3.08	0.51	187
138	156.41	2	274	4.00	1.10	400	191	273.38	4	166	6.83	1.13	414
139	158.04	3	274	5.66	1.55	566	192	276.38	2	166	4.00	0.66	242
140	159.74	1	274	3.08	0.84	308	193	280.38	3	166	5.66	0.94	343
141	161.52	5	274	9.50	2.60	950	194	284.38	1	166	3.08	0.51	187
142	163.37	4	274	6.83	1.87	683	195	288.38	2	166	4.00	0.66	242
143	165.29	2	274	4.00	1.10	400	196	292.38	3	166	5.66	0.94	343
144	167.31	3	274	5.66	1.55	566	197	296.38	1	166	3.08	0.51	187
145	169.41	1	274	3.08	0.84	308	198	300.38	2	166	4.00	0.66	242
146	171.6	5	274	9.50	2.60	950	199	304.38	3	166	5.66	0.94	343
147	173.9	4	274	6.83	1.87	683	200	308.38	1	166	3.08	0.51	187

201	312.38	2	166	4.00	0.66	242
202	316.38	3	166	5.66	0.94	343
203	320.38	1	166	3.08	0.51	187
204	324.38	2	166	4.00	0.66	242
205	328.38	3	166	5.66	0.94	343
206	332.38	1	166	3.08	0.51	187
207	336.38	2	166	4.00	0.66	242
208	342.38	1	166	3.08	0.51	187
209	348.38	2	166	4.00	0.66	242
210	354.38	1	166	3.08	0.51	187

211	360.38	2	166	4.00	0.66	242
212	366.38	1	166	3.08	0.51	187
213	372.38	2	166	4.00	0.66	242
214	378.38	1	166	3.08	0.51	187
215	384.38	2	166	4.00	0.66	242
216	390.38	1	166	3.08	0.51	187
217	402.38	1	166	3.08	0.51	187
218	414.38	1	166	3.08	0.51	187
219	426.38	1	166	3.08	0.51	187
220	438.38	1	166	3.08	0.51	187
				73434	415	151657

Πίνακας 5.37:
Φωτισμός εξόδου (Φωτιστικά 250W)
(για 10cd/m²) (συμμετρικά φωτιστικά)

no.	x [m]	Ctrl	load [W]	Λειτουργία (h)	kwh/ημέρα	kwh/έτος
1	546	5	274	9.5	2.60	950
2	570.5	5	274	9.5	2.60	950
3	595	5	274	9.5	2.60	950
4	619.5	5	274	9.5	2.60	950
5	644	5	274	9.5	2.60	950
6	668.5	5	274	9.5	2.60	950
7	693	5	274	9.5	2.60	950
				1918	18.2	6651

Πίνακας 5.38:
Φωτισμός εξόδου (Φωτιστικά 400W)
(για 20cd/m²) (συμμετρικά φωτιστικά)

no.	x [m]	Ctrl	load [W]	Λειτουργία (h)	kwh/ημέρα	kwh/έτος
1	620.5	5	431	9.5	4.09	1494
2	645	5	431	9.5	4.09	1494
3	669.5	5	431	9.5	4.09	1494
4	694	5	431	9.5	4.09	1494
				1724	16.4	5978

Από τον πίνακα 5.36 για τον φωτισμό στη ζώνη προσαρμογής (ασύμμετρα φωτιστικά), μπορεί κάποιος να παρατηρήσει, ότι τα φωτιστικά και πάλι είναι τοποθετημένα με συγκεκριμένη σειρά, ανάλογα με το group στο οποίο ανήκουν (τα group 6 και 7 είναι μόνιμα αναμμένα όταν υπάρχει ζώνη προσαρμογής). Συγκεκριμένα η σειρά είναι η εξής:

[5-4-2-3-1]

[4-2-3-1]

[2-3-1]

[2-1]

[1]

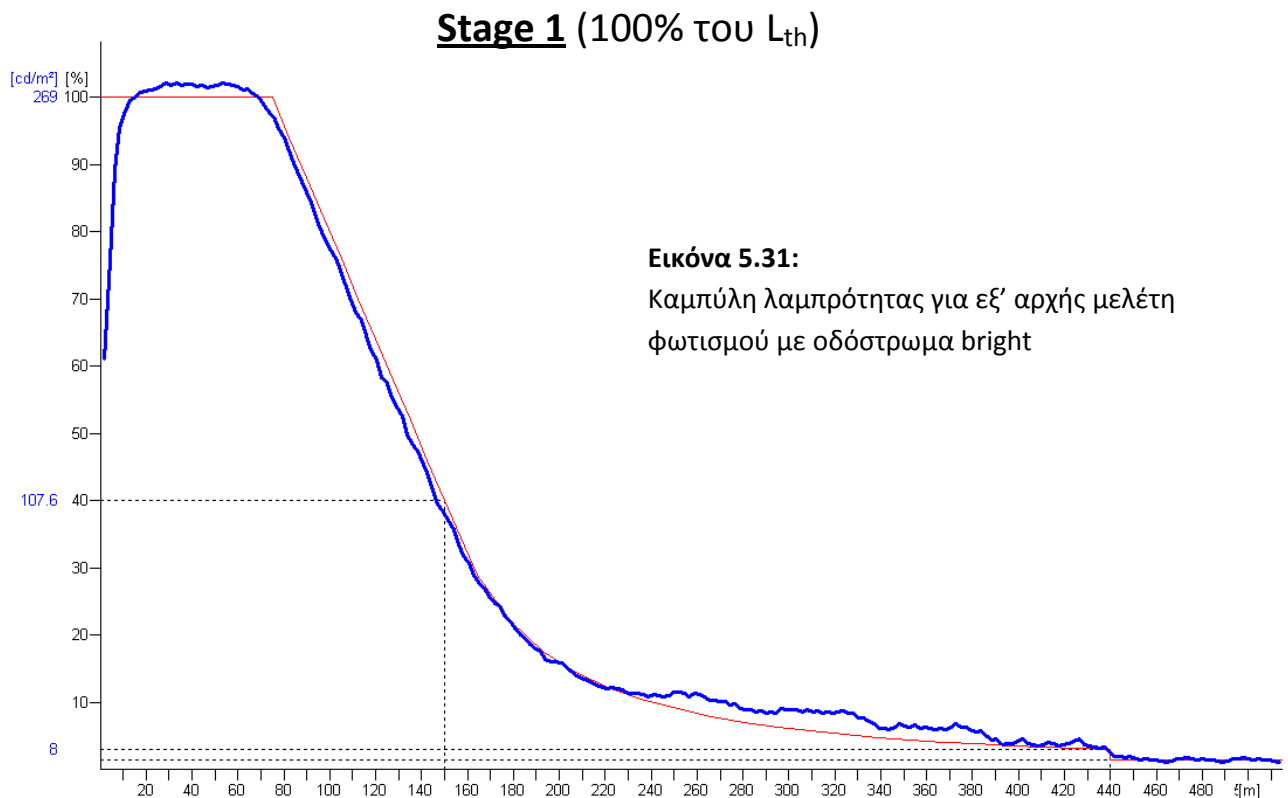
Θα ακολουθήσουν οι καμπύλες στο διάστημα προσαρμογής μαζί με τα βασικά χαρακτηριστικά που εξετάζονται στις υπόλοιπες ζώνες, δηλαδή ομοιομορφία της λαμπρότητας στο οδόστρωμα, μέση λαμπρότητα του οδοστρώματος και των τοίχων σε

ύψος 2m, καθώς και της θάμβωσης. (Επειδή και πάλι για τις μετρήσεις της λαμπρότητας υπάρχουν δύο παρατηρητές, ένας στο μέσο κάθε λωρίδας, κάποιες φορές μπορεί να παραλείπεται ο ένας από τους δύο αν τα αποτελέσματα είναι πολύ κοντινά ή θα χρησιμοποιείται αυτός με τα χειρότερα αποτελέσματα).

Για όλα τα stages οι μετρήσεις στην εσωτερική ζώνη (interior zone) είναι ίδιες για τα stages 1, 2, 3, 4, 5 και twilight. Γι' αυτό θα παρουσιαστούν μόνο μία φορά στο stage twilight. Από την άλλη, οι μετρήσεις στη ζώνη εξόδου (exit zone), είναι ίδιες για τα stages 1, 2, 3, 4 και 5 αφού μόνο σε αυτά τα stage λειτουργούν τα φωτιστικά στην έξοδο και είναι πάντα όλα αναμμένα. Επομένως τα αποτελέσματα στη ζώνη εξόδου θα παρουσιαστούν μόνο στο stage 1.

Επίσης, οι καμπύλες που ακολουθούν αφορούν τις δύο πρώτες ζώνες της σήραγγας, δηλαδή κατωφλίου και μετάβασης, και λαμβάνονται από κινούμενο παρατηρητή. Αυτό συμβαίνει, γιατί η απόσταση των φωτιστικών συνεχώς μεταβάλλεται και δεν έχει έννοια να μετρήσουμε σε ένα συγκεκριμένο διάστημα τις ομοιομορφίες. Έχει όμως έννοια να παρουσιαστούν τα αποτελέσματα της λαμπρότητας στο πρώτο και σταθερό κομμάτι της ζώνης κατωφλίου ($SD/2=75m$), όπως και γίνεται.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται συγκριτικά με του R3.



Πίνακας 5.39: Threshold zone (constant)

Measuring range: 29.96m - 45.32m (observer x=-30.04m, z=1.50m)

	R3	bright
Roadway		
Lav (>269)	272	273.3
U0 (>0.4)	0.62	0.82
UI (>0.6)	0.99	0.99
TI% (<15)	2.40	1.70
Wall left		
Lav (>60% Lav _{road})	313	228.6
U0 (>0.4)	0.9	0.88
Wall right		
Lav (>60% Lav _{road})	339	246.5
U0 (>0.4)	0.91	0.89

Πίνακας 5.40: Exit zone

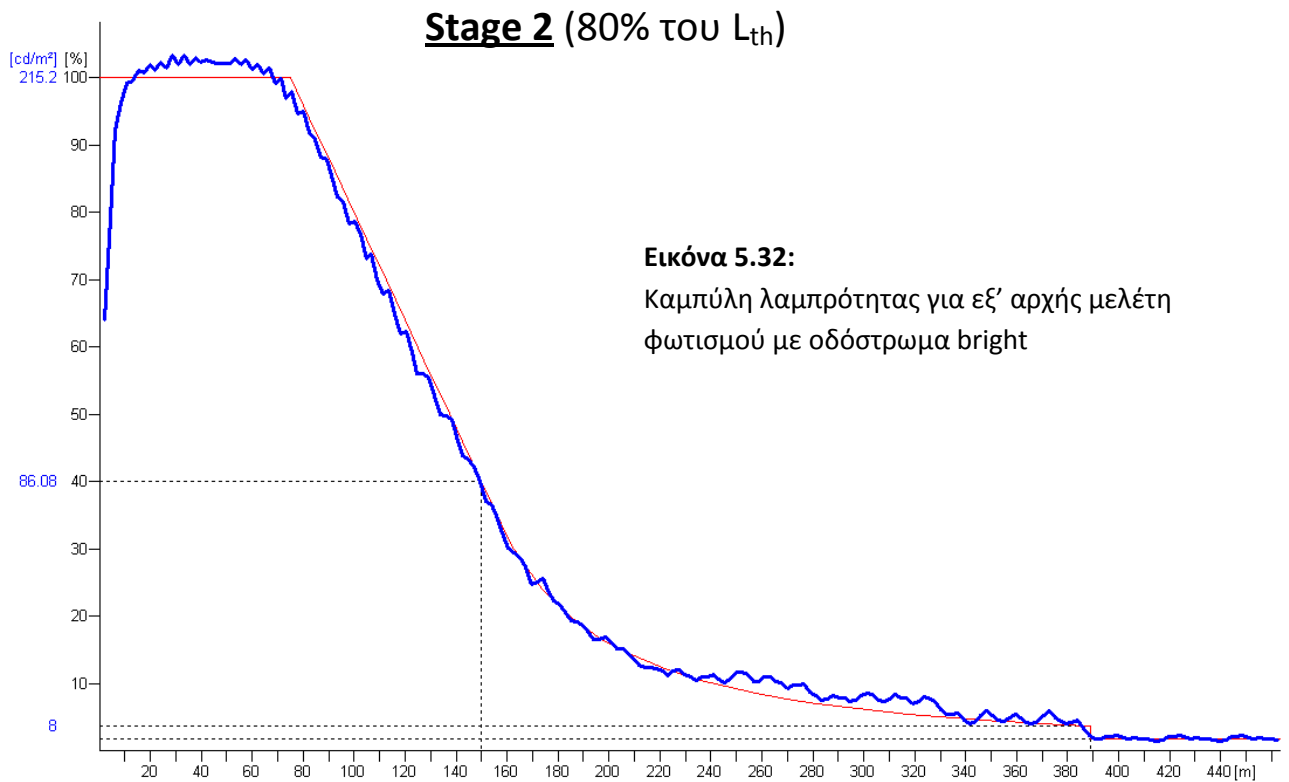
Measuring range: 557m - 581.5m
(observer x=497m, z=1.50m)

Measuring range: 642m - 666.5m
(observer x=575m, z=1.50m)

Roadway	R3	bright
Lav	8.24	10.36
U0 (>0.4)	0.47	0.54
UI (>0.6)	0.71	0.65
TI% (<15)	5.44	2.97
Wall left		
Lav (>60% Lav _{road})	10.28	6.79
U0 (>0.4)	0.75	0.67
Wall right		
Lav (>60% Lav _{road})	11.52	7.68
U0 (>0.4)	0.67	0.41

Roadway	R3	bright
Lav	21.68	20.90
U0 (>0.4)	0.46	0.54
UI (>0.6)	0.72	0.64
TI% (<15)	4.17	2.85
Wall left		
Lav (>60% Lav _{road})	26.18	13.38
U0 (>0.4)	0.77	0.68
Wall right		
Lav (>60% Lav _{road})	30.47	15.26
U0 (>0.4)	0.68	0.42

Η ζώνη εξόδου είναι ίδια για τα stages από 1 έως 5.

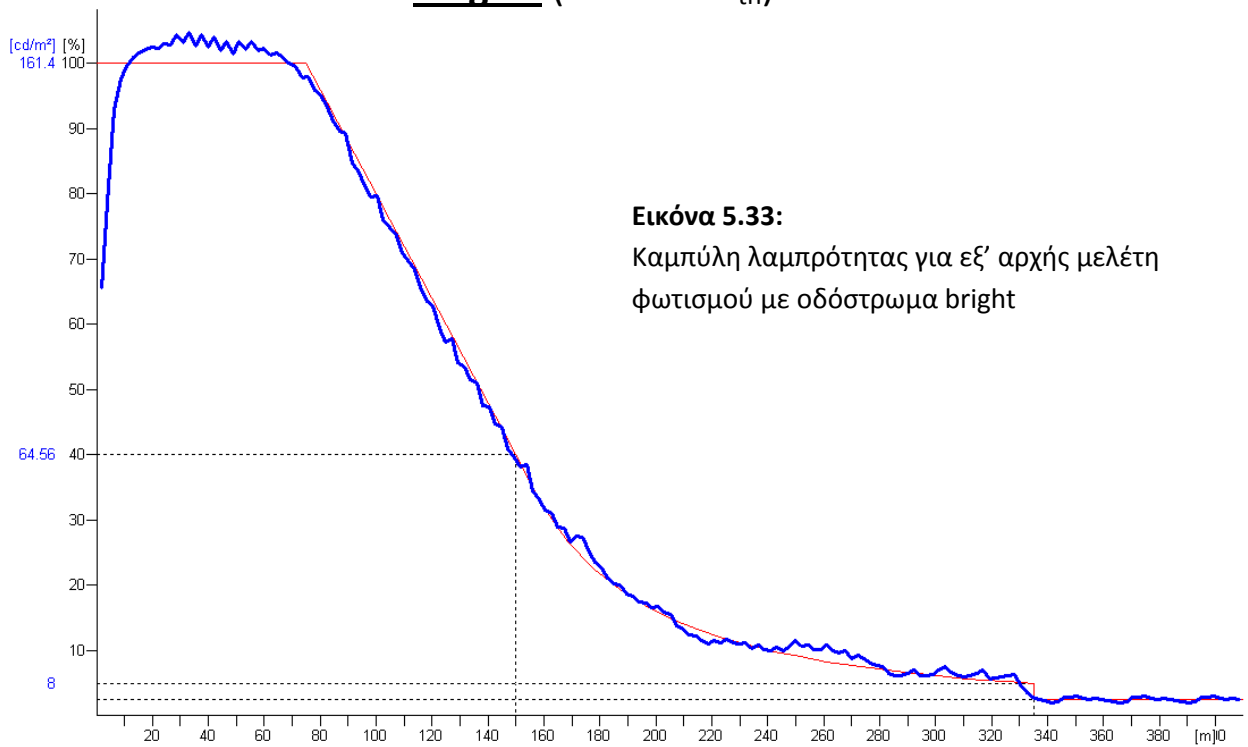


Πίνακας 5.41: Threshold zone (constant)

Measuring range: 29.96m - 45.32m (observer $x=-30.04m$, $z=1.50m$)

	R3	bright
Roadway		
Lav (>215)	218.59	219.99
U0 (>0.4)	0.62	0.82
UI (>0.6)	0.99	0.99
TI% (<15)	2.40	1.70
Wall left		
Lav (>60% Lav _{road})	252.25	183.53
U0 (>0.4)	0.89	0.87
Wall right		
Lav (>60% Lav _{road})	272.91	197.91
U0 (>0.4)	0.9	0.89

Stage 3 (60% του L_{th})



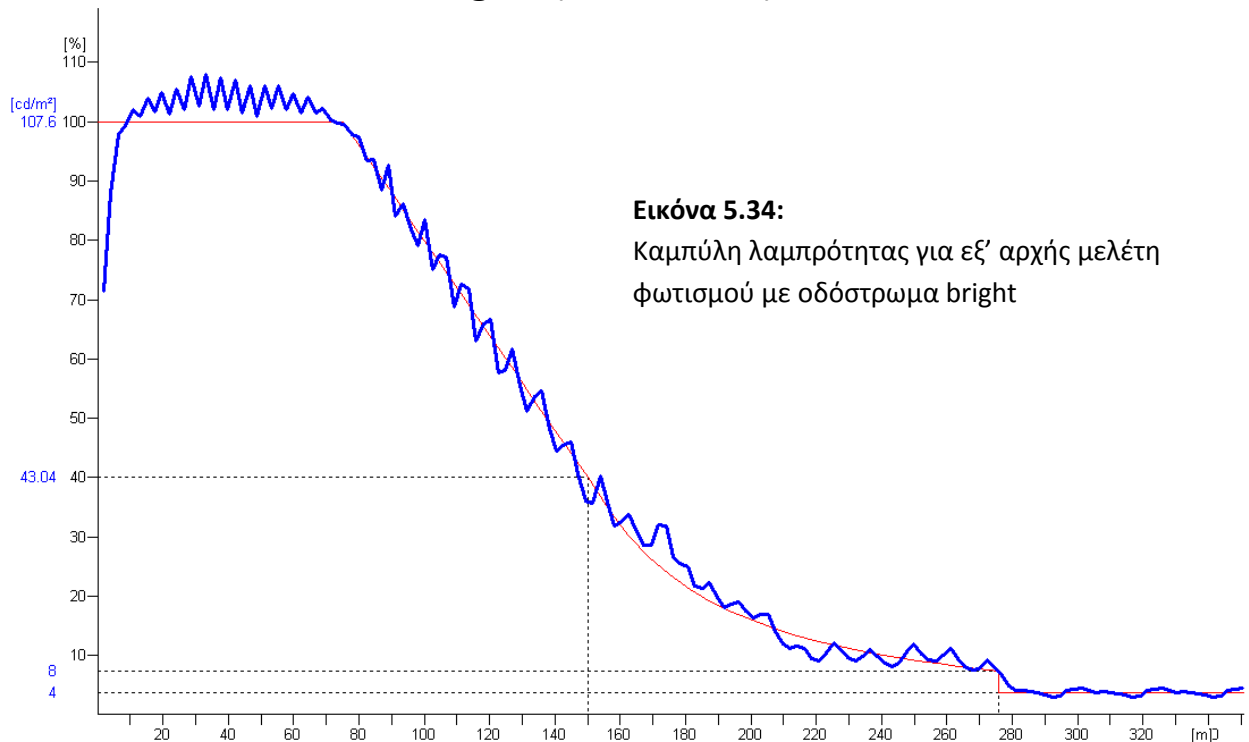
Εικόνα 5.33:

Καμπύλη λαμπρότητας για εξ' αρχής μελέτη φωτισμού με οδόστρωμα bright

Πίνακας 5.42: Threshold zone (constant)

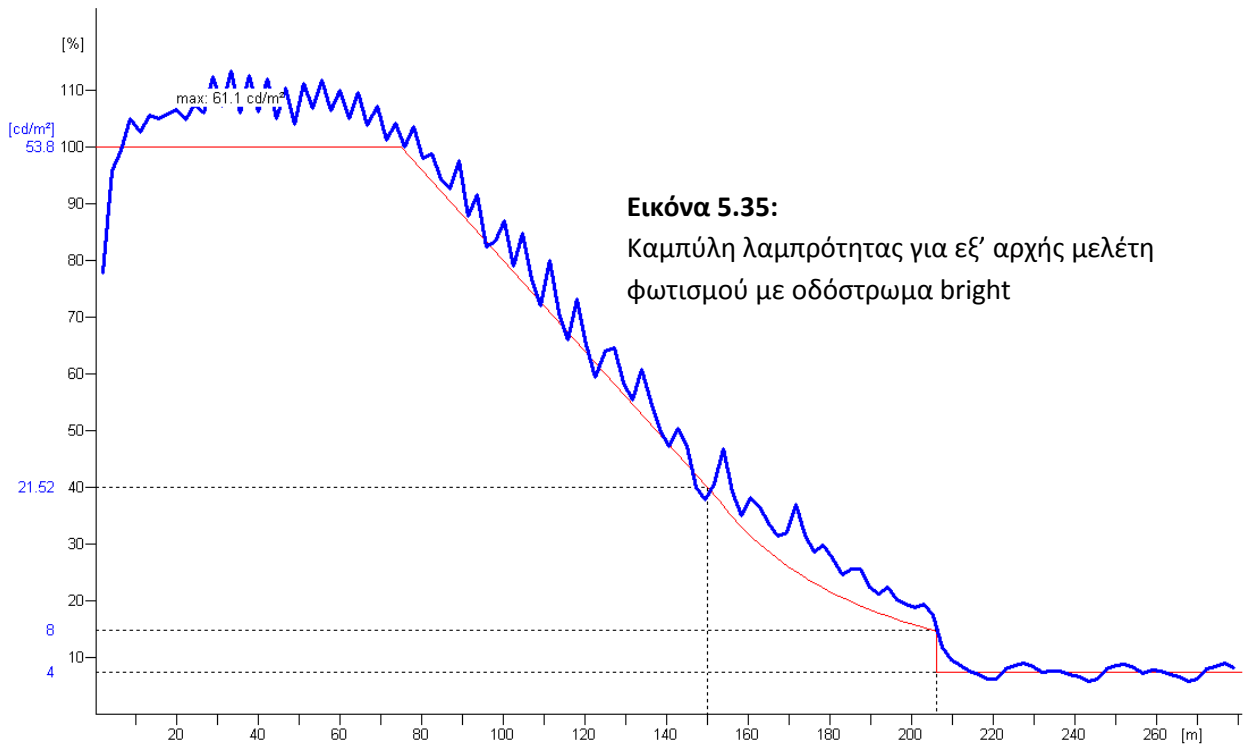
Measuring range: 29.96m - 45.32m (observer $x=-30.04m$, $z=1.50m$)

	R3	bright
Roadway		
Lav (>161)	165.02	166.23
U0 (>0.4)	0.62	0.81
UI (>0.6)	0.98	0.98
TI% (<15)	2.40	1.70
Wall left		
Lav (>60% Lav _{road})	190.53	138.86
U0 (>0.4)	0.89	0.87
Wall right		
Lav (>60% Lav _{road})	206.22	149.14
U0 (>0.4)	0.9	0.88

Stage 4 (40% του L_{th})**Πίνακας 5.43: Threshold zone (constant)**Measuring range: 29.96m - 45.32m (observer $x=-30.04m$, $z=1.50m$)

	R3	bright
Roadway		
Lav (>108)	111.50	111.93
U0 (>0.4)	0.62	0.80
UI (>0.6)	0.98	0.95
TI% (<15)	2.40	1.70
Wall left		
Lav (>60% Lav _{road})	128.90	92.70
U0 (>0.4)	0.87	0.85
Wall right		
Lav (>60% Lav _{road})	139.55	99.66
U0 (>0.4)	0.89	0.86

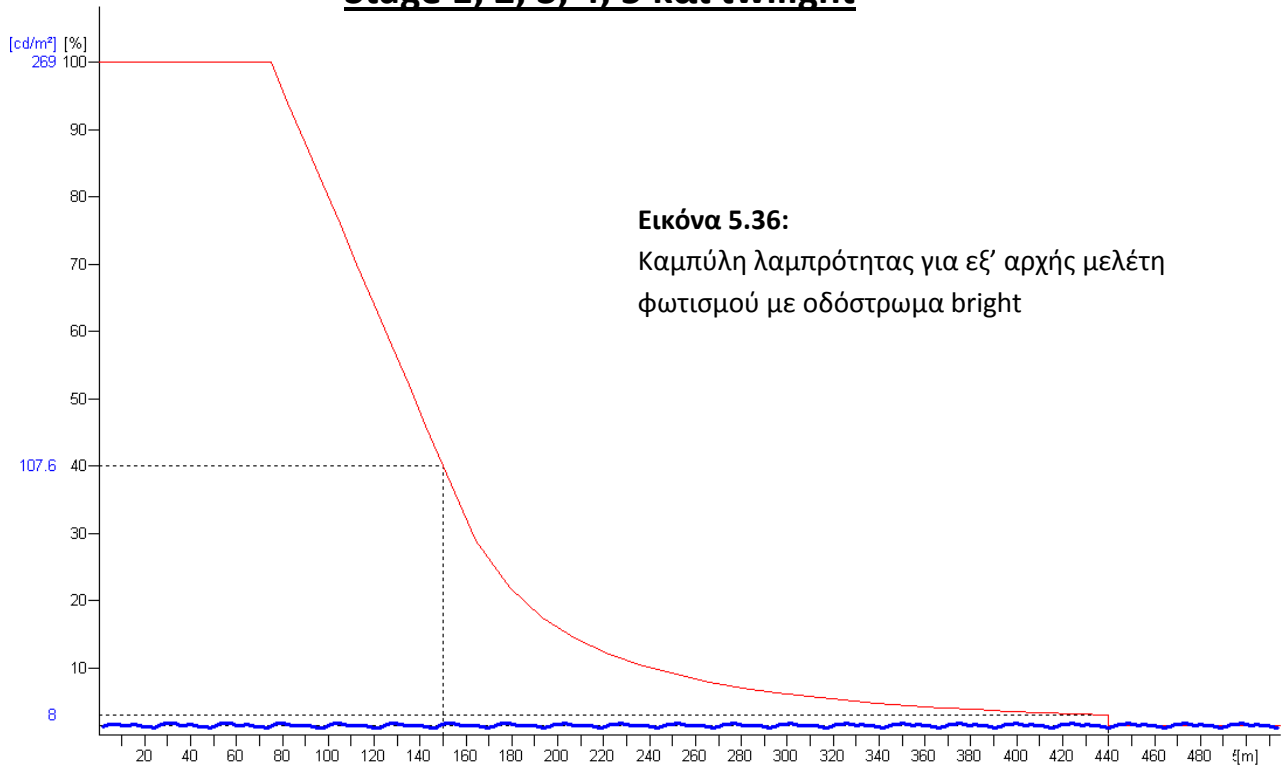
Stage 5 (20% του L_{th})



Πίνακας 5.44: Threshold zone (constant)

Measuring range: 29.96m - 45.32m (observer $x=-30.04m$, $z=1.50m$)

	R3	bright
Roadway		
Lav (>54)	57.96	58.45
U0 (>0.4)	0.61	0.79
UI (>0.6)	0.96	0.94
TI% (<15)	2.40	1.70
Wall left		
Lav (>60% Lav _{road})	66.90	47.65
U0 (>0.4)	0.87	0.85
Wall right		
Lav (>60% Lav _{road})	72.59	51.51
U0 (>0.4)	0.87	0.85

Stage 1, 2, 3, 4, 5 και twilight**Εικόνα 5.36:**

Καμπύλη λαμπρότητας για εξ' αρχής μελέτη φωτισμού με οδόστρωμα bright

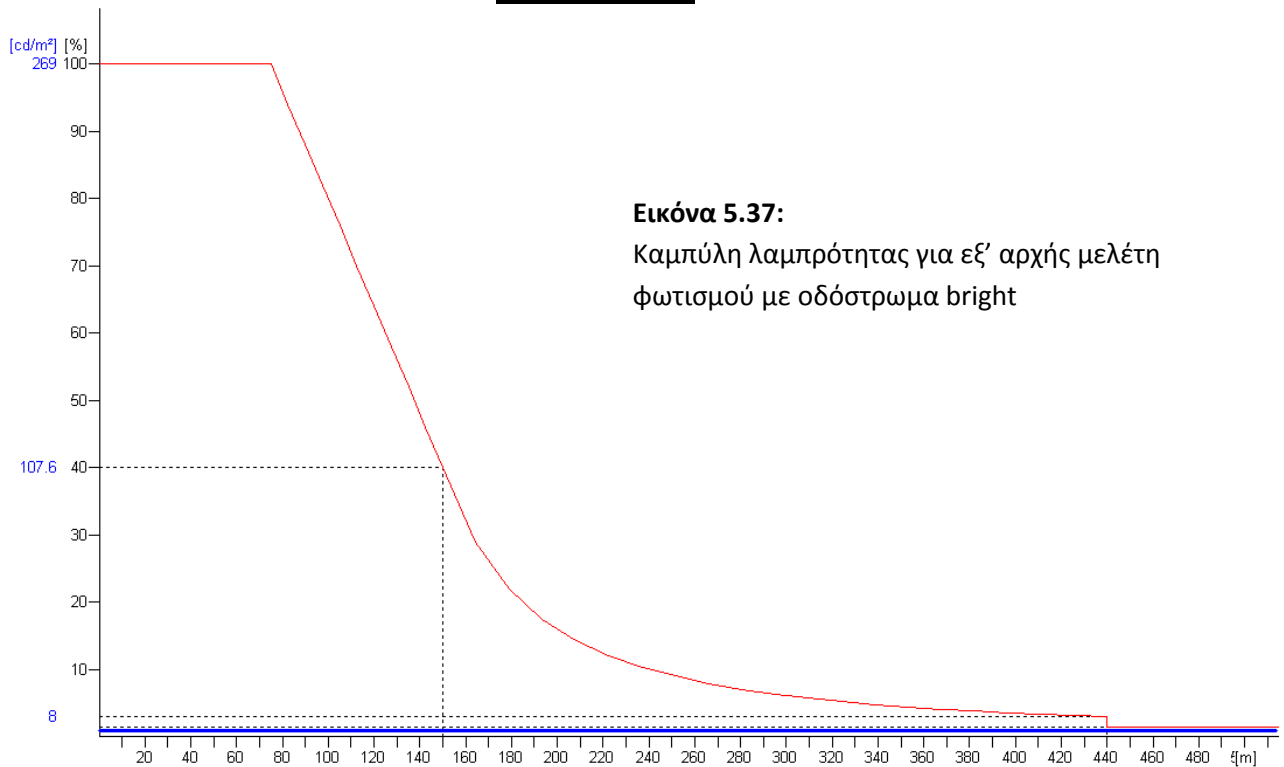
Πίνακας 5.45: Interior zone

Measuring range: 480m - 499m (observer x=420m, z=1.50m)

	R3	bright
Roadway		
Lav (>4)	4.27	4.05
U0 (>0.4)	0.47	0.54
UI (>0.6)	0.67	0.63
TI% (<15)	6.96	3.52
Wall left		
Lav (>60% Lav _{road})	5.33	2.67
U0 (>0.4)	0.74	0.67
Wall right		
Lav (>60% Lav _{road})	5.97	2.95
U0 (>0.4)	0.66	0.44

Ολόκληρη η σήραγγα στο stage twilight, θεωρείται ως μία εσωτερική ζώνη με σταθερή μέση λαμπρότητα 4cd/m^2 , η οποία έχει τον ίδιο φωτισμό και με την εσωτερική ζώνη των stage 1, 2, 3, 4 και 5.

Stage night



Εικόνα 5.37:

Καμπύλη λαμπρότητας για εξ' αρχής μελέτη φωτισμού με οδόστρωμα bright

Πίνακας 5.46: Interior zone

Measuring range: 480m - 499m (observer x=420m, z=1.50m)

	R3	bright
Roadway		
Lav (>2)	2.13	2.02
U0 (>0.4)	0.46	0.52
UI (>0.6)	0.66	0.60
TI% (<15)	6.96	3.52
Wall left		
Lav (>60% Lav _{road})	2.66	1.33
U0 (>0.4)	0.74	0.66
Wall right		
Lav (>60% Lav _{road})	3.00	1.48
U0 (>0.4)	0.66	0.43

Στο stage night, η σήραγγα θεωρείται σε όλο το μήκος της σαν μία εσωτερική ζώνη, με σταθερή μέση λαμπρότητα 2cd/m^2 .

Αφού όπως φαίνεται από τις προσομοιώσεις που έχουν γίνει μέσω του Relux, ικανοποιούνται οι απαραίτητες προδιαγραφές, ακολουθούν συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα για το οδόστρωμα R3 και για την εξ' αρχής μελέτη για το bright οδόστρωμα.

Υπολογισμός κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας

Πίνακας 5.47: οδόστρωμα R3

φωτισμός	πλήθος φωτιστικών	εγκατεστημένη ισχύς (kWh)	kWh/ ημέρα	kWh/ έτος	kWh/ 30 έτη	MWh/ 30 έτη
night (symm)	37	6142	147.4	53804	1614118	1614.1
twilight (symm)	37	6142	98.3	35869	1076078	1076.1
προσαρμογής (asymm)	297	107475	611.8	223319	6699564	6699.6
εξόδου (250W) (symm)	9	2466	23.4	8551	256526	256.5
εξόδου (400W) (symm)	5	2155	20.5	7472	224174	224.2
εξόδου (400W) (symm)	5	2155	20.5	7472	224174	224.2
Σύνολο	390	126535	922	336488	10094633	10095

(όπου στο Σύνολο έγινε στρογγυλοποίηση στη δεκάδα)

Πίνακας 5.48: οδόστρωμα bright

φωτισμός	πλήθος φωτιστικών	εγκατεστημένη ισχύς (kWh)	kWh/ ημέρα	kWh/ έτος	kWh/ 30 έτη	MWh/ 30 έτη
night (symm)	29	3219	77.3	28198	845953	846.0
twilight (symm)	29	3219	51.5	18799	563969	564.0
προσαρμογής (asymm)	220	73434	415.5	151657	4549711	4549.7
εξόδου (250W) (symm)	7	1918	18.2	6651	199520	199.5
εξόδου (400W) (symm)	4	1724	16.4	5978	179339	179.3
Σύνολο	289	83514	579	211283	6338492	6338
Εξοικονόμηση από R3	101	43021	343	125205	3756141	3757

(όπου στο Σύνολο έγινε στρογγυλοποίηση στη δεκάδα)

Επομένως γίνεται **εξοικονόμηση ενέργειας 37.2%**.

Η εξοικονόμηση ενέργειας όπως φαίνεται είναι πολύ μεγάλη. Παρατηρώντας όμως και τα ποσοτικά αποτελέσματα, είναι φανερό ότι η εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh είναι τεράστια σε σχέση με έναν δρόμο στο αντίστοιχο σενάριο (για τον δρόμο φωτισμού M1 είναι 21691 kWh/km ανά έτος ενώ για τον M3 είναι 7884 kWh/km ανά έτος).

Επίσης για τη σήραγγα αυτή των 700m, υπάρχει επίσης ένα αρχικό πάγιο κέρδος από την εγκατάσταση λιγότερων φωτιστικών. Τα φωτιστικά αυτά έχουν κόστος της τάξης των 250€. Επομένως το **κέρδος** από την εγκατάσταση λιγότερων φωτιστικών θα είναι:

$$101 \text{ φωτιστικά} * 250\text{€} = \mathbf{25250\text{€}}$$

Αν γίνει και μία εκτίμηση του κέρδους σε € από την εξοικονόμηση ενέργειας για την συγκεκριμένη σήραγγα των 700m, με κόστος kWh=0.073€, το **κέρδος** λόγω της χαμηλότερης κατανάλωσης θα είναι:

$$0.073€ * 125205\text{kWh}/\text{έτος} = \mathbf{9140 \text{ €}/\text{έτος}}$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων

Εισαγωγή:

Στην παρούσα εργασία παρουσιάστηκαν κάποιες προσομοιώσεις φωτισμού, που έγιναν σε δύο δρόμους διαφορετικής κλάσης φωτισμού και σε μία σήραγγα. Αρχικά προηγήθηκαν οι μελέτες με οδόστρωμα κατηγορίας R3, ενώ στη συνέχεια ακολούθησαν αντίστοιχες μελέτες με τα νέα ασφαλτικά υλικά. Στη δεύτερη περίπτωση εξετάστηκαν για τον κάθε δρόμο και για τη σήραγγα δύο διαφορετικά σενάρια.

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα και κάποια συμπεράσματα για κάθε περίπτωση.

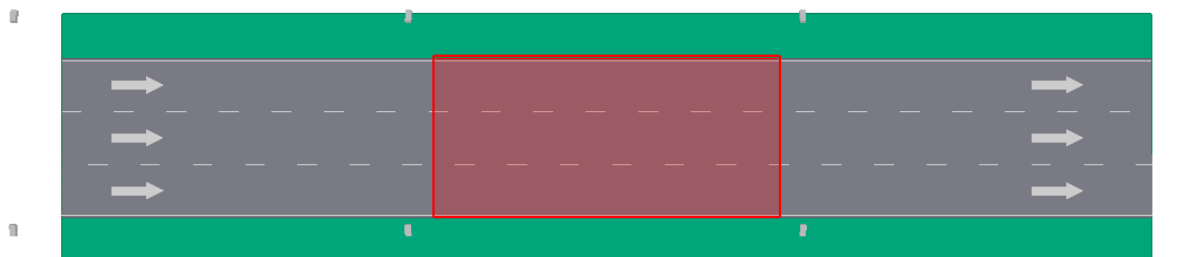
6.1 Προσομοίωση οδικού φωτισμού για δρόμο κλάσης φωτισμού M1

Χαρακτηριστικά δρόμου: Αυτοκινητόδρομος (κατηγορίας A1)

πλάτος 12 μέτρα

3 λωρίδες κυκλοφορίας.

κλάση φωτισμού M1



Εικόνα 6.1: Κάτοψη δρόμου

1^ο Σενάριο

Αρχικά όπως αναφέρθηκε γίνεται η μελέτη φωτισμού του δρόμου με οδόστρωμα R3. Στο 1^ο σενάριο λοιπόν, θεωρείται ότι ο δρόμος είναι ήδη κατασκευασμένος και βρίσκεται σε λειτουργία, και τα φωτιστικά έχουν τοποθετηθεί όπως έχουν οριστεί από την μελέτη φωτισμού του δρόμου. Έπειτα διατηρώντας αναλλοίωτη την προϋπάρχουσα εγκατάσταση των ιστών με τα φωτιστικά, χωρίς να μετακινηθούν ή να γίνει επέμβαση με άλλο τρόπο στην εγκατάστασή τους, γίνεται η επικάλυψη του οδοστρώματος R3, με το οδόστρωμα bright ή dark αντίστοιχα, ενώ ταυτόχρονα γίνεται αντικατάσταση των φωτιστικών με άλλα μικρότερης ισχύος.

Έτσι προκύπτει εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ ταυτόχρονα υπάρχει και οικονομικό όφελος που οφείλεται στην μικρότερη κατανάλωση ενέργειας. Ακολουθούν τα αποτελέσματα συγκριτικά με την αρχική εγκατάσταση με το οδόστρωμα R3.

(Δεν έχει υπολογιστεί το κόστος επιστρώσης των νέων ασφαλτικών υλικών)

Τελικά σε σχέση με το οδόστρωμα R3 υπάρχει κέρδος:

Πίνακας 6.1: Κέρδος σε kWh/km σε σχέση με το οδόστρωμα R3

<u>κέρδος σε kWh/km</u>	ανά έτος	ανά 30 έτη	ποσοστιαία εξοικονόμηση ενέργειας
bright οδόστρωμα	18530 kWh/km	555900 kWh/km	32.54%
dark οδόστρωμα	18530 kWh/km	555900 kWh/km	32.54%

Πίνακας 6.2: Κέρδος σε €/km σε σχέση με το οδόστρωμα R3

<u>κέρδος σε €/km</u>	ανά έτος	ανά 30 έτη
bright οδόστρωμα	712 €/km	21360 €/km
dark οδόστρωμα	712 €/km	21360 €/km

2^ο Σενάριο

Το 2^ο σενάριο αφορά την εξαρχής μελέτη του δρόμου με τα καινούρια ασφαλικά υλικά, ρυθμίζοντας κατάλληλα την εγκατάσταση των φωτιστικών.

Έτσι, προκύπτει και πάλι εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας τοποθετώντας σε μεγαλύτερες αποστάσεις τις κολόνες, ενώ ταυτόχρονα υπάρχει κέρδος από το μικρότερο κόστος κατασκευής τους, αφού θα είναι λιγότερες ανά χιλιόμετρο. Επίσης κέρδος αποδίδει η συντήρηση και ο καθαρισμός του μικρότερου πλήθους φωτιστικών, άρα και η αντικατάσταση λιγότερων λαμπτήρων. Ακολουθούν τα αποτελέσματα συγκριτικά με την αρχική εγκατάσταση με το οδόστρωμα R3.

Τελικά το κέρδος σε σχέση με το οδόστρωμα R3 είναι:

Πίνακας 6.3: Κέρδος σε kWh/km σε σχέση με το οδόστρωμα R3

<u>κέρδος σε kWh/km</u>	ανά έτος	ανά 30 έτη	ποσοστιαία εξοικονόμηση ενέργειας
bright οδόστρωμα	21691 kWh/km	650743 kWh/km	38.1%
dark οδόστρωμα	19929 kWh/km	597870 kWh/km	35.0%

Πίνακας 6.4: Κέρδος σε €/km σε σχέση με το οδόστρωμα R3

<u>κέρδος σε €/km</u>	ανά έτος	ανά 30 έτη
bright οδόστρωμα	3000 €/km	90000 €/km
dark οδόστρωμα	2756 €/km	82680 €/km

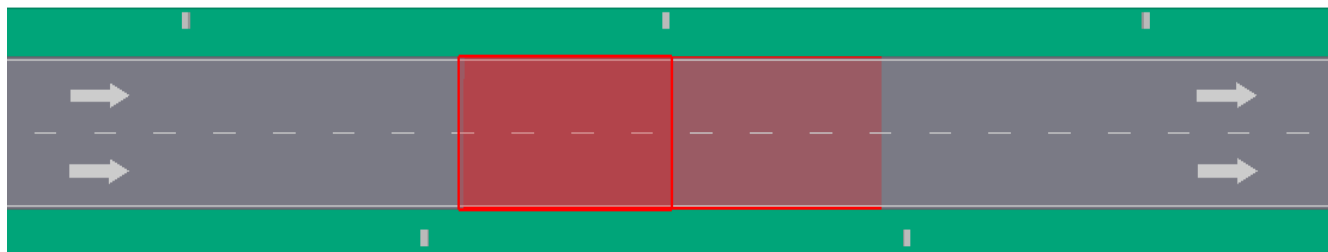
6.2 Προσομοίωση οδικού φωτισμού για δρόμο κλάσης φωτισμού M3c

Χαρακτηριστικά δρόμου: Αστικός δρόμος (κατηγορίας B2)

πλάτος 8 μέτρα

2 λωρίδες κυκλοφορίας

κλάση φωτισμού M3c



Εικόνα 6.2: Κάτοψη δρόμου

1^ο Σενάριο

Αρχικά όπως αναφέρθηκε γίνεται η μελέτη φωτισμού του δρόμου με οδόστρωμα R3. Στο 1^ο σενάριο λοιπόν, θεωρείται ότι ο δρόμος είναι ήδη κατασκευασμένος και βρίσκεται σε λειτουργία, και τα φωτιστικά έχουν τοποθετηθεί όπως έχουν οριστεί από την μελέτη φωτισμού του δρόμου. Έπειτα διατηρώντας αναλλοίωτη την προϋπάρχουσα εγκατάσταση των ιστών με τα φωτιστικά, χωρίς να μετακινηθούν ή να γίνει επέμβαση με άλλο τρόπο στην εγκατάστασή τους, γίνεται η επικάλυψη του οδοστρώματος R3, με το οδόστρωμα bright ή dark αντίστοιχα, ενώ ταυτόχρονα γίνεται αντικατάσταση των φωτιστικών με άλλα μικρότερης ισχύος.

Έτσι προκύπτει εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ ταυτόχρονα υπάρχει και οικονομικό όφελος που οφείλεται στην μικρότερη κατανάλωση ενέργειας. Ακολουθούν τα αποτελέσματα συγκριτικά με την αρχική εγκατάσταση με το οδόστρωμα R3. (Δεν έχει υπολογιστεί το κόστος επίστρωσης των νέων ασφαλτικών υλικών)

Τελικά σε σχέση με το οδόστρωμα R3 υπάρχει κέρδος:

Πίνακας 6.5: Κέρδος σε kWh/km σε σχέση με το οδόστρωμα R3

<u>κέρδος σε kWh/km</u>	ανά έτος	ανά 30 έτη	ποσοστιαία εξοικονόμηση ενέργειας
bright οδόστρωμα	5201 kWh/km	156030 kWh/km	23.75%
dark οδόστρωμα	5201 kWh/km	156030 kWh/km	23.75%

Πίνακας 6.6: Κέρδος σε €/km σε σχέση με το οδόστρωμα R3

<u>κέρδος σε €/km</u>	ανά έτος	ανά 30 έτη
bright οδόστρωμα	276 €/km	8280 €/km
dark οδόστρωμα	276 €/km	8280 €/km

2^ο Σενάριο

Το 2^ο σενάριο αφορά την εξαρχής μελέτη του δρόμου με τα καινούρια ασφαλτικά υλικά, ρυθμίζοντας κατάλληλα την εγκατάσταση των φωτιστικών.

Έτσι, προκύπτει και πάλι εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας τοποθετώντας σε μεγαλύτερες αποστάσεις τις κολόνες, ενώ ταυτόχρονα υπάρχει κέρδος από το μικρότερο κόστος κατασκευής τους, αφού θα είναι λιγότερες ανά χιλιόμετρο. Επίσης κέρδος αποδίδει η συντήρηση και ο καθαρισμός του μικρότερου πλήθους φωτιστικών, άρα και η αντικατάσταση λιγότερων λαμπτήρων. Ακολουθούν τα αποτελέσματα συγκριτικά με την αρχική εγκατάσταση με το οδόστρωμα R3.

(Δεν έχει υπολογιστεί το κόστος επιστρώσης των νέων ασφαλτικών υλικών)

Τελικά το κέρδος σε σχέση με το οδόστρωμα R3 είναι:

Πίνακας 6.7: Κέρδος σε kWh/km σε σχέση με το οδόστρωμα R3

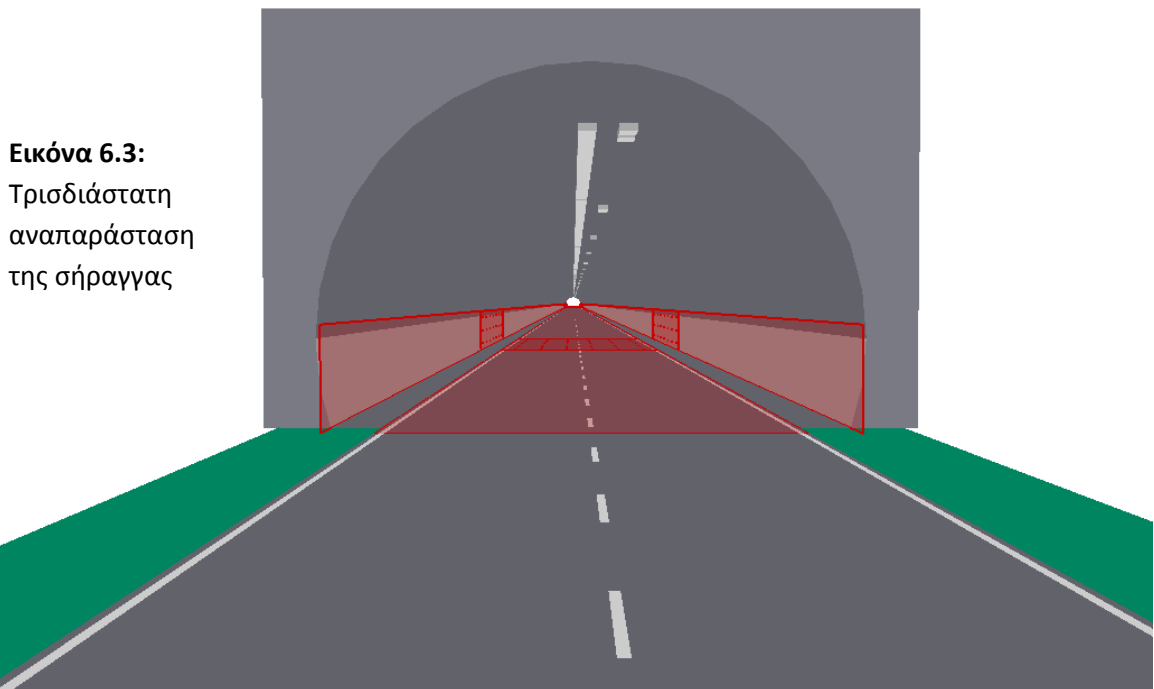
<u>κέρδος σε kWh/km</u>	ανά έτος	ανά 30 έτη	ποσοστιαία εξοικονόμηση ενέργειας
bright οδόστρωμα	7884 kWh/km	236520 kWh/km	36.0%
dark οδόστρωμα	6665 kWh/km	199950 kWh/km	30.4%

Πίνακας 6.8: Κέρδος σε €/km σε σχέση με το οδόστρωμα R3

<u>κέρδος σε €/km</u>	ανά έτος	ανά 30 έτη
bright οδόστρωμα	1888 €/km	56640 €/km
dark οδόστρωμα	1596 €/km	47880 €/km

6.3 Προσομοίωση φωτισμού σήραγγας (κλάσης φωτισμού 3)

Χαρακτηριστικά σήραγγας: μήκος 700 μέτρα
πλάτος 10 μέτρα
ύψος 7 μέτρα
2 λωρίδες κυκλοφορίας των 4 μέτρων
2 πεζοδρόμια δεξιά και αριστερά 1 μέτρου το καθένα
μελέτη στους τοίχους μέχρι ύψος 2 μέτρων
προσανατολισμός νοτιοδυτικός



Εικόνα 6.3:
Τρισδιάστατη
αναπαράσταση
της σήραγγας

Ταχύτητα σχεδιασμού 100km/h

Μήκος ζώνης κατωφλίου περίπου 150m (ίση με την απόσταση πέδησης)

Συντελεστής λαμπρότητας ζώνης κατωφλίου $k=0.06$

Κυκλοφοριακή κίνηση: Μέση

Κίνηση μόνο μηχανοκίνητων οχημάτων

Κλάση σήραγγας: 3

Απαιτούμενη ομοιομορφία $U_0=0.4$ και $U_1=0.6$

1^ο Σενάριο

Αρχικά γίνεται η μελέτη φωτισμού της σήραγγας με οδόστρωμα R3. Θεωρείται λοιπόν ότι είναι ήδη κατασκευασμένη και βρίσκεται σε λειτουργία, ενώ τα φωτιστικά έχουν τοποθετηθεί όπως έχουν οριστεί από την μελέτη φωτισμού. Το πρώτο σενάριο αναφέρεται στο εξής: Διατηρείται αναλλοίωτη η προϋπάρχουσα εγκατάσταση των φωτιστικών, χωρίς να μετακινηθούν από τη θέση στην οποία βρίσκονται. Η αλλαγή που γίνεται, είναι η επικάλυψη του οδοστρώματος R3, με το οδόστρωμα bright. Ερευνάται

λοιπόν το πώς θα εξοικονομηθεί ηλεκτρική ενέργεια, ώστε τελικά να υπάρξει οικονομικό όφελος.

Η μελέτη που έγινε για μείωση της ισχύος των φωτιστικών δεν μπόρεσε να ικανοποιήσει τις απαραίτητες προδιαγραφές. Έτσι ακολούθησε καινούρια μελέτη για να ελεγχθεί αν μπορούν να ικανοποιηθούν οι προδιαγραφές, με επαναρύθμιση των group των φωτιστικών, όπου τελικά το αποτέλεσμα ήταν θετικό. Ακολουθούν τα αποτελέσματα ως προς την εξοικονόμηση ενέργειας.

Υπολογισμός κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας

Πίνακας 6.9: οδόστρωμα R3

φωτισμός	πλήθος φωτιστικών	εγκατεστημένη ισχύς (kWh)	kWh/ ημέρα	kWh/ έτος	kWh/ 30 έτη	MWh/ 30 έτη
night (symm)	37	6142	147.4	53804	1614118	1614.1
twilight (symm)	37	6142	98.3	35869	1076078	1076.1
προσαρμογής (asymm)	297	107475	611.8	223319	6699564	6699.6
εξόδου (250W) (symm)	9	2466	23.4	8551	256526	256.5
εξόδου (400W) (symm)	5	2155	20.5	7472	224174	224.2
εξόδου (400W) (symm)	5	2155	20.5	7472	224174	224.2
Σύνολο	390	126535	922	336488	10094633	10095

(όπου στο Σύνολο έγινε στρογγυλοποίηση στη δεκάδα)

Πίνακας 6.10: οδόστρωμα bright με επαναρύθμιση των group

φωτισμός	πλήθος φωτιστικών	εγκατεστημένη ισχύς (kWh)	kWh/ ημέρα	kWh/ έτος	kWh/ 30 έτη	MWh/ 30 έτη
night (symm)	37	6142	147.4	53804	1614118	1614.1
twilight (symm)	37	6142	0.00	0.0	0	0.00
προσαρμογής (asymm)	297	107475	541.3	197566	5926969	5926.9
εξόδου (250W) (symm)	9	2466	23.43	8551	256526	256.5
εξόδου (400W) (symm)	5	2155	0.00	0.0	0	0.00
εξόδου (400W) (symm)	5	2155	20.47	7473	224174	224.2
Σύνολο	390	126535	733	267393	8021786	8022
Εξοικονόμηση από R3	0	0	189	69095	2072850	2073

(όπου στο Σύνολο έγινε στρογγυλοποίηση στη δεκάδα)

Επομένως γίνεται **εξοικονόμηση ενέργειας 20.53%**.

Παρατηρώντας όμως ποσοτικά τα αποτελέσματα, είναι φανερό ότι η εξοικονόμηση σε kWh είναι τεράστια σε σχέση με έναν δρόμο στο αντίστοιχο σενάριο (για τον δρόμο φωτισμού M1 είναι 18530 kWh/km ανά έτος ενώ για τον M3 είναι 5201 kWh/km ανά έτος).

Αν γίνει και μία εκτίμηση του κέρδους σε € από την εξοικονόμηση ενέργειας για την συγκεκριμένη σήραγγα των 700m, με κόστος kWh=0.073€ θα υπάρχει **κέρδος:**

$$0.073€ * 69095\text{kWh}/\text{έτος} = 5044 \text{ €}/\text{έτος}$$

2^ο Σενάριο

Το δεύτερο σενάριο έγκειται στην εξαρχής μελέτη φωτισμού της σήραγγας, με τοποθετημένο το καινούριο οδόστρωμα bright. Αφού λοιπόν οι απαιτούμενες προδιαγραφές ικανοποιούνται, ακολουθούν τα αποτελέσματα ως προς την εξοικονόμηση ενέργειας.

Πίνακας 6.11: οδόστρωμα R3

φωτισμός	πλήθος φωτιστικών	εγκατεστημένη ισχύς (kWh)	kWh/ ημέρα	kWh/ έτος	kWh/ 30 έτη	MWh/ 30 έτη
night (symm)	37	6142	147.4	53804	1614118	1614.1
twilight (symm)	37	6142	98.3	35869	1076078	1076.1
προσαρμογής (asymm)	297	107475	611.8	223319	6699564	6699.6
εξόδου (250W) (symm)	9	2466	23.4	8551	256526	256.5
εξόδου (400W) (symm)	5	2155	20.5	7472	224174	224.2
εξόδου (400W) (symm)	5	2155	20.5	7472	224174	224.2
Σύνολο	390	126535	922	336488	10094633	10095

(όπου στο Σύνολο έγινε στρογγυλοποίηση στη δεκάδα)

Πίνακας 6.12: οδόστρωμα bright

φωτισμός	πλήθος φωτιστικών	εγκατεστημένη ισχύς (kWh)	kWh/ ημέρα	kWh/ έτος	kWh/ 30 έτη	MWh/ 30 έτη
night (symm)	29	3219	77.3	28198	845953	846.0
twilight (symm)	29	3219	51.5	18799	563969	564.0
προσαρμογής (asymm)	220	73434	415.5	151657	4549711	4549.7
εξόδου (250W) (symm)	7	1918	18.2	6651	199520	199.5
εξόδου (400W) (symm)	4	1724	16.4	5978	179339	179.3
Σύνολο	289	83514	579	211283	6338492	6338
Εξοικονόμηση από R3	101	43021	343	125205	3756141	3757

(όπου στο Σύνολο έγινε στρογγυλοποίηση στη δεκάδα)

Επομένως γίνεται **εξοικονόμηση ενέργειας 37.2%**.

Η εξοικονόμηση ενέργειας όπως φαίνεται είναι πολύ μεγάλη. Παρατηρώντας όμως και τα ποσοτικά αποτελέσματα, είναι φανερό ότι η εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh είναι τεράστια σε σχέση με έναν δρόμο στο αντίστοιχο σενάριο (για τον δρόμο φωτισμού M1 είναι 21691 kWh/km ανά έτος ενώ για τον M3 είναι 7884 kWh/km ανά έτος).

Επίσης για τη σήραγγα αυτή των 700m, υπάρχει επίσης ένα αρχικό πάγιο κέρδος από την εγκατάσταση λιγότερων φωτιστικών. Τα φωτιστικά αυτά έχουν κόστος της τάξης των 250€. Επομένως το **κέρδος** από την εγκατάσταση λιγότερων φωτιστικών θα είναι:

$$101\text{φωτιστικά} * 250\text{€} = \mathbf{25250\text{€}}$$

Αν γίνει και μία εκτίμηση του κέρδους σε € από την εξοικονόμηση ενέργειας για την συγκεκριμένη σήραγγα των 700m, με κόστος kWh=0.073€, το **κέρδος** λόγω της χαμηλότερης κατανάλωσης θα είναι:

$$0.073\text{€} * 125205\text{kWh/έτος} = \mathbf{9140\text{€/έτος}}$$

Συμπεράσματα:

Εύκολα μπορεί κάποιος να παρατηρήσει ότι με τα καινούρια ασφαλτικά υλικά πράγματι μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και να αποφέρουν οικονομικά οφέλη. Όπως φαίνεται μάλιστα, η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας είναι αρκετά μεγάλη σε δρόμους ή σήραγγες όπου ήδη βρίσκονται σε λειτουργία και γίνεται επίστρωση του οδοστρώματος με κάποιο νέο ασφαλτικό υλικό, αλλά ακόμα μεγαλύτερη σε δρόμους ή σήραγγες που η αρχική τους μελέτη γίνεται με βάση τα νέα ασφαλτικά υλικά.

Συνεπώς το όφελος είναι και περιβαλλοντικό αλλά και οικονομικό, το οποίο μπορεί να ελκύσει έναν μελετητή οδικής εγκατάστασης να χρησιμοποιήσει αυτά τα υλικά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Τοπαλής Φ. Β., 1994. Φωτοτεχνία, Βασικές αρχές φωτομετρίας και μελέτες φωτισμού, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
- [2] Relux Informatik AG © 2000 (information for road lighting) based on EN 13201 part 1 June 1998 and to EN 13201:2003 part 2 - part 4
- [3] Τσανακτσίδης Δημήτριος, Τσιτσούλας Δημήτριος. Κυκλοφοριακό - Διάρθρωση οδικού δικτύου πόλης Κοζάνης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ.
www.tsanak.gr/documents/civil/roadlighting.pdf
- [4] CIE, 1988. Technical Report, Calculation and Measurement of Luminance and illuminance in Road Tunnel Lighting System
- [5] <http://www.sparet-er-tjent.dk/2010/02/guide-til-led-prer-fremtidens-teknologi.html>
- [6] <http://www.electro-tech-online.com/general-electronics-chat/3117-dual-brightness-driving-lights.html>
- [7] Πρότυπο DIN EN 12464-1 (Lighting of work places Part 1: Indoor work places)
- [8] Luminaire Selection - Philips Concern Photometric Database 2011-03-03
- [9] Εφαρμογές Φωτισμού - Φωτισμός Σηράγγων, ελληνικό πρότυπο ΕΛΟΤ CR 14380, 2003.
- [10] <http://www.globalengineering.info>
- [11] <http://www.abolincoolpaints.com>
- [12] ABOLIN Ομώνυμη Εταιρεία
- [13] www.coverlite.it
- [14] CIE Technical Report Guide for the lighting of road. Tunnels and Underpasses. Publication CIE 88-2004
- [15] <http://www.eindal.com/en/> (Tunnel and Underpass lighting)
- [16] http://www.thornlighting.com/road_lighting/DK/1964_1969.htm

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

Δρόμος κλάσης φωτισμού ΜΕ1

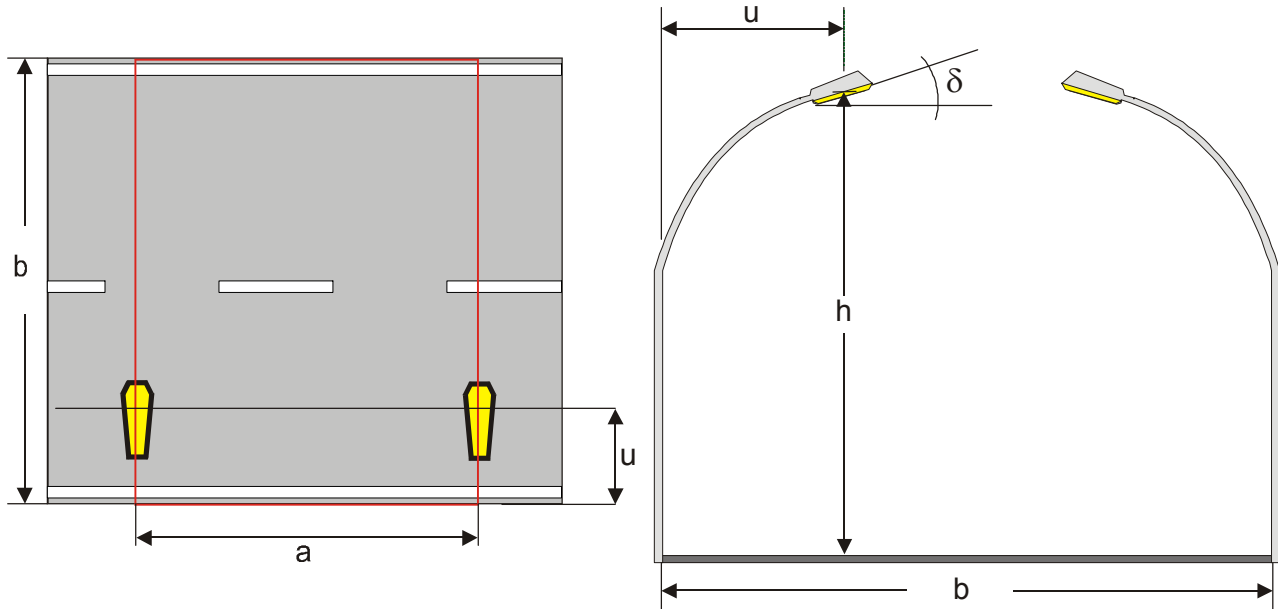
Προσομοίωση φωτισμού με οδόστρωμα R3

Object :
 Installation :
 Project number :
 Date : 29.05.2011

Road ME1

Summary, Road ME1

Result overview, Road



Luminaire data

Manufacturer : Idman/2011-06-09 Eulumdat/1 B-Tilt = 0.00
 Order No. : 621HGV AC 1xSON-T150W TP P10 (1x0W)
 Luminaire name : 621HGV AC 1xSON-T150W TP P10
 Equipment : 1 x SON-T150W / 15000 lm

Road layout	: without central reservation	Luminaire placing	: Both sides
Width of roadway (b)	: 12.00 m	photometric centre height. (h)	: 11.00 m
No. of lanes	: 3	Luminaire spacing (a)	: 26.00 m
Road surface category	: R3	Luminaires - outreach (u)	: -1.00 m
q0	: 0.08	Inclination (delta)	: 10.00°
Right hand drivers		Maintenance factor	: 0.70

Luminance

Observer location 1	: x=-60.00m, y=2.00m, z=1.50m
Average	: 2.01 cd/m ² (ME1 min. 2)
Minimum	: 1.64 cd/m ²
U0 (min/average)	: 0.81 (ME1 min. 0.4)
Observer location 2	: x=-60.00m, y=6.00m, z=1.50m
Average	: 2.02 cd/m ² (ME1 min. 2)
Minimum	: 1.72 cd/m ²
U0 (min/average)	: 0.85 (ME1 min. 0.4)
Observer location 3	: x=-60.00m, y=10.00m, z=1.50m
Average	: 2.01 cd/m ² (ME1 min. 2)
Minimum	: 1.64 cd/m ²
U0 (min/average)	: 0.81 (ME1 min. 0.4)

-please put your own address here-

Object :
Installation :
Project number :
Date : 29.05.2011



Road ME1

Summary, Road ME1

Result overview, Road

Longitudinal uniformity

UI (B1: x = -60.00, y = 2.00, z = 1.50)	: 0.83	(ME1 min. 0.7)
UI (B2: x = -60.00, y = 6.00, z = 1.50)	: 0.79	(ME1 min. 0.7)
UI (B3: x = -60.00, y = 10.00, z = 1.50)	: 0.83	(ME1 min. 0.7)

Glare/ surrounding brightness

TI (B1: y=2.00m)	: 7 %	(ME1 max. 10)
SR	: 0.52	(ME1 min. 0.5)

-please put your own address here-

Object :
Installation :
Project number :
Date : 29.05.2011

Luminaire data

Idman/2011-06-09 Eulumdat/1 B-Tilt = 0.00, 621HGV AC 1xSON-T150W TP P10 ()

Data sheet

Manufacturer: Idman/2011-06-09 Eulumdat/1 B-Tilt = 0.00

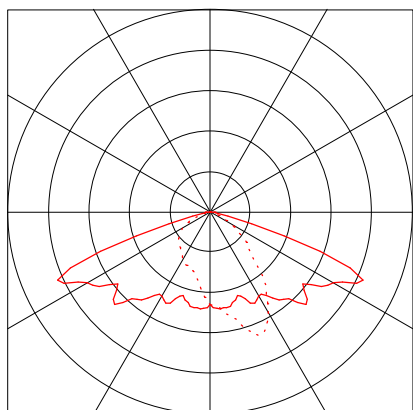
621HGV AC 1xSON-T150W TP P10

Luminaire data

Luminaire efficiency : 80%
Luminaire efficacy : 71.01 lm/W
Classification : A30 η 99.9% \uparrow 0.1%
CIE Flux Codes : 43 78 98 100 80
Control gear : CONV
System power : 169 W
Length : 787 mm
Width : 390 mm
Height : 267 mm

Equipped with

Quantity : 1
Designation : SON-T150W
Colour : -
Luminous flux : 15000 lm



-please put your own address here-

Object :
 Installation :
 Project number :
 Date : 29.05.2011



Road ME1

Calculation results, Road ME1

Table, Road (L)

[m]										
11.33	2.05	1.95	1.84	1.77	(1.64)	1.75	1.68	1.68	1.8	2.12
10.00	2.54	2.36	2.22	2.16	2.04	2.16	2.05	2.07	2.2	2.48
8.67	[2.63]	2.41	2.25	2.24	2.13	2.18	2.13	2.14	2.23	2.5
7.33	2.41	2.19	2.14	2.14	2.05	2.07	2	1.94	1.99	2.26
6.00	2.25	2.02	1.97	1.97	1.96	1.97	1.85	1.75	1.83	2.14
4.67	2.12	1.93	1.86	1.91	1.87	1.9	1.81	1.73	1.8	2.07
3.33	2.08	1.93	1.85	1.89	1.83	1.88	1.83	1.78	1.84	2.06
2.00	2.17	2	1.9	1.89	1.8	1.86	1.82	1.82	1.89	2.13
0.67	2.27	2.07	1.9	1.82	1.71	1.81	1.78	1.81	1.91	2.18
	1.30	3.90	6.50	9.10	11.70	14.30	16.90	19.50	22.10	24.70 [m]
	Luminance [cd/m ²]									

Observer location 1	: x = -60, y = 2, z = 1.5
Average luminance	Lav : 2.01 cd/m ²
Minimum luminance	Lmin : 1.64 cd/m ²
Overall uniformity U0	Lmin/Lm : 0.81
Threshold increment	TI : 7 %
Longitudinal uniformity UI	Llmin/Llmax : 0.83

-please put your own address here-

Object :
 Installation :
 Project number :
 Date : 29.05.2011



Calculation results, Road ME1

Table, Road (L)

[m]										
11.33	2.28	2.1	1.94	1.85	(1.72)	1.84	1.8	1.82	1.95	2.23
10.00	[2.48]	2.27	2.12	2.08	1.98	2.07	1.99	2.01	2.1	2.35
8.67	2.33	2.13	2.04	2.06	1.97	2.01	1.96	1.94	2.01	2.26
7.33	2.19	2.02	1.96	1.98	1.93	1.95	1.87	1.8	1.84	2.12
6.00	2.18	1.96	1.9	1.93	1.92	1.94	1.81	(1.72)	1.8	2.1
4.67	2.19	2.02	1.96	1.98	1.93	1.95	1.87	1.8	1.84	2.12
3.33	2.33	2.13	2.04	2.06	1.97	2.01	1.96	1.94	2.01	2.26
2.00	[2.48]	2.27	2.12	2.08	1.98	2.07	1.99	2.01	2.1	2.35
0.67	2.28	2.1	1.94	1.85	(1.72)	1.84	1.8	1.82	1.95	2.23
	1.30	3.90	6.50	9.10	11.70	14.30	16.90	19.50	22.10	24.70
	Luminance [cd/m ²]									

Observer location 2 : x = -60, y = 6, z = 1.5
 Average luminance Lav : 2.02 cd/m²
 Minimum luminance Lmin : 1.72 cd/m²
 Overall uniformity U0 Lmin/Lm : 0.85
 Threshold increment TI : 7 %
 Longitudinal uniformity UI Lmin/Llmax : 0.79

-please put your own address here-

Object :
 Installation :
 Project number :
 Date : 29.05.2011



Calculation results, Road ME1

Table, Road (L)

[m]										
11.33	2.27	2.07	1.9	1.82	1.71	1.81	1.78	1.81	1.91	2.18
10.00	2.17	2	1.9	1.89	1.8	1.86	1.82	1.82	1.89	2.13
8.67	2.08	1.93	1.85	1.89	1.83	1.88	1.83	1.78	1.84	2.06
7.33	2.12	1.93	1.86	1.91	1.87	1.9	1.81	1.73	1.8	2.07
6.00	2.25	2.02	1.97	1.97	1.96	1.97	1.85	1.75	1.83	2.14
4.67	2.41	2.19	2.14	2.14	2.05	2.07	2	1.94	1.99	2.26
3.33	[2.63]	2.41	2.25	2.24	2.13	2.18	2.13	2.14	2.23	2.5
2.00	2.54	2.36	2.22	2.16	2.04	2.16	2.05	2.07	2.2	2.48
0.67	2.05	1.95	1.84	1.77	(1.64)	1.75	1.68	1.68	1.8	2.12
	1.30	3.90	6.50	9.10	11.70	14.30	16.90	19.50	22.10	24.70 [m]
	Luminance [cd/m ²]									

Observer location 3 : x = -60, y = 10, z = 1.5
 Average luminance Lav : 2.01 cd/m²
 Minimum luminance Lmin : 1.64 cd/m²
 Overall uniformity U0 Lmin/Lm : 0.81
 Threshold increment TI : 7 %
 Longitudinal uniformity UI Lmin/Llmax : 0.83

-please put your own address here-

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

Δρόμος κλάσης φωτισμού ΜΕ1

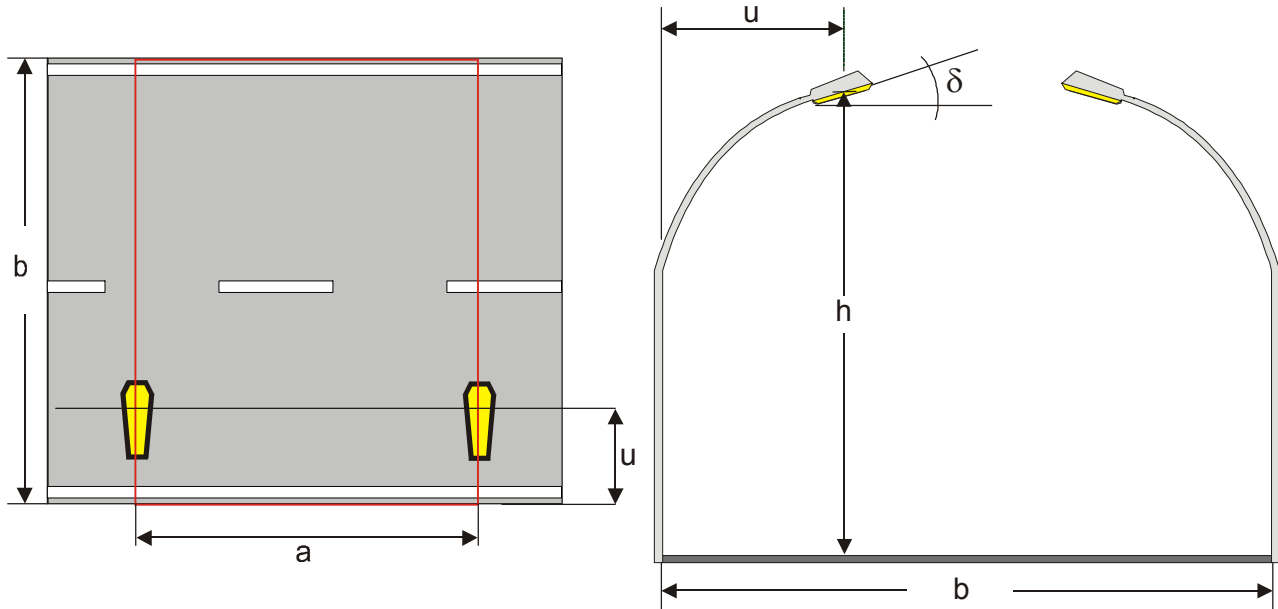
***Προσομοίωση φωτισμού με οδόστρωμα bright
με μείωση της ισχύος των φωτιστικών (1^ο σενάριο)***

Object :
 Installation :
 Project number :
 Date : 29.05.2011

Road ME1

Summary, Road ME1

Result overview, Road



Luminaire data

Manufacturer : Philips Lighting
 Order No. : SGP100 GB 1xSON-TPP100W OR P4 (1x0W)
 Luminaire name : SGP100 GB 1xSON-TPP100W OR P4
 Equipment : 1 x SON-TPP100W / 10700 lm

Road layout	: without central reservation	Luminaire placing	: Both sides
Width of roadway	(b): 12.00 m	photometric centre height. (h):	11.00 m
No. of lanes	: 3	Luminaire spacing	(a): 26.00 m
Road surface category	: anoixto	Luminaires - outreach	(u): -1.00 m
q0	: 0.12	Inclination	(delta): 10.00°
Right hand drivers		Maintenance factor	: 0.70

Luminance

Observer location 1	: x=-60.00m, y=2.00m, z=1.50m
Average	: 2.36 cd/m ² (ME1 min. 2)
Minimum	: 1.77 cd/m ²
U0 (min/average)	: 0.75 (ME1 min. 0.4)
Observer location 2	: x=-60.00m, y=6.00m, z=1.50m
Average	: 2.36 cd/m ² (ME1 min. 2)
Minimum	: 1.79 cd/m ²
U0 (min/average)	: 0.76 (ME1 min. 0.4)
Observer location 3	: x=-60.00m, y=10.00m, z=1.50m
Average	: 2.36 cd/m ² (ME1 min. 2)
Minimum	: 1.77 cd/m ²
U0 (min/average)	: 0.75 (ME1 min. 0.4)

-please put your own address here-

Object :
Installation :
Project number :
Date : 29.05.2011



Road ME1

Summary, Road ME1

Result overview, Road

Longitudinal uniformity

UI (B1: x = -60.00, y = 2.00, z = 1.50)	: 0.9	(ME1 min. 0.7)
UI (B2: x = -60.00, y = 6.00, z = 1.50)	: 0.92	(ME1 min. 0.7)
UI (B3: x = -60.00, y = 10.00, z = 1.50)	: 0.9	(ME1 min. 0.7)

Glare/ surrounding brightness

TI (B2: y=6.00m)	: 4 %	(ME1 max. 10)
SR	: 0.58	(ME1 min. 0.5)

-please put your own address here-

Object :
Installation :
Project number :
Date : 29.05.2011

Luminaire data

Philips Lighting, SGP100 GB 1xSON-TPP100W OR P4 ()

Data sheet

Manufacturer: Philips Lighting

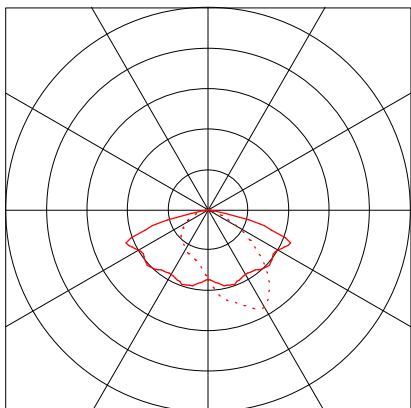
SGP100 GB 1xSON-TPP100W OR P4

Luminaire data

Luminaire efficiency : 83%
Luminaire efficacy : 77.9 lm/W
Classification : A30 η 99.8% \uparrow 0.2%
CIE Flux Codes : 38 73 97 100 83
Control gear : CONV
System power : 114 W
Length : 710 mm
Width : 350 mm
Height : 179 mm

Equipped with

Quantity : 1
Designation : SON-TPP100W
Colour : -
Luminous flux : 10700 lm



-please put your own address here-

Object :
 Installation :
 Project number :
 Date : 29.05.2011



Road ME1

Calculation results, Road ME1

Table, Road (L)

[m]										
11.33	2.04	2.07	1.95	1.9	1.86	1.8	(1.77)	1.84	1.99	2.08
10.00	2.35	2.36	2.23	2.22	2.21	2.16	2.12	2.17	2.36	2.39
8.67	2.56	2.56	2.44	2.52	2.51	2.47	2.45	2.43	2.62	2.58
7.33	2.62	2.66	2.53	2.65	2.65	2.62	2.63	2.56	2.72	2.62
6.00	2.61	2.67	2.54	2.66	2.68	2.65	2.66	2.59	[2.73]	2.63
4.67	2.57	2.61	2.49	2.61	2.62	2.59	2.6	2.54	2.68	2.6
3.33	2.48	2.52	2.4	2.47	2.47	2.42	2.42	2.4	2.56	2.51
2.00	2.3	2.33	2.21	2.2	2.19	2.14	2.1	2.15	2.34	2.35
0.67	2.05	2.09	1.96	1.89	1.86	1.81	1.79	1.85	2.03	2.09
	1.30	3.90	6.50	9.10	11.70	14.30	16.90	19.50	22.10	24.70
	Luminance [cd/m ²]									

Observer location 1 : x = -60, y = 2, z = 1.5
 Average luminance Lav : 2.36 cd/m²
 Minimum luminance Lmin : 1.77 cd/m²
 Overall uniformity U0 Lmin/Lm : 0.75
 Threshold increment TI : 4 %
 Longitudinal uniformity UI Lmin/Llmax : 0.9

-please put your own address here-

Object :
 Installation :
 Project number :
 Date : 29.05.2011



Calculation results, Road ME1

Table, Road (L)

11.33	2.06	2.09	1.96	1.9	1.87	1.81	(1.79)	1.85	2.02	2.09
10.00	2.33	2.35	2.23	2.22	2.2	2.16	2.12	2.17	2.37	2.38
8.67	2.52	2.54	2.42	2.5	2.49	2.44	2.44	2.42	2.59	2.54
7.33	2.58	2.64	2.5	2.62	2.63	2.6	2.61	2.54	2.69	2.61
6.00	2.6	2.65	2.51	2.65	2.66	2.64	2.64	2.59	[2.72]	2.62
4.67	2.58	2.64	2.5	2.62	2.63	2.6	2.61	2.54	2.69	2.61
3.33	2.52	2.54	2.42	2.5	2.49	2.44	2.44	2.42	2.59	2.54
2.00	2.33	2.35	2.23	2.22	2.2	2.16	2.12	2.17	2.37	2.38
0.67	2.06	2.09	1.96	1.9	1.87	1.81	(1.79)	1.85	2.02	2.09
	1.30	3.90	6.50	9.10	11.70	14.30	16.90	19.50	22.10	24.70

Luminance [cd/m²]

Observer location 2	: x = -60, y = 6, z = 1.5
Average luminance	Lav : 2.36 cd/m ²
Minimum luminance	Lmin : 1.79 cd/m ²
Overall uniformity U0	Lmin/Lm : 0.76
Threshold increment	TI : 4 %
Longitudinal uniformity UI	Llmin/Llmax : 0.92

-please put your own address here-

Object :
 Installation :
 Project number :
 Date : 29.05.2011



Calculation results, Road ME1

Table, Road (L)

[m]										
11.33	2.05	2.09	1.96	1.89	1.86	1.81	1.79	1.85	2.03	2.09
10.00	2.3	2.33	2.21	2.2	2.19	2.14	2.1	2.15	2.34	2.35
8.67	2.48	2.52	2.4	2.47	2.47	2.42	2.42	2.4	2.56	2.51
7.33	2.57	2.61	2.49	2.61	2.62	2.59	2.6	2.54	2.68	2.6
6.00	2.61	2.67	2.54	2.66	2.68	2.65	2.66	2.59	[2.73]	2.63
4.67	2.62	2.66	2.53	2.65	2.65	2.62	2.63	2.56	2.72	2.62
3.33	2.56	2.56	2.44	2.52	2.51	2.47	2.45	2.43	2.62	2.58
2.00	2.35	2.36	2.23	2.22	2.21	2.16	2.12	2.17	2.36	2.39
0.67	2.04	2.07	1.95	1.9	1.86	1.8	(1.77)	1.84	1.99	2.08
	1.30	3.90	6.50	9.10	11.70	14.30	16.90	19.50	22.10	24.70
	Luminance [cd/m ²]									

Observer location 3 : x = -60, y = 10, z = 1.5
 Average luminance Lav : 2.36 cd/m²
 Minimum luminance Lmin : 1.77 cd/m²
 Overall uniformity U0 Lmin/Lm : 0.75
 Threshold increment TI : 4 %
 Longitudinal uniformity UI Lmin/Llmax : 0.9

-please put your own address here-

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

Δρόμος κλάσης φωτισμού ΜΕ1

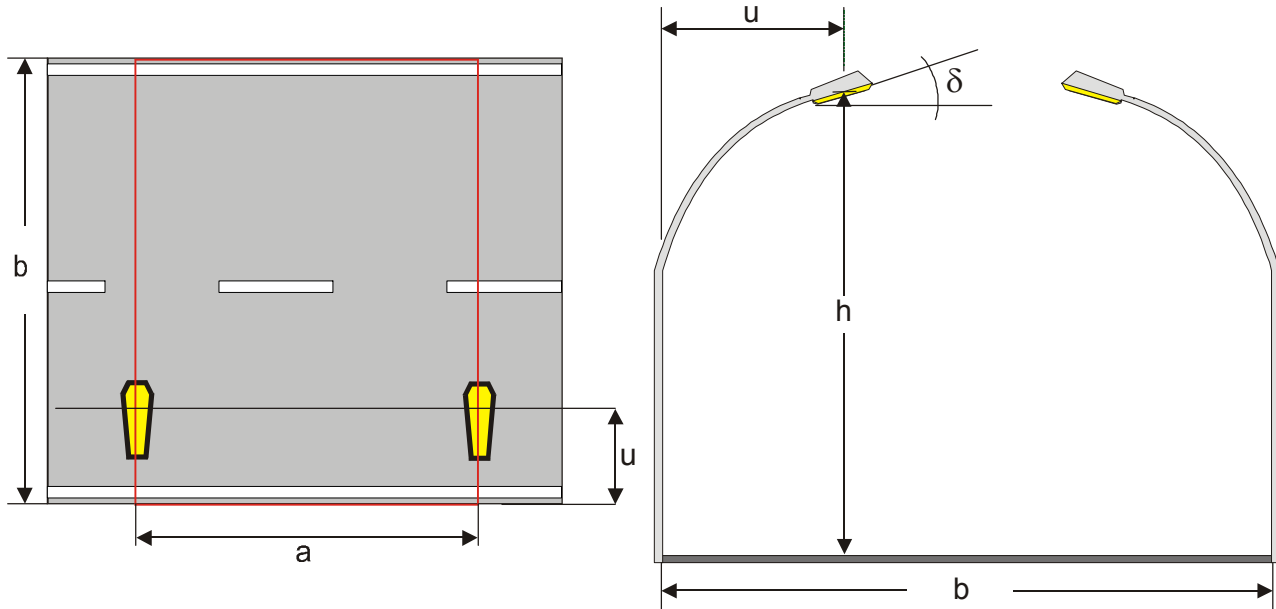
***Προσομοίωση φωτισμού με οδόστρωμα dark
με μείωση της ισχύος των φωτιστικών (1^ο σενάριο)***

Object :
 Installation :
 Project number :
 Date : 29.05.2011

Road ME1

Summary, Road ME1

Result overview, Road



Luminaire data

Manufacturer : Philips Lighting
 Order No. : SGP100 GB 1xSON-TPP100W OR P4 (1x0W)
 Luminaire name : SGP100 GB 1xSON-TPP100W OR P4
 Equipment : 1 x SON-TPP100W / 10700 lm

Road layout	: without central reservation	Luminaire placing	: Both sides
Width of roadway	(b): 12.00 m	photometric centre height. (h):	11.00 m
No. of lanes	: 3	Luminaire spacing	(a): 26.00 m
Road surface category	: skouro	Luminaires - outreach	(u): -1.00 m
q0	: 0.1	Inclination	(delta): 10.00°
Right hand drivers		Maintenance factor	: 0.70

Luminance

Observer location 1	: x=-60.00m, y=2.00m, z=1.50m
Average	: 2.14 cd/m ² (ME1 min. 2)
Minimum	: 1.6 cd/m ²
U0 (min/average)	: 0.75 (ME1 min. 0.4)
Observer location 2	: x=-60.00m, y=6.00m, z=1.50m
Average	: 2.14 cd/m ² (ME1 min. 2)
Minimum	: 1.61 cd/m ²
U0 (min/average)	: 0.75 (ME1 min. 0.4)
Observer location 3	: x=-60.00m, y=10.00m, z=1.50m
Average	: 2.14 cd/m ² (ME1 min. 2)
Minimum	: 1.6 cd/m ²
U0 (min/average)	: 0.75 (ME1 min. 0.4)

-please put your own address here-

Object :
Installation :
Project number :
Date : 29.05.2011



Road ME1

Summary, Road ME1

Result overview, Road

Longitudinal uniformity

UI (B1: x = -60.00, y = 2.00, z = 1.50)	: 0.89	(ME1 min. 0.7)
UI (B2: x = -60.00, y = 6.00, z = 1.50)	: 0.94	(ME1 min. 0.7)
UI (B3: x = -60.00, y = 10.00, z = 1.50)	: 0.89	(ME1 min. 0.7)

Glare/ surrounding brightness

TI (B2: y=6.00m)	: 5 %	(ME1 max. 10)
SR	: 0.58	(ME1 min. 0.5)

-please put your own address here-

Object :
Installation :
Project number :
Date : 29.05.2011

Luminaire data

Philips Lighting, SGP100 GB 1xSON-TPP100W OR P4 ()

Data sheet

Manufacturer: Philips Lighting

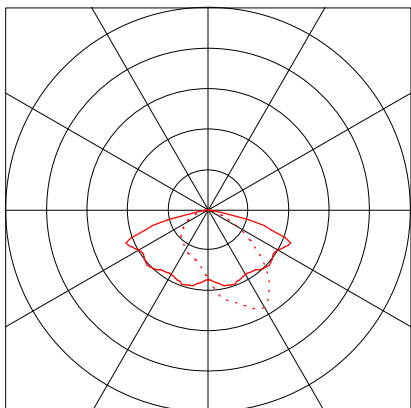
SGP100 GB 1xSON-TPP100W OR P4

Luminaire data

Luminaire efficiency : 83%
Luminaire efficacy : 77.9 lm/W
Classification : A30 η 99.8% \uparrow 0.2%
CIE Flux Codes : 38 73 97 100 83
Control gear : CONV
System power : 114 W
Length : 710 mm
Width : 350 mm
Height : 179 mm

Equipped with

Quantity : 1
Designation : SON-TPP100W
Colour : -
Luminous flux : 10700 lm



-please put your own address here-

Object :
 Installation :
 Project number :
 Date : 29.05.2011



Road ME1

Calculation results, Road ME1

Table, Road (L)

[m]										
11.33	1.88	1.91	1.79	1.74	1.71	1.64	1.61	1.67	1.82	1.89
10.00	2.13	2.15	2.03	2.03	2.03	1.95	1.91	1.95	2.12	2.15
8.67	2.32	2.33	2.22	2.3	2.3	2.24	2.2	2.18	2.35	2.32
7.33	2.39	2.42	2.31	2.43	2.44	2.38	2.37	2.3	2.44	2.38
6.00	2.39	2.45	2.33	2.45	[2.48]	2.43	2.41	2.33	2.46	2.4
4.67	2.36	2.41	2.29	2.41	2.43	2.37	2.35	2.29	2.42	2.37
3.33	2.27	2.31	2.21	2.28	2.28	2.21	2.19	2.16	2.31	2.29
2.00	2.1	2.13	2.01	2.01	2	1.94	1.89	1.93	2.1	2.12
0.67	1.86	1.9	1.78	1.73	1.7	1.64	(1.6)	1.66	1.83	1.88
	1.30	3.90	6.50	9.10	11.70	14.30	16.90	19.50	22.10	24.70
	Luminance [cd/m ²]									

Observer location 1	: x = -60, y = 2, z = 1.5
Average luminance	Lav : 2.14 cd/m ²
Minimum luminance	Lmin : 1.6 cd/m ²
Overall uniformity U0	Lmin/Lm : 0.75
Threshold increment	TI : 4 %
Longitudinal uniformity UI	Llmin/Llmax : 0.89

-please put your own address here-

Object :
 Installation :
 Project number :
 Date : 29.05.2011



Calculation results, Road ME1

Table, Road (L)

[m]										
11.33	1.87	1.91	1.79	1.74	1.71	1.64	(1.61)	1.67	1.82	1.89
10.00	2.11	2.14	2.03	2.03	2.01	1.95	1.91	1.95	2.12	2.14
8.67	2.3	2.32	2.21	2.29	2.3	2.22	2.2	2.17	2.33	2.3
7.33	2.37	2.42	2.3	2.42	2.43	2.38	2.36	2.29	2.43	2.37
6.00	2.39	2.44	2.32	2.45	[2.47]	2.42	2.4	2.33	2.46	2.39
4.67	2.37	2.42	2.3	2.42	2.43	2.38	2.36	2.29	2.43	2.37
3.33	2.3	2.32	2.21	2.29	2.3	2.22	2.2	2.17	2.33	2.3
2.00	2.11	2.14	2.03	2.03	2.01	1.95	1.91	1.95	2.12	2.14
0.67	1.87	1.91	1.79	1.74	1.71	1.64	(1.61)	1.67	1.82	1.89
	1.30	3.90	6.50	9.10	11.70	14.30	16.90	19.50	22.10	24.70
	Luminance [cd/m ²]									

Observer location 2 : x = -60, y = 6, z = 1.5
 Average luminance Lav : 2.14 cd/m²
 Minimum luminance Lmin : 1.61 cd/m²
 Overall uniformity U0 Lmin/Lm : 0.75
 Threshold increment TI : 5 %
 Longitudinal uniformity UI Lmin/Llmax : 0.94

-please put your own address here-

Object :
 Installation :
 Project number :
 Date : 29.05.2011



Calculation results, Road ME1

Table, Road (L)

[m]										
11.33	1.86	1.9	1.78	1.73	1.7	1.64	(1.6)	1.66	1.83	1.88
10.00	2.1	2.13	2.01	2.01	2	1.94	1.89	1.93	2.1	2.12
8.67	2.27	2.31	2.21	2.28	2.28	2.21	2.19	2.16	2.31	2.29
7.33	2.36	2.41	2.29	2.41	2.43	2.37	2.35	2.29	2.42	2.37
6.00	2.39	2.45	2.33	2.45	[2.48]	2.43	2.41	2.33	2.46	2.4
4.67	2.39	2.42	2.31	2.43	2.44	2.38	2.37	2.3	2.44	2.38
3.33	2.32	2.33	2.22	2.3	2.3	2.24	2.2	2.18	2.35	2.32
2.00	2.13	2.15	2.03	2.03	2.03	1.95	1.91	1.95	2.12	2.15
0.67	1.88	1.91	1.79	1.74	1.71	1.64	1.61	1.67	1.82	1.89
	1.30	3.90	6.50	9.10	11.70	14.30	16.90	19.50	22.10	24.70
	Luminance [cd/m ²]									

Observer location 3 : x = -60, y = 10, z = 1.5
 Average luminance Lav : 2.14 cd/m²
 Minimum luminance Lmin : 1.6 cd/m²
 Overall uniformity U0 Lmin/Lm : 0.75
 Threshold increment TI : 4 %
 Longitudinal uniformity UI Lmin/Llmax : 0.89

-please put your own address here-

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4

Δρόμος κλάσης φωτισμού ΜΕ1

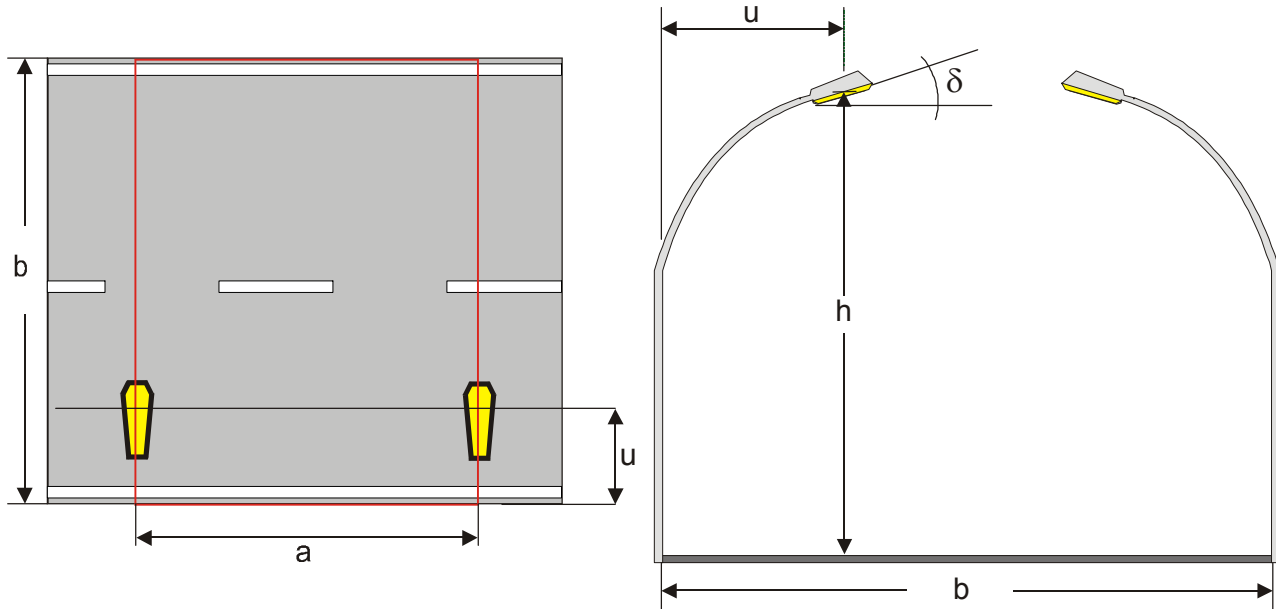
***Προσομοίωση φωτισμού με οδόστρωμα bright,
με εξαρχής μελέτη (2^ο σενάριο)***

Object :
 Installation :
 Project number :
 Date : 29.05.2011

Road ME1

Summary, Road ME1

Result overview, Road



Luminaire data

Manufacturer : Idman/2011-06-09 Eulumdat/1 B-Tilt = 0.00
 Order No. : 621HGV AC 1xSON-T150W TP P10 (1x0W)
 Luminaire name : 621HGV AC 1xSON-T150W TP P10
 Equipment : 1 x SON-T150W / 15000 lm

Road layout	: without central reservation	Luminaire placing	: Both sides
Width of roadway	(b): 12.00 m	photometric centre height.	(h): 11.00 m
No. of lanes	: 3	Luminaire spacing	(a): 42.00 m
Road surface category	: anoixto	Luminaires - outreach	(u): -2.00 m
q0	: 0.12	Inclination	(delta): 15.00°
Right hand drivers		Maintenance factor	: 0.70

Luminance

Observer location 1	: x=-60.00m, y=2.00m, z=1.50m
Average	: 2.07 cd/m ² (ME1 min. 2)
Minimum	: 1.57 cd/m ²
U0 (min/average)	: 0.76 (ME1 min. 0.4)
Observer location 2	: x=-60.00m, y=6.00m, z=1.50m
Average	: 2.07 cd/m ² (ME1 min. 2)
Minimum	: 1.58 cd/m ²
U0 (min/average)	: 0.76 (ME1 min. 0.4)
Observer location 3	: x=-60.00m, y=10.00m, z=1.50m
Average	: 2.07 cd/m ² (ME1 min. 2)
Minimum	: 1.57 cd/m ²
U0 (min/average)	: 0.76 (ME1 min. 0.4)

-please put your own address here-

Object :
Installation :
Project number :
Date : 29.05.2011



Road ME1

Summary, Road ME1

Result overview, Road

Longitudinal uniformity

UI (B1: x = -60.00, y = 2.00, z = 1.50)	: 0.82	(ME1 min. 0.7)
UI (B2: x = -60.00, y = 6.00, z = 1.50)	: 0.8	(ME1 min. 0.7)
UI (B3: x = -60.00, y = 10.00, z = 1.50)	: 0.82	(ME1 min. 0.7)

Glare/ surrounding brightness

TI (B2: y=6.00m)	: 6 %	(ME1 max. 10)
SR	: 0.56	(ME1 min. 0.5)

-please put your own address here-

Object :
Installation :
Project number :
Date : 29.05.2011

Luminaire data

Idman/2011-06-09 Eulumdat/1 B-Tilt = 0.00, 621HGV AC 1xSON-T150W TP P10 ()

Data sheet

Manufacturer: Idman/2011-06-09 Eulumdat/1 B-Tilt = 0.00

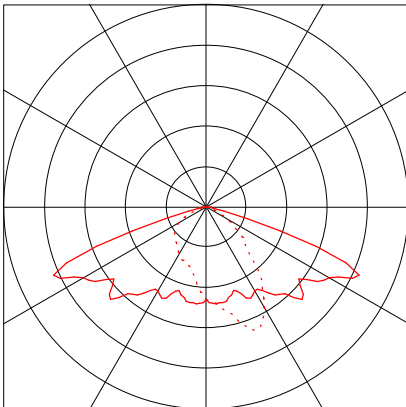
621HGV AC 1xSON-T150W TP P10

Luminaire data

Luminaire efficiency : 80%
Luminaire efficacy : 71.01 lm/W
Classification : A30 η 99.9% \uparrow 0.1%
CIE Flux Codes : 43 78 98 100 80
Control gear : CONV
System power : 169 W
Length : 787 mm
Width : 390 mm
Height : 267 mm

Equipped with

Quantity : 1
Designation : SON-T150W
Colour : -
Luminous flux : 15000 lm



Object :
 Installation :
 Project number :
 Date : 29.05.2011



Road ME1

Calculation results, Road ME1

Table, Road (L)

[m]	2.02	1.83	1.79	1.88	1.81	1.78	1.77	1.72	1.67	1.61	1.63	(1.57)	1.73
11.33	2.21	2.03	2.06	2.19	2.18	2.03	2	1.91	1.87	1.91	1.89	1.86	1.98
10.00	2.39	2.15	2.27	2.43	2.33	2.19	2.11	2.03	2.01	2.05	2.12	2.06	2.1
8.67	2.54	2.2	2.31	2.47	2.41	2.25	2.18	2.09	2.05	2.12	2.15	2.11	2.12
7.33	[2.58]	2.2	2.31	2.45	2.4	2.2	2.17	2.08	2.05	2.1	2.12	2.13	2.11
6.00	2.5	2.17	2.3	2.45	2.39	2.18	2.1	2.05	2.02	2.09	2.13	2.11	2.09
4.67	2.34	2.12	2.23	2.39	2.25	2.11	2.04	1.95	1.95	2	2.08	2.04	2.06
3.33	2.19	2.04	2.06	2.17	2.1	1.93	1.89	1.84	1.81	1.85	1.87	1.85	1.97
2.00	2.02	1.88	1.83	1.92	1.79	1.73	1.71	1.67	1.62	1.58	1.61	1.58	1.75
0.67													
	1.50	4.50	7.50	10.50	13.50	16.50	19.50	22.50	25.50	28.50	31.50	34.50	37.50
	Luminance [cd/m ²]												

Part1

Observer location 1		: x = -60, y = 2, z = 1.5
Average luminance	Lav	: 2.07 cd/m ²
Minimum luminance	Lmin	: 1.57 cd/m ²
Overall uniformity U0	Lmin/Lm	: 0.76
Threshold increment	TI	: 6 %
Longitudinal uniformity UI	Llmin/Llmax	: 0.82

-please put your own address here-

Object :
 Installation :
 Project number :
 Date : 29.05.2011



Calculation results, Road ME1

Table, Road (L)

[m]	2.03	1.87	1.83	1.93	1.82	1.78	1.76	1.7	1.65	1.6	1.62	(1.58)	1.74
11.33	2.21	2.04	2.07	2.19	2.15	1.98	1.95	1.88	1.84	1.89	1.88	1.86	1.98
10.00	2.37	2.13	2.24	2.4	2.28	2.15	2.07	1.99	1.99	2.01	2.11	2.05	2.08
8.67	2.51	2.17	2.29	2.45	2.39	2.21	2.14	2.05	2.03	2.11	2.14	2.1	2.1
7.33	[2.57]	2.19	2.3	2.44	2.39	2.19	2.14	2.08	2.04	2.09	2.11	2.13	2.11
6.00	2.51	2.17	2.29	2.45	2.39	2.21	2.14	2.05	2.03	2.11	2.14	2.1	2.1
4.67	2.37	2.13	2.24	2.4	2.28	2.15	2.07	1.99	1.99	2.01	2.11	2.05	2.08
3.33	2.21	2.04	2.07	2.19	2.15	1.98	1.95	1.88	1.84	1.89	1.88	1.86	1.98
2.00	2.03	1.87	1.83	1.93	1.82	1.78	1.76	1.7	1.65	1.6	1.62	(1.58)	1.74
0.67	1.50	4.50	7.50	10.50	13.50	16.50	19.50	22.50	25.50	28.50	31.50	34.50	37.50
	Luminance [cd/m ²]												

Part1

Observer location 2 : x = -60, y = 6, z = 1.5
 Average luminance Lav : 2.07 cd/m²
 Minimum luminance Lmin : 1.58 cd/m²
 Overall uniformity U0 Lmin/Lm : 0.76
 Threshold increment TI : 6 %
 Longitudinal uniformity UI Lmin/Llmax : 0.8

-please put your own address here-

Object :
 Installation :
 Project number :
 Date : 29.05.2011



Calculation results, Road ME1

Table, Road (L)

[m]	2.02	1.88	1.83	1.92	1.79	1.73	1.71	1.67	1.62	1.58	1.61	1.58	1.75
11.33	2.19	2.04	2.06	2.17	2.1	1.93	1.89	1.84	1.81	1.85	1.87	1.85	1.97
10.00	2.34	2.12	2.23	2.39	2.25	2.11	2.04	1.95	1.95	2	2.08	2.04	2.06
8.67	2.5	2.17	2.3	2.45	2.39	2.18	2.1	2.05	2.02	2.09	2.13	2.11	2.09
7.33	2.58	2.2	2.31	2.45	2.4	2.2	2.17	2.08	2.05	2.1	2.12	2.13	2.11
6.00	2.54	2.2	2.31	2.47	2.41	2.25	2.18	2.09	2.05	2.12	2.15	2.11	2.12
4.67	2.39	2.15	2.27	2.43	2.33	2.19	2.11	2.03	2.01	2.05	2.12	2.06	2.1
3.33	2.21	2.03	2.06	2.19	2.18	2.03	2	1.91	1.87	1.91	1.89	1.86	1.98
2.00	2.02	1.83	1.79	1.88	1.81	1.78	1.77	1.72	1.67	1.61	1.63	(1.57)	1.73
0.67	1.50	4.50	7.50	10.50	13.50	16.50	19.50	22.50	25.50	28.50	31.50	34.50	37.50
	Luminance [cd/m ²]												

Part1

Observer location 3 : x = -60, y = 10, z = 1.5
 Average luminance Lav : 2.07 cd/m²
 Minimum luminance Lmin : 1.57 cd/m²
 Overall uniformity U0 Lmin/Lm : 0.76
 Threshold increment TI : 6 %
 Longitudinal uniformity UI Lmin/Llmax : 0.82

-please put your own address here-

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5

Δρόμος κλάσης φωτισμού ΜΕ1

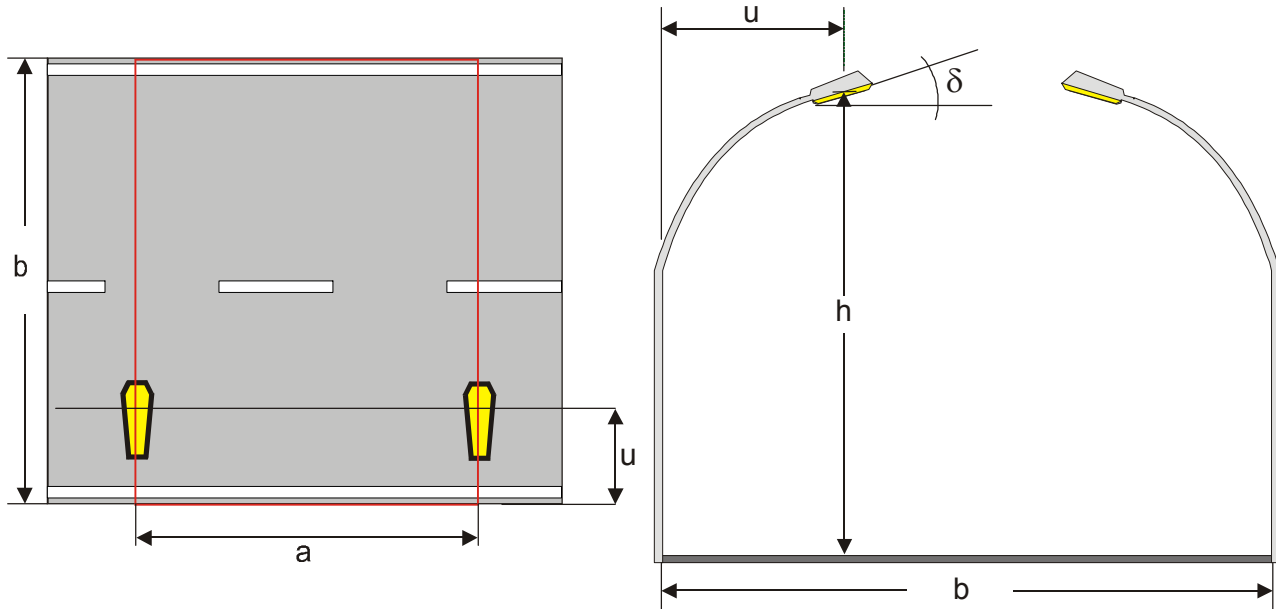
***Προσομοίωση φωτισμού με οδόστρωμα dark,
με εξαρχής μελέτη (2^ο σενάριο)***

Object :
 Installation :
 Project number :
 Date : 29.05.2011

Road ME1

Summary, Road ME1

Result overview, Road



Luminaire data

Manufacturer : Idman/2011-06-09 Eulumdat/1 B-Tilt = 0.00
 Order No. : 621HGV AC 1xSON-T150W TP P10 (1x0W)
 Luminaire name : 621HGV AC 1xSON-T150W TP P10
 Equipment : 1 x SON-T150W / 15000 lm

Road layout	: without central reservation	Luminaire placing	: Both sides
Width of roadway	(b): 12.00 m	photometric centre height.	(h): 11.00 m
No. of lanes	: 3	Luminaire spacing	(a): 40.00 m
Road surface category	: skouro	Luminaires - outreach	(u): -1.50 m
q0	: 0.1	Inclination	(delta): 15.00°
Right hand drivers		Maintenance factor	: 0.70

Luminance

Observer location 1	: x=-60.00m, y=2.00m, z=1.50m
Average	: 2.03 cd/m ² (ME1 min. 2)
Minimum	: 1.44 cd/m ²
U0 (min/average)	: 0.71 (ME1 min. 0.4)
Observer location 2	: x=-60.00m, y=6.00m, z=1.50m
Average	: 2.03 cd/m ² (ME1 min. 2)
Minimum	: 1.44 cd/m ²
U0 (min/average)	: 0.71 (ME1 min. 0.4)
Observer location 3	: x=-60.00m, y=10.00m, z=1.50m
Average	: 2.03 cd/m ² (ME1 min. 2)
Minimum	: 1.44 cd/m ²
U0 (min/average)	: 0.71 (ME1 min. 0.4)

-please put your own address here-

Object :
Installation :
Project number :
Date : 29.05.2011



Road ME1

Summary, Road ME1

Result overview, Road

Longitudinal uniformity

UI (B1: x = -60.00, y = 2.00, z = 1.50)	: 0.78	(ME1 min. 0.7)
UI (B2: x = -60.00, y = 6.00, z = 1.50)	: 0.78	(ME1 min. 0.7)
UI (B3: x = -60.00, y = 10.00, z = 1.50)	: 0.78	(ME1 min. 0.7)

Glare/ surrounding brightness

TI (B2: y=6.00m)	: 6 %	(ME1 max. 10)
SR	: 0.54	(ME1 min. 0.5)

-please put your own address here-

Object :
Installation :
Project number :
Date : 29.05.2011

Luminaire data

Idman/2011-06-09 Eulumdat/1 B-Tilt = 0.00, 621HGV AC 1xSON-T150W TP P10 ()

Data sheet

Manufacturer: Idman/2011-06-09 Eulumdat/1 B-Tilt = 0.00

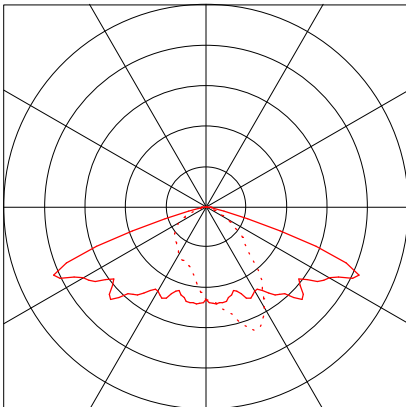
621HGV AC 1xSON-T150W TP P10

Luminaire data

Luminaire efficiency : 80%
Luminaire efficacy : 71.01 lm/W
Classification : A30 η 99.9% \uparrow 0.1%
CIE Flux Codes : 43 78 98 100 80
Control gear : CONV
System power : 169 W
Length : 787 mm
Width : 390 mm
Height : 267 mm

Equipped with

Quantity : 1
Designation : SON-T150W
Colour : -
Luminous flux : 15000 lm



Object :
 Installation :
 Project number :
 Date : 29.05.2011



Road ME1

Calculation results, Road ME1

Table, Road (L)

[m]	1.91	1.75	1.68	1.75	1.75	1.58	1.59	1.54	1.49	1.49	1.45	(1.44)	1.59
11.33	2.15	1.94	1.93	2.12	2.18	1.88	1.9	1.8	1.73	1.8	1.76	1.69	1.83
10.00	2.33	2.12	2.23	2.48	2.47	2.13	2.11	2	1.92	2.04	2.06	1.94	2.01
8.67	2.54	2.21	2.35	2.57	2.62	2.27	2.22	2.1	2.03	2.16	2.14	2.07	2.09
7.33	2.61	2.23	2.4	2.58	[2.66]	2.24	2.25	2.13	2.07	2.18	2.15	2.12	2.1
6.00	2.52	2.21	2.36	2.57	2.62	2.24	2.2	2.09	2.03	2.15	2.14	2.07	2.07
4.67	2.3	2.12	2.23	2.5	2.45	2.11	2.08	1.96	1.92	2.02	2.06	1.95	1.99
3.33	2.13	1.95	1.95	2.14	2.18	1.86	1.85	1.77	1.72	1.79	1.75	1.69	1.82
2.00	1.92	1.77	1.71	1.79	1.77	1.57	1.58	1.53	1.47	1.48	1.45	(1.44)	1.61
0.67	1.43	4.29	7.14	10.00	12.86	15.71	18.57	21.43	24.29	27.14	30.00	32.86	35.71
	Luminance [cd/m ²]												

Part1

Observer location 1 : x = -60, y = 2, z = 1.5
 Average luminance Lav : 2.03 cd/m²
 Minimum luminance Lmin : 1.44 cd/m²
 Overall uniformity U0 Lmin/Lm : 0.71
 Threshold increment TI : 6 %
 Longitudinal uniformity UI Lmin/Llmax : 0.78

-please put your own address here-

Object :
 Installation :
 Project number :
 Date : 29.05.2011



Calculation results, Road ME1

Table, Road (L)

[m]	1.91	1.77	1.7	1.78	1.77	1.58	1.59	1.54	1.49	1.49	1.45	(1.44)	1.6
11.33	2.14	1.95	1.95	2.14	2.18	1.87	1.88	1.79	1.72	1.8	1.76	1.7	1.83
10.00	2.32	2.12	2.22	2.48	2.46	2.12	2.1	1.98	1.94	2.02	2.06	1.95	2
8.67	2.52	2.2	2.35	2.56	2.62	2.25	2.22	2.09	2.02	2.17	2.14	2.06	2.08
7.33	2.6	2.22	2.4	2.58	[2.65]	2.24	2.24	2.13	2.06	2.17	2.15	2.12	2.09
6.00	2.52	2.2	2.35	2.56	2.62	2.25	2.22	2.09	2.02	2.17	2.14	2.06	2.08
4.67	2.32	2.12	2.22	2.48	2.46	2.12	2.1	1.98	1.94	2.02	2.06	1.95	2
3.33	2.14	1.95	1.95	2.14	2.18	1.87	1.88	1.79	1.72	1.8	1.76	1.7	1.83
2.00	1.91	1.77	1.7	1.78	1.77	1.58	1.59	1.54	1.49	1.49	1.45	(1.44)	1.6
0.67													
	1.43	4.29	7.14	10.00	12.86	15.71	18.57	21.43	24.29	27.14	30.00	32.86	35.71
	Luminance [cd/m ²]												

Part1

Observer location 2 : x = -60, y = 6, z = 1.5
 Average luminance Lav : 2.03 cd/m²
 Minimum luminance Lmin : 1.44 cd/m²
 Overall uniformity U0 Lmin/Lm : 0.71
 Threshold increment TI : 6 %
 Longitudinal uniformity UI Lmin/Llmax : 0.78

-please put your own address here-

Object :
 Installation :
 Project number :
 Date : 29.05.2011



Calculation results, Road ME1

Table, Road (L)

11.33	1.92	1.77	1.71	1.79	1.77	1.57	1.58	1.53	1.47	1.48	1.45	(1.44)	1.61
10.00	2.13	1.95	1.95	2.14	2.18	1.86	1.85	1.77	1.72	1.79	1.75	1.69	1.82
8.67	2.3	2.12	2.23	2.5	2.45	2.11	2.08	1.96	1.92	2.02	2.06	1.95	1.99
7.33	2.52	2.21	2.36	2.57	2.62	2.24	2.2	2.09	2.03	2.15	2.14	2.07	2.07
6.00	2.61	2.23	2.4	2.58	[2.66]	2.24	2.25	2.13	2.07	2.18	2.15	2.12	2.1
4.67	2.54	2.21	2.35	2.57	2.62	2.27	2.22	2.1	2.03	2.16	2.14	2.07	2.09
3.33	2.33	2.12	2.23	2.48	2.47	2.13	2.11	2	1.92	2.04	2.06	1.94	2.01
2.00	2.15	1.94	1.93	2.12	2.18	1.88	1.9	1.8	1.73	1.8	1.76	1.69	1.83
0.67	1.91	1.75	1.68	1.75	1.75	1.58	1.59	1.54	1.49	1.49	1.45	(1.44)	1.59
	1.43	4.29	7.14	10.00	12.86	15.71	18.57	21.43	24.29	27.14	30.00	32.86	35.71
	Luminance [cd/m ²]												

Part1

Observer location 3 : x = -60, y = 10, z = 1.5
 Average luminance Lav : 2.03 cd/m²
 Minimum luminance Lmin : 1.44 cd/m²
 Overall uniformity U0 Lmin/Lm : 0.71
 Threshold increment TI : 6 %
 Longitudinal uniformity UI Lmin/Llmax : 0.78

-please put your own address here-

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6

Δρόμος κλάσης φωτισμού ΜΕ3c

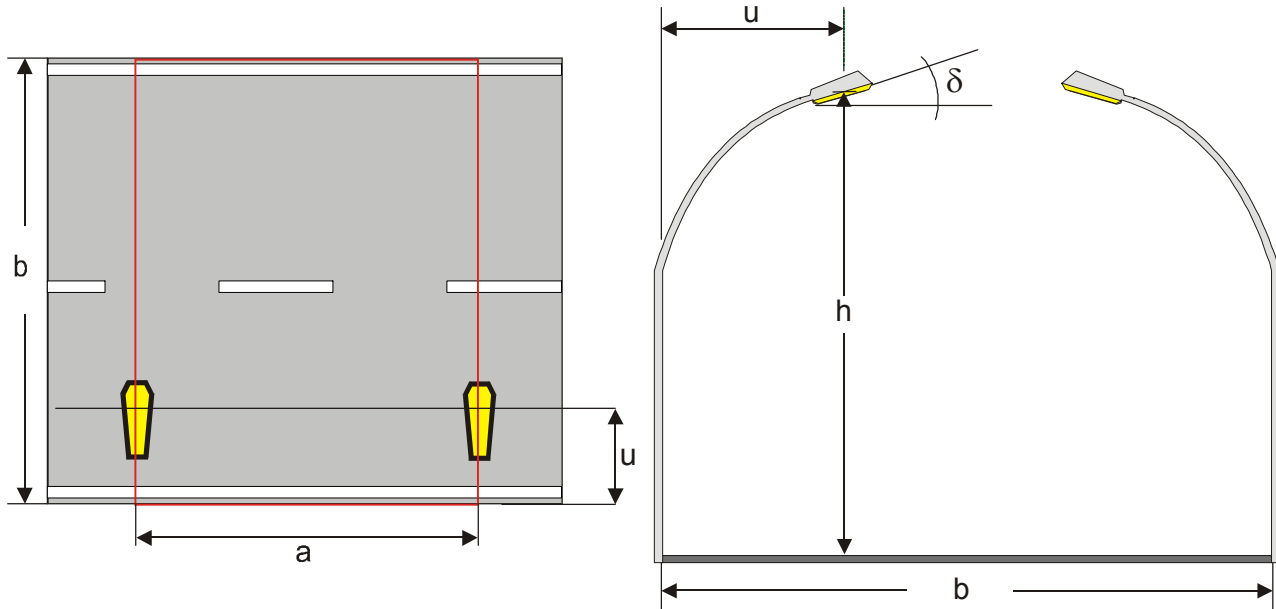
Προσομοίωση φωτισμού με οδόστρωμα R3

Object :
 Installation :
 Project number :
 Date : 29.05.2011

Road M3c

Summary, Road M3c

Result overview, Road



Luminaire data

Manufacturer : Philips Lighting
 Order No. : SGS252 GB 1xSON-TPP70W CR P6 +ZGS252 L-FRONT (1x0W)
 Luminaire name : SGS252 GB 1xSON-TPP70W CR P6 +ZGS252 L-FRONT
 Equipment : 1 x SON-TPP70W / 6600 lm

Road layout	: without central reservation	Luminaire placing	: Staggered layout
Width of roadway (b)	: 8.00 m	photometric centre height. (h)	: 9.00 m
No. of lanes	: 2	Luminaire spacing (a)	: 32.00 m
Road surface category	: R3	Luminaires - outreach (u)	: -1.00 m
q0	: 0.08	Inclination (delta)	: 10.00°
Right hand drivers		Maintenance factor	: 0.69

Luminance

Observer location 1 : x=-60.00m, y=2.00m, z=1.50m
 Average : 1.01 cd/m² (ME3c min. 1)
 U0 (min/average) : 0.85 (ME3c min. 0.4)

Observer location 2 : x=-60.00m, y=6.00m, z=1.50m
 Average : 1.01 cd/m² (ME3c min. 1)
 U0 (min/average) : 0.85 (ME3c min. 0.4)

Longitudinal uniformity

UI (B1: x = -60.00, y = 2.00, z = 1.50) : 0.9 (ME3c min. 0.5)
 UI (B2: x = -60.00, y = 6.00, z = 1.50) : 0.88 (ME3c min. 0.5)

Glare/ surrounding brightness

TI (B1: y=2.00m) : 7 % (ME3c max. 15)
 SR : 0.57 (ME3c min. 0.5)

Object :
Installation :
Project number :
Date : 29.05.2011

Luminaire data

Philips Lighting, SGS252 GB 1xSON-TPP70W CR P6 +ZGS252 L-... ()

Data sheet

Manufacturer: Philips Lighting

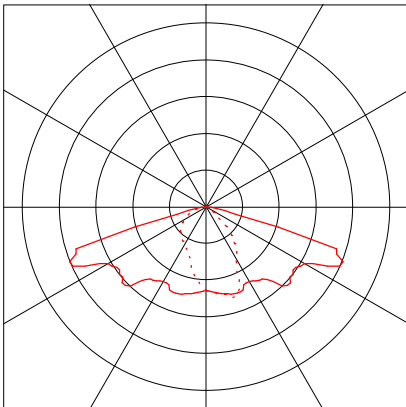
SGS252 GB 1xSON-TPP70W CR P6 +ZGS252 L-FRONT

Luminaire data

Luminaire efficiency : 77%
Luminaire efficacy : 63.53 lm/W
Classification : A30 η 99.9% \uparrow 0.1%
CIE Flux Codes : 41 75 99 100 77
Control gear : CONV
System power : 80 W
Length : 650 mm
Width : 332 mm
Height : 219 mm

Equipped with

Quantity : 1
Designation : SON-TPP70W
Colour : -
Luminous flux : 6600 lm



-please put your own address here-

Object :
 Installation :
 Project number :
 Date : 29.05.2011



Road M3c

Calculation results, Road M3c

Table, Road (L)

[m]	0.99	1.02	1.02	0.89	0.89	0.9	1.13	1.07	1.14	1.14	1.04
7.33	0.99	1.02	1.02	0.89	0.89	0.9	1.13	1.07	1.14	1.14	1.04
6.00	1.04	1.06	1.06	0.97	0.99	1.09	[1.19]	1.12	1.16	1.11	1
4.67	1.03	1.05	1.1	0.99	0.95	1.03	1.09	1.09	1.1	1.01	0.98
3.33	0.98	1	1.03	0.96	0.94	0.98	1.03	1.05	1.06	0.96	0.93
2.00	1	0.98	0.99	0.98	0.95	0.93	0.99	1	0.97	0.9	0.9
0.67	1.06	1.04	1.02	1.08	1.04	0.95	0.95	1.02	0.91	(0.86)	0.89
	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16.00	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
	Luminance [cd/m ²] [m]										

Observer location 1 : x = -60, y = 2, z = 1.5
 Average luminance Lav : 1.01 cd/m²
 Minimum luminance Lmin : 0.86 cd/m²
 Overall uniformity U0 Lmin/Lm : 0.85
 Threshold increment TI : 7 %
 Longitudinal uniformity UI Lmin/Llmax : 0.9

-please put your own address here-

Object :
 Installation :
 Project number :
 Date : 29.05.2011



Calculation results, Road M3c

Table, Road (L)

[m]	0.96	0.99	1.01	0.9	0.9	0.9	1.09	1	1.06	1.06	0.98
7.33	0.95	0.99	1.02	0.94	0.93	0.96	1.05	0.98	1	0.97	0.92
6.00	0.99	1.03	1.1	0.99	0.95	0.99	1.02	1.02	1.03	0.95	0.95
4.67	1.07	1.09	1.12	1.05	1	1.02	1.05	1.06	1.05	0.95	0.94
3.33	1.07	1.09	1.12	1.05	1	1.02	1.05	1.06	1.05	0.95	0.94
2.00	[1.19]	1.17	1.17	1.18	1.1	1.01	1.04	1.04	1	0.94	0.96
0.67	1.05	1.06	1.08	1.15	1.1	0.99	0.98	1.04	0.92	(0.86)	0.9
	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16.00	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
	Luminance [cd/m ²]										

Observer location 2 : x = -60, y = 6, z = 1.5
 Average luminance Lav : 1.01 cd/m²
 Minimum luminance Lmin : 0.86 cd/m²
 Overall uniformity U0 Lmin/Lm : 0.85
 Threshold increment TI : 6 %
 Longitudinal uniformity UI Lmin/Llmax : 0.88

-please put your own address here-

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 7

Δρόμος κλάσης φωτισμού ΜΕ3c

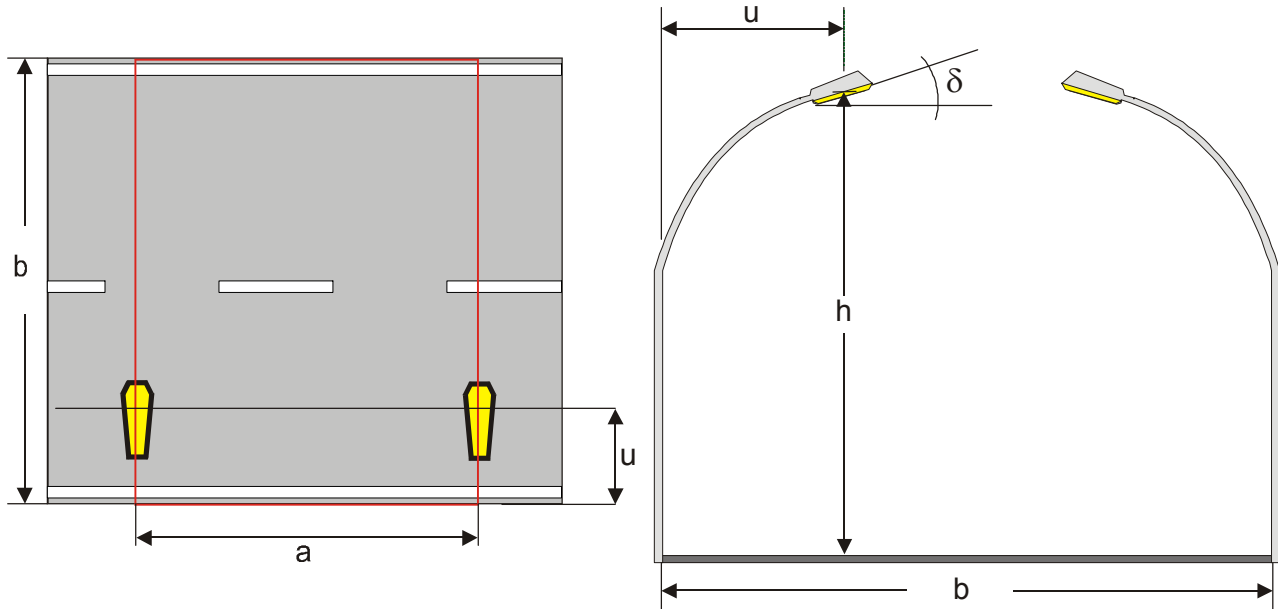
***Προσομοίωση φωτισμού με οδόστρωμα *bright*
με μείωση της ισχύος των φωτιστικών (1^ο σενάριο)***

Object :
 Installation :
 Project number :
 Date : 29.05.2011

Road M3c

Summary, Road M3c

Result overview, Road



Luminaire data

Manufacturer : Philips Lighting
 Order No. : SGS252 GB 1xSON-TPP50W CR P6 (1x0W)
 Luminaire name : SGS252 GB 1xSON-TPP50W CR P6
 Equipment : 1 x SON-TPP50W / 4400 lm

Road layout	: without central reservation	Luminaire placing	: Staggered layout
Width of roadway (b)	: 8.00 m	photometric centre height. (h)	: 9.00 m
No. of lanes	: 2	Luminaire spacing (a)	: 32.00 m
Road surface category	: anoixto	Luminaires - outreach (u)	: -1.00 m
q0	: 0.12	Inclination (δ)	: 10.00°
Right hand drivers		Maintenance factor	: 0.69

Luminance

Observer location 1 : x=-60.00m, y=2.00m, z=1.50m
 Average : 1.25 cd/m² (ME3c min. 1)
 U0 (min/average) : 0.76 (ME3c min. 0.4)

Observer location 2 : x=-60.00m, y=6.00m, z=1.50m
 Average : 1.24 cd/m² (ME3c min. 1)
 U0 (min/average) : 0.77 (ME3c min. 0.4)

Longitudinal uniformity

UI (B1: x = -60.00, y = 2.00, z = 1.50) : 0.83 (ME3c min. 0.5)
 UI (B2: x = -60.00, y = 6.00, z = 1.50) : 0.8 (ME3c min. 0.5)

Glare/ surrounding brightness

TI (B1: y=2.00m) : 4 % (ME3c max. 15)
 SR : 0.55 (ME3c min. 0.5)

-please put your own address here-

Object :
Installation :
Project number :
Date : 29.05.2011

Luminaire data

Philips Lighting, SGS252 GB 1xSON-TPP50W CR P6 ()

Data sheet

Manufacturer: Philips Lighting

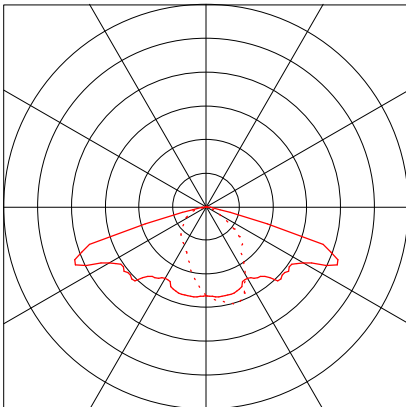
SGS252 GB 1xSON-TPP50W CR P6

Luminaire data

Luminaire efficiency : 86%
Luminaire efficacy : 62.03 lm/W
Classification : A30 η 99.9% \uparrow 0.1%
CIE Flux Codes : 42 75 99 100 86
Control gear : CONV
System power : 61 W
Length : 650 mm
Width : 332 mm
Height : 219 mm

Equipped with

Quantity : 1
Designation : SON-TPP50W
Colour : -
Luminous flux : 4400 lm



-please put your own address here-

Object :
 Installation :
 Project number :
 Date : 29.05.2011



Road M3c

Calculation results, Road M3c

Table, Road (L)

[m]	0.97	1.04	1.05	1.03	1.14	1.19	1.23	1.18	1.23	1.16	1.01
7.33	1.12	1.24	1.27	1.22	1.35	1.34	1.34	1.29	1.41	1.34	1.16
6.00	1.25	1.34	1.45	1.38	1.39	1.36	1.36	1.34	[1.49]	1.41	1.29
4.67	1.31	1.34	1.44	1.4	1.41	1.26	1.35	1.33	1.43	1.38	1.35
3.33	1.29	1.23	1.31	1.32	1.26	1.1	1.2	1.21	1.23	1.2	1.33
2.00	1.23	1.16	1.19	1.18	1.08	(0.95)	1	1.03	1.02	1.04	1.25
0.67	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16.00	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
	Luminance [cd/m ²] [m]										

Observer location 1	: x = -60, y = 2, z = 1.5
Average luminance	Lav : 1.25 cd/m ²
Minimum luminance	Lmin : 0.95 cd/m ²
Overall uniformity U0	Lmin/Lm : 0.76
Threshold increment	TI : 4 %
Longitudinal uniformity UI	Llmin/Llmax : 0.83

-please put your own address here-

Object :
 Installation :
 Project number :
 Date : 29.05.2011



Calculation results, Road M3c

Table, Road (L)

[m]											
7.33	(0.96)	1.03	1.05	1.03	1.15	1.18	1.23	1.18	1.22	1.15	1
6.00	1.11	1.23	1.26	1.22	1.34	1.32	1.32	1.28	1.38	1.32	1.15
4.67	1.24	1.34	1.44	1.37	1.39	1.35	1.34	1.34	[1.49]	1.4	1.28
3.33	1.33	1.35	1.44	1.41	1.42	1.27	1.36	1.33	1.43	1.38	1.36
2.00	1.31	1.25	1.34	1.34	1.28	1.11	1.2	1.22	1.23	1.21	1.34
0.67	1.23	1.16	1.19	1.18	1.09	(0.96)	1.01	1.03	1.03	1.03	1.25
	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16.00	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
	Luminance [cd/m ²] [m]										

Observer location 2 : x = -60, y = 6, z = 1.5
 Average luminance Lav : 1.24 cd/m²
 Minimum luminance Lmin : 0.96 cd/m²
 Overall uniformity U0 Lmin/Lm : 0.77
 Threshold increment TI : 4 %
 Longitudinal uniformity UI Lmin/Llmax : 0.8

-please put your own address here-

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 8

Δρόμος κλάσης φωτισμού ΜΕ3c

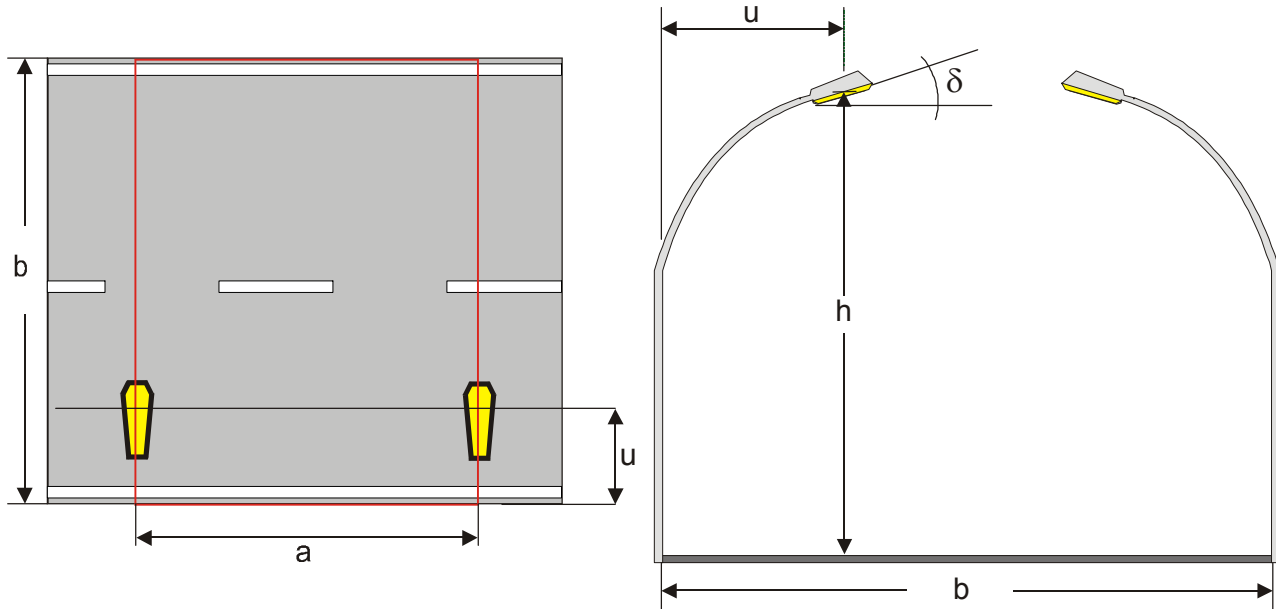
***Προσομοίωση φωτισμού με οδόστρωμα dark
με μείωση της ισχύος των φωτιστικών (1^ο σενάριο)***

Object :
 Installation :
 Project number :
 Date : 29.05.2011

Road M3c

Summary, Road M3c

Result overview, Road



Luminaire data

Manufacturer : Philips Lighting
 Order No. : SGS252 GB 1xSON-TPP50W CR P6 (1x0W)
 Luminaire name : SGS252 GB 1xSON-TPP50W CR P6
 Equipment : 1 x SON-TPP50W / 4400 lm

Road layout	: without central reservation	Luminaire placing	: Staggered layout
Width of roadway (b):	8.00 m	photometric centre height. (h):	9.00 m
No. of lanes	: 2	Luminaire spacing (a):	32.00 m
Road surface category	: skouro	Luminaires - outreach (u):	-1.00 m
q0	: 0.1	Inclination (delta):	10.00°
Right hand drivers		Maintenance factor	: 0.69

Luminance

Observer location 1 : x=-60.00m, y=2.00m, z=1.50m
 Average : 1.12 cd/m² (ME3c min. 1)
 U0 (min/average) : 0.75 (ME3c min. 0.4)

Observer location 2 : x=-60.00m, y=6.00m, z=1.50m
 Average : 1.12 cd/m² (ME3c min. 1)
 U0 (min/average) : 0.75 (ME3c min. 0.4)

Longitudinal uniformity

UI (B1: x = -60.00, y = 2.00, z = 1.50) : 0.82 (ME3c min. 0.5)
 UI (B2: x = -60.00, y = 6.00, z = 1.50) : 0.78 (ME3c min. 0.5)

Glare/ surrounding brightness

TI (B1: y=2.00m) : 4 % (ME3c max. 15)
 SR : 0.55 (ME3c min. 0.5)

Object :
Installation :
Project number :
Date : 29.05.2011

Luminaire data

Philips Lighting, SGS252 GB 1xSON-TPP50W CR P6 ()

Data sheet

Manufacturer: Philips Lighting

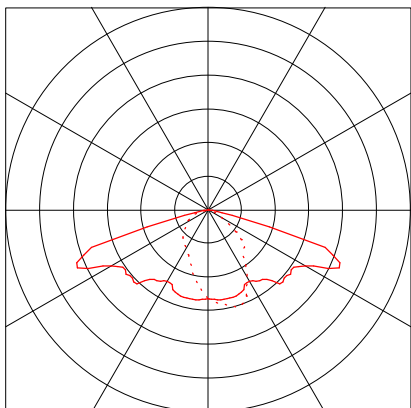
SGS252 GB 1xSON-TPP50W CR P6

Luminaire data

Luminaire efficiency : 86%
Luminaire efficacy : 62.03 lm/W
Classification : A30 η 99.9% \uparrow 0.1%
CIE Flux Codes : 42 75 99 100 86
Control gear : CONV
System power : 61 W
Length : 650 mm
Width : 332 mm
Height : 219 mm

Equipped with

Quantity : 1
Designation : SON-TPP50W
Colour : -
Luminous flux : 4400 lm



-please put your own address here-

Object :
 Installation :
 Project number :
 Date : 29.05.2011



Road M3c

Calculation results, Road M3c

Table, Road (L)

[m]											
7.33	(0.84)	0.91	0.92	0.93	1.04	1.08	1.12	1.07	1.12	1.04	0.89
6.00	0.99	1.1	1.13	1.11	1.23	1.21	1.21	1.16	1.27	1.21	1.04
4.67	1.12	1.21	1.31	1.27	1.28	1.24	1.22	1.21	[1.35]	1.28	1.17
3.33	1.19	1.21	1.31	1.29	1.29	1.15	1.21	1.19	1.3	1.26	1.23
2.00	1.17	1.11	1.2	1.21	1.14	0.99	1.06	1.07	1.1	1.09	1.2
0.67	1.12	1.04	1.08	1.07	0.97	(0.84)	0.88	0.9	0.91	0.93	1.13
	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16.00	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
	Luminance [cd/m ²]										

Observer location 1		: x = -60, y = 2, z = 1.5
Average luminance	Lav	: 1.12 cd/m ²
Minimum luminance	Lmin	: 0.84 cd/m ²
Overall uniformity U0	Lmin/Lm	: 0.75
Threshold increment	TI	: 4 %
Longitudinal uniformity UI	Llmin/Llmax	: 0.82

-please put your own address here-

Object :
 Installation :
 Project number :
 Date : 29.05.2011



Calculation results, Road M3c

Table, Road (L)

[m]	0.85	0.9	0.91	0.93	1.04	1.07	1.11	1.06	1.12	1.03	0.89
7.33	0.99	1.1	1.12	1.1	1.22	1.2	1.2	1.16	1.27	1.21	1.04
6.00	1.12	1.21	1.3	1.25	1.27	1.23	1.21	1.2	[1.36]	1.28	1.17
4.67	1.21	1.22	1.3	1.28	1.28	1.14	1.22	1.19	1.3	1.26	1.24
3.33	1.18	1.12	1.2	1.21	1.15	0.99	1.06	1.08	1.11	1.1	1.22
2.00	1.12	1.04	1.08	1.07	0.97	(0.84)	0.88	0.9	0.91	0.93	1.13
0.67	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16.00	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
	Luminance [cd/m ²] [m]										

Observer location 2 : x = -60, y = 6, z = 1.5
 Average luminance Lav : 1.12 cd/m²
 Minimum luminance Lmin : 0.84 cd/m²
 Overall uniformity U0 Lmin/Lm : 0.75
 Threshold increment TI : 4 %
 Longitudinal uniformity UI Lmin/Llmax : 0.78

-please put your own address here-

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 9

Δρόμος κλάσης φωτισμού ΜΕ3c

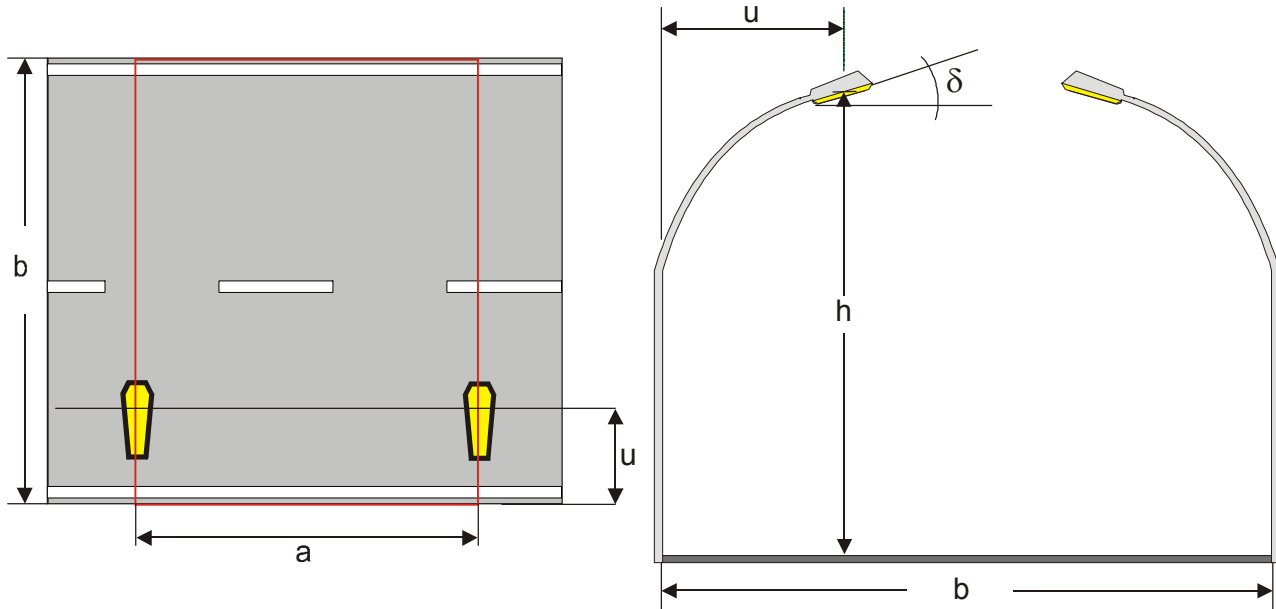
***Προσομοίωση φωτισμού με οδόστρωμα bright,
με εξαρχής μελέτη (2^ο σενάριο)***

Object :
 Installation :
 Project number :
 Date : 29.05.2011

Road M3c

Summary, Road M3c

Result overview, Road



Luminaire data

Manufacturer : Philips Lighting
 Order No. : SGS252 GB 1xSON-TPP70W CR P6 +ZGS252 L-FRONT (1x0W)
 Luminaire name : SGS252 GB 1xSON-TPP70W CR P6 +ZGS252 L-FRONT
 Equipment : 1 x SON-TPP70W / 6600 lm

Road layout	: without central reservation	Luminaire placing	: Staggered layout
Width of roadway (b)	: 8.00 m	photometric centre height. (h)	: 9.00 m
No. of lanes	: 2	Luminaire spacing (a)	: 50.00 m
Road surface category	: anoixto	Luminaires - outreach (u)	: -1.50 m
q0	: 0.12	Inclination (delta)	: 20.00°
Right hand drivers		Maintenance factor	: 0.69

Luminance

Observer location 1 : x=-60.00m, y=2.00m, z=1.50m
 Average : 1.01 cd/m² (ME3c min. 1)
 U0 (min/average) : 0.72 (ME3c min. 0.4)

Observer location 2 : x=-60.00m, y=6.00m, z=1.50m
 Average : 1.01 cd/m² (ME3c min. 1)
 U0 (min/average) : 0.72 (ME3c min. 0.4)

Longitudinal uniformity

UI (B1: x = -60.00, y = 2.00, z = 1.50) : 0.71 (ME3c min. 0.5)
 UI (B2: x = -60.00, y = 6.00, z = 1.50) : 0.7 (ME3c min. 0.5)

Glare/ surrounding brightness

TI (B1: y=2.00m) : 6 % (ME3c max. 15)
 SR : 0.59 (ME3c min. 0.5)

Object :
Installation :
Project number :
Date : 29.05.2011

Luminaire data

Philips Lighting, SGS252 GB 1xSON-TPP70W CR P6 +ZGS252 L-... ()

Data sheet

Manufacturer: Philips Lighting

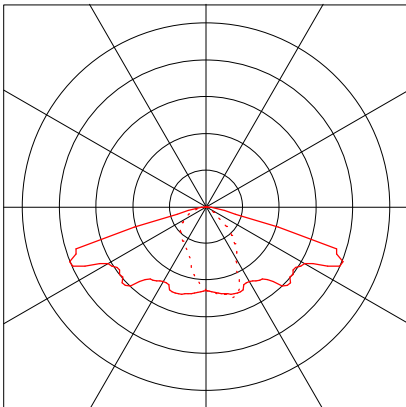
SGS252 GB 1xSON-TPP70W CR P6 +ZGS252 L-FRONT

Luminaire data

Luminaire efficiency : 77%
Luminaire efficacy : 63.53 lm/W
Classification : A30 η 99.9% \uparrow 0.1%
CIE Flux Codes : 41 75 99 100 77
Control gear : CONV
System power : 80 W
Length : 650 mm
Width : 332 mm
Height : 219 mm

Equipped with

Quantity : 1
Designation : SON-TPP70W
Colour : -
Luminous flux : 6600 lm



Object :
 Installation :
 Project number :
 Date : 29.05.2011



Road M3c

Calculation results, Road M3c

Table, Road (L)

[m]	0.77	0.84	0.79	0.84	0.84	0.92	0.95	1.17	1.2	1.19	1.04	0.98	0.84
7.33	0.99	1	0.97	1.02	0.99	1.03	1.06	[1.29]	1.23	1.26	1.1	1.09	0.98
6.00	1.11	1.08	1.05	1.12	1.02	1.05	1.03	1.2	1.17	1.17	1.03	1.08	1
4.67	1.18	1.17	1.09	1.14	1.01	1.03	1.01	1.07	1.07	1.06	1	1.06	1
3.33	1.25	1.19	1.11	1.1	0.95	0.91	0.92	0.94	0.95	0.94	0.92	0.96	0.97
2.00	1.21	1.13	0.99	0.95	0.81	0.74	0.77	0.77	0.78	0.78	0.77	0.78	0.84
0.67	1.47	4.41	7.35	10.29	13.24	16.18	19.12	22.06	25.00	27.94	30.88	33.82	36.76
	Luminance [cd/m ²]												

Part1

Observer location 1		: x = -60, y = 2, z = 1.5
Average luminance	Lav	: 1.01 cd/m ²
Minimum luminance	Lmin	: 0.73 cd/m ²
Overall uniformity U0	Lmin/Lm	: 0.72
Threshold increment	TI	: 6 %
Longitudinal uniformity UI	Llmin/Llmax	: 0.71

-please put your own address here-

Object :
Installation :
Project number :
Date : 29.05.2011



Road M3c

Calculation results, Road M3c

Table, Road (L)

0.77	(0.73)	0.8	0.75
0.92	0.91	0.96	0.96
1.03	1	1.06	1.1
1.06	1.05	1.15	1.2
1.03	1.03	1.17	[1.29]
0.88	0.89	1.05	1.25
9.71	42.65	45.59	48.53 [m]

Object :
 Installation :
 Project number :
 Date : 29.05.2011



Calculation results, Road M3c

Table, Road (L)

[m]	0,74	0,8	0,76	0,81	0,82	0,91	0,96	1,17	1,2	1,2	1,05	0,99	0,85
7.33	0,94	0,95	0,92	0,98	0,96	1,02	1,07	[1,29]	1,24	1,27	1,11	1,11	0,99
6.00	1,07	1,04	1,01	1,07	1	1,03	1,03	1,21	1,19	1,2	1,05	1,1	1,02
4.67	1,16	1,13	1,06	1,11	0,98	1,03	1,02	1,09	1,1	1,09	1,03	1,1	1,03
3.33	1,24	1,18	1,08	1,08	0,93	0,92	0,94	0,97	0,99	0,98	0,96	0,99	0,99
2.00	1,21	1,12	0,97	0,93	0,81	0,74	0,77	0,78	0,81	0,8	0,8	0,8	0,86
0.67	1,47	4,41	7,35	10,29	13,24	16,18	19,12	22,06	25,00	27,94	30,88	33,82	36,76
	Luminance [cd/m ²]												

Part1

Observer location 2		: x = -60, y = 6, z = 1.5
Average luminance	Lav	: 1.01 cd/m ²
Minimum luminance	Lmin	: 0.73 cd/m ²
Overall uniformity U0	Lmin/Lm	: 0.72
Threshold increment	TI	: 5 %
Longitudinal uniformity UI	Llmin/Llmax	: 0.7

-please put your own address here-

Object :
Installation :
Project number :
Date : 29.05.2011



Calculation results, Road M3c

Table, Road (L)

0.76	(0.73)	0.78	(0.73)
0.93	0.9	0.94	0.94
1.03	0.98	1.05	1.09
1.08	1.05	1.16	1.19
1.05	1.04	1.17	1.28
0.89	0.9	1.05	1.26
9.71	42.65	45.59	48.53 [m]

Part2

-please put your own address here-

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 10

Δρόμος κλάσης φωτισμού ΜΕ3c

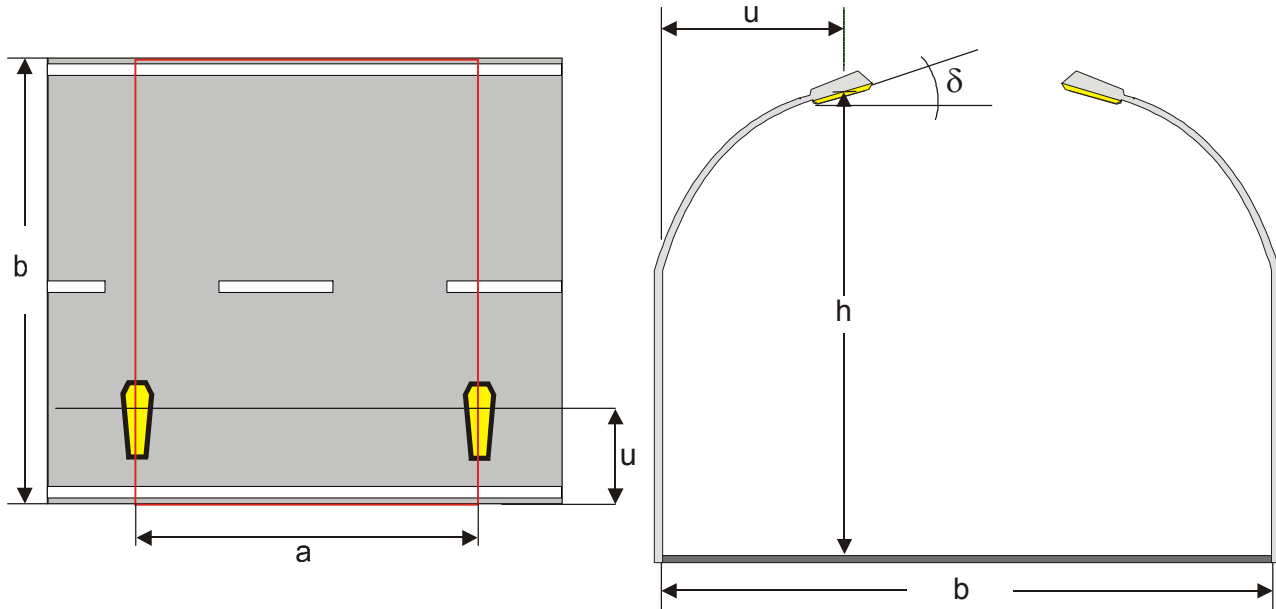
***Προσομοίωση φωτισμού με οδόστρωμα dark,
με εξαρχής μελέτη (2^ο σενάριο)***

Object :
 Installation :
 Project number :
 Date : 29.05.2011

Road M3c

Summary, Road M3c

Result overview, Road



Luminaire data

Manufacturer : Philips Lighting
 Order No. : SGS252 GB 1xSON-TPP70W CR P6 +ZGS252 L-FRONT (1x0W)
 Luminaire name : SGS252 GB 1xSON-TPP70W CR P6 +ZGS252 L-FRONT
 Equipment : 1 x SON-TPP70W / 6600 lm

Road layout	: without central reservation	Luminaire placing	: Staggered layout
Width of roadway (b)	: 8.00 m	photometric centre height. (h)	: 9.00 m
No. of lanes	: 2	Luminaire spacing (a)	: 46.00 m
Road surface category	: skouro	Luminaires - outreach (u)	: -1.00 m
q0	: 0.1	Inclination (delta)	: 20.00°
Right hand drivers		Maintenance factor	: 0.69

Luminance

Observer location 1 : x=-60.00m, y=2.00m, z=1.50m
 Average : 1.01 cd/m² (ME3c min. 1)
 U0 (min/average) : 0.73 (ME3c min. 0.4)

Observer location 2 : x=-60.00m, y=6.00m, z=1.50m
 Average : 1.01 cd/m² (ME3c min. 1)
 U0 (min/average) : 0.73 (ME3c min. 0.4)

Longitudinal uniformity

UI (B1: x = -60.00, y = 2.00, z = 1.50) : 0.74 (ME3c min. 0.5)
 UI (B2: x = -60.00, y = 6.00, z = 1.50) : 0.74 (ME3c min. 0.5)

Glare/ surrounding brightness

TI (B2: y=6.00m) : 6 % (ME3c max. 15)
 SR : 0.57 (ME3c min. 0.5)

Object :
Installation :
Project number :
Date : 29.05.2011

Luminaire data

Philips Lighting, SGS252 GB 1xSON-TPP70W CR P6 +ZGS252 L-... ()

Data sheet

Manufacturer: Philips Lighting

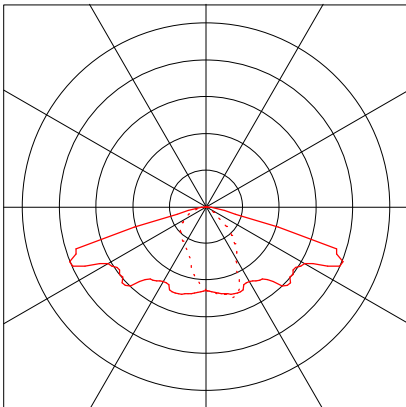
SGS252 GB 1xSON-TPP70W CR P6 +ZGS252 L-FRONT

Luminaire data

Luminaire efficiency : 77%
Luminaire efficacy : 63.53 lm/W
Classification : A30 η 99.9% \uparrow 0.1%
CIE Flux Codes : 41 75 99 100 77
Control gear : CONV
System power : 80 W
Length : 650 mm
Width : 332 mm
Height : 219 mm

Equipped with

Quantity : 1
Designation : SON-TPP70W
Colour : -
Luminous flux : 6600 lm



Object :
 Installation :
 Project number :
 Date : 29.05.2011



Road M3c

Calculation results, Road M3c

Table, Road (L)

[m]	0,74	0,75	0,75	0,81	0,81	0,85	0,98	1,18	1,17	1,13	0,99	0,96	0,87
7.33	0,95	0,94	0,94	1,03	0,99	0,98	1,12	[1,23]	[1,23]	1,21	1,11	1,14	1,04
6.00	1,1	1,04	1,05	1,19	1,08	1,02	1,13	1,19	1,18	1,15	1,1	1,18	1,1
4.67	1,19	1,17	1,11	1,2	1,1	1	1,02	1,11	1,09	1,02	1,02	1,15	1,07
3.33	1,22	1,21	1,12	1,15	1,05	0,92	0,94	0,95	0,94	0,92	0,91	1,01	0,96
2.00	1,17	1,13	0,99	0,97	0,87	0,78	0,78	0,74	(0,73)	0,74	0,74	0,79	0,79
0.67	1,44	4,31	7,19	10,06	12,94	15,81	18,69	21,56	24,44	27,31	30,19	33,06	35,94
	Luminance [cd/m ²]												

Part1

Observer location 1 : x = -60, y = 2, z = 1.5
 Average luminance Lav : 1.01 cd/m²
 Minimum luminance Lmin : 0.73 cd/m²
 Overall uniformity U0 Lmin/Lm : 0.73
 Threshold increment TI : 6 %
 Longitudinal uniformity UI Lmin/Llmax : 0.74

-please put your own address here-

Object :
Installation :
Project number :
Date : 29.05.2011



Road M3c

Calculation results, Road M3c

Table, Road (L)

0.77	0.78	0.74
0.92	0.95	0.95
0.99	1.02	1.11
1.02	1.12	1.19
0.98	1.12	[1.23]
0.84	0.98	1.17
18.81	41.69	44.56 [m]

Object :
 Installation :
 Project number :
 Date : 29.05.2011



Calculation results, Road M3c

Table, Road (L)

[m]	(0.74)	(0.74)	(0.74)	0.79	0.79	0.84	0.98	1.17	1.17	1.13	0.99	0.97	0.87
7.33	0.94	0.92	0.91	1.01	0.96	0.98	1.12	[1.23]	1.22	1.21	1.12	1.15	1.05
6.00	1.09	1.02	1.02	1.15	1.07	1.02	1.12	1.19	1.18	1.17	1.11	1.2	1.1
4.67	1.18	1.15	1.1	1.18	1.1	0.99	1.02	1.11	1.1	1.03	1.05	1.18	1.08
3.33	[1.23]	1.2	1.1	1.13	1.03	0.92	0.95	0.95	0.95	0.93	0.93	1.03	0.98
2.00	1.17	1.13	0.99	0.96	0.87	0.77	0.78	(0.74)	(0.74)	(0.74)	0.75	0.81	0.8
0.67	1.44	4.31	7.19	10.06	12.94	15.81	18.69	21.56	24.44	27.31	30.19	33.06	35.94
	Luminance [cd/m²]												

Part1

Observer location 2 : x = -60, y = 6, z = 1.5
 Average luminance Lav : 1.01 cd/m²
 Minimum luminance Lmin : 0.74 cd/m²
 Overall uniformity U0 Lmin/Lm : 0.73
 Threshold increment TI : 6 %
 Longitudinal uniformity UI Lmin/Llmax : 0.74

-please put your own address here-

Object :
Installation :
Project number :
Date : 29.05.2011



Calculation results, Road M3c

Table, Road (L)

0.78	0.78	(0.74)
0.92	0.94	0.95
1	1.02	1.11
1.02	1.12	1.19
0.98	1.12	[1.23]
0.84	0.98	1.18
18.81	41.69	44.56 [m]

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 11

Σήραγγα κλάσης φωτισμού 3

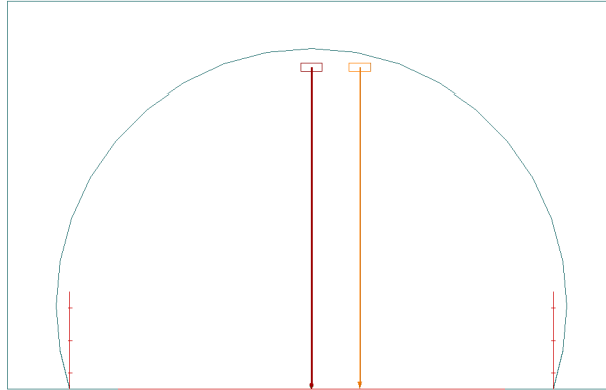
Προσομοίωση φωτισμού με οδόστρωμα R3

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011

2 Tunnel

2.1 Description, Tunnel

2.1.1 Project data



Geometry tunnel

Length of the tunnel : 700 m
Length of the tunnel (calculation model) : 700 m
Height of the tunnel : 7 m

Width of the lane : 8 m
Number of lanes : 2
Covering / material : R3, $q_0 = 0.07$
Marginal strip right : 1 m
Marginal strip left : 1 m

Height of the wall (right) : 2 m
Covering / material : diffus 50%

Height of the wall (left) : 2 m
Covering / material : diffus 50%

Calculation specifications

Speed : 100 km/h
Length of the threshold zone : 150 m
Luminance threshold zone : 269 cd/m²
Luminance interior zone : 4 cd/m²

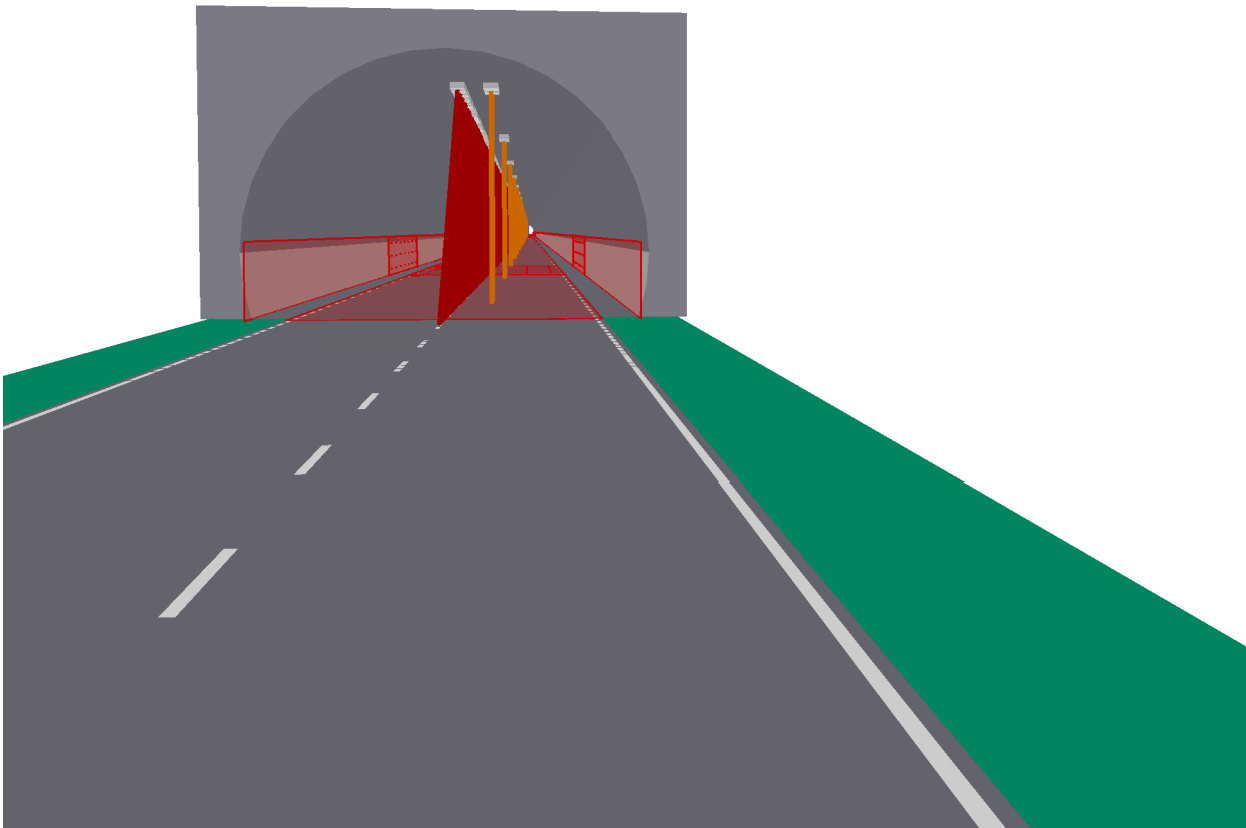
Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



Tunnel

Description, Tunnel

3D view, View 5



-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011

2 Tunnel

2.1 Description, Tunnel

2.1.1 Project data

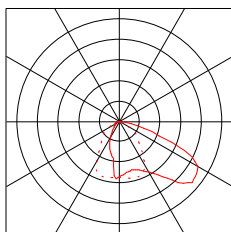
LDC in use

INDAL

5



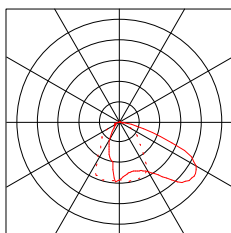
Order No. : Metis
Luminaire name : 2816 RNN
Equipment : 1 x 1ST 400W 56500 E40 / 56500 lm
Maintenance factor: 0.70



6



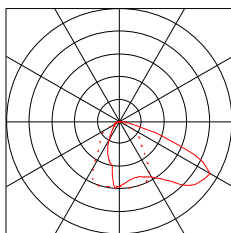
Order No. : Metis
Luminaire name : 2816 RNN
Equipment : 1 x 1ST 250W 33200 E40 / 33200 lm
Maintenance factor: 0.70



7



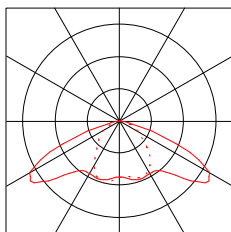
Order No. : Metis
Luminaire name : 2816 RNN
Equipment : 1 x 1ST 150W 17500 E40 / 17500 lm
Maintenance factor: 0.70



13



Order No. : Metis
Luminaire name : 2816 SNN 22.029
Equipment : 1 x 1ST 250W 33200 E40 / 33200 lm
Maintenance factor: 0.70




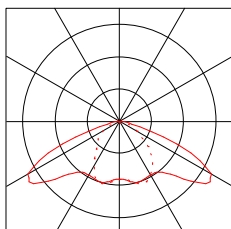
Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011


2 Tunnel

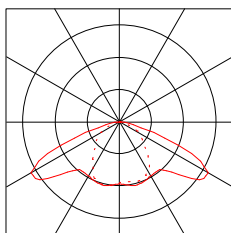
2.1 Description, Tunnel

2.1.1 Project data

14  Order No. : Metis
Luminaire name : 2816 SNN 22.028
Equipment : 1 x 1ST 150W 17500 E40 / 17500 lm
Maintenance factor: 0.70



18  Order No. : Metis
Luminaire name : 2816 SNN 22.030
Equipment : 1 x 1ST 400W 56500 E40 / 56500 lm
Maintenance factor: 0.70



Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2 Tunnel

2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.1 Result overview, S1: 100%

Regulating step: S1: 100%

Adaptation

1: 100%
2: 100%
3: 100%
4: 100%
5: 100%

Interior

6: 100%
7: 100%

Threshold zone (constant)

Measuring range: 29.96 m - 45.32 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3

Observer (starting point coordinate) : x = -30.04 m; z = 1.50 m dx = 61.10 m (fix)

y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (R3, q0 = 0.07)

Lav	:	272.23 cd/m ²	272.04 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.62	0.65
UI	Llmin/Llma::	0.99	1
TI max.	Max. :	2.40 %	2.32 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	313.79 cd/m ²	313.79 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.9	0.9

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	339.46 cd/m ²	339.46 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.91	0.91

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2 Tunnel

2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.1 Result overview, S1: 100%

Interior zone

Measuring range: 480.00 m - 499.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 420.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (R3, q0 = 0.07)

Lav	:	4.27 cd/m ²	4.34 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.47	0.49
UI	Lmin/Llma::	0.67	0.8
TI max. Max.	:	6.37 %	6.96 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	5.33 cd/m ²	5.33 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.74	0.74

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	5.97 cd/m ²	5.97 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.66	0.66

Threshold and transition zone

Measuring range: -0.76 m - 697.02 m Points: nx = 318, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = -85.60 m; z = 1.50 m dx = 85.93 m (moving)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (R3, q0 = 0.07)

Wall left (diffus 50%)

Wall right (diffus 50%)

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2 Tunnel

2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.1 Result overview, S1: 100%

Exit 8cd/m2

Measuring range: 539.00 m - 558.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 479.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (R3, q0 = 0.07)

Lav	:	8.24 cd/m ²	8.37 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.47	0.49
UI	Llmin/Llma::	0.71	0.83
TI max. Max.	:	5.04 %	5.44 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	10.28 cd/m ²	10.28 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.75	0.75

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	11.51 cd/m ²	11.51 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.67	0.67

Exit 20cd/m2

Measuring range: 635.00 m - 654.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 575.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (R3, q0 = 0.07)

Lav	:	21.68 cd/m ²	22.01 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.46	0.49
UI	Llmin/Llma::	0.72	0.84
TI max. Max.	:	3.80 %	4.17 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	26.18 cd/m ²	26.18 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.77	0.77

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	30.47 cd/m ²	30.47 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.68	0.68

qc: The backward reflection of the road was calculated.

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.2 Result overview, S2: 80%

Regulating step: S2: 80%

Adaptation

1: 0%
2: 100%
3: 100%
4: 100%
5: 100%

Interior

6: 100%
7: 100%

Threshold zone (constant)

Measuring range: 29.96 m - 45.32 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3

Observer (starting point coordinate) : x = -30.04 m; z = 1.50 m dx = 61.10 m (fix)

y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (R3, q0 = 0.07)

Lav	:	218.73 cd/m ²	218.59 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.62	0.66
UI	Llmin/Llma::	0.99	1
TI max.	Max. :	2.40 %	2.32 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	252.25 cd/m ²	252.25 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.89	0.89

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	272.91 cd/m ²	272.91 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.9	0.9

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.2 Result overview, S2: 80%

Interior zone

Measuring range: 480.00 m - 499.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 420.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (R3, q0 = 0.07)

Lav	:	4.27 cd/m ²	4.34 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.47	0.49
UI	Lmin/Llma::	0.67	0.8
TI max. Max.	:	6.37 %	6.96 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	5.33 cd/m ²	5.33 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.74	0.74

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	5.97 cd/m ²	5.97 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.66	0.66

Threshold and transition zone

Measuring range: -0.76 m - 697.02 m Points: nx = 318, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = -85.60 m; z = 1.50 m dx = 85.93 m (moving)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (R3, q0 = 0.07)

Wall left (diffus 50%)

Wall right (diffus 50%)

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.2 Result overview, S2: 80%

Exit 8cd/m2

Measuring range: 539.00 m - 558.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 479.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (R3, q0 = 0.07)

Lav	:	8.24 cd/m ²	8.37 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.47	0.49
UI	Llmin/Llma::	0.71	0.83
TI max. Max.	:	5.04 %	5.44 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	10.28 cd/m ²	10.28 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.75	0.75

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	11.51 cd/m ²	11.51 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.67	0.67

Exit 20cd/m2

Measuring range: 635.00 m - 654.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 575.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (R3, q0 = 0.07)

Lav	:	21.68 cd/m ²	22.01 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.46	0.49
UI	Llmin/Llma::	0.72	0.84
TI max. Max.	:	3.80 %	4.17 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	26.18 cd/m ²	26.18 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.77	0.77

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	30.47 cd/m ²	30.47 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.68	0.68

qc: The backward reflection of the road was calculated.

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.3 Result overview, S3: 60%

Regulating step: S3: 60%

Adaptation

1: 0%
2: 0%
3: 100%
4: 100%
5: 100%

Interior

6: 100%
7: 100%

Threshold zone (constant)

Measuring range: 29.96 m - 45.32 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3

Observer (starting point coordinate) : x = -30.04 m; z = 1.50 m dx = 61.10 m (fix)

y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (R3, q0 = 0.07)

Lav	:	165.11 cd/m ²	165.02 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.62	0.66
UI	Llmin/Llma::	0.98	0.99
TI max.	Max. :	2.40 %	2.32 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	190.53 cd/m ²	190.53 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.89	0.89

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	206.22 cd/m ²	206.22 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.9	0.9

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.3 Result overview, S3: 60%

Interior zone

Measuring range: 480.00 m - 499.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 420.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (R3, q0 = 0.07)

Lav	:	4.27 cd/m ²	4.34 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.47	0.49
UI	Llmin/Llma::	0.67	0.8
TI max. Max.	:	6.37 %	6.96 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	5.33 cd/m ²	5.33 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.74	0.74

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	5.97 cd/m ²	5.97 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.66	0.66

Threshold and transition zone

Measuring range: -0.76 m - 697.02 m Points: nx = 318, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = -85.60 m; z = 1.50 m dx = 85.93 m (moving)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (R3, q0 = 0.07)

Wall left (diffus 50%)

Wall right (diffus 50%)

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.3 Result overview, S3: 60%

Exit 8cd/m2

Measuring range: 539.00 m - 558.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 479.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (R3, q0 = 0.07)

Lav	:	8.24 cd/m ²	8.37 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.47	0.49
UI	Llmin/Llma::	0.71	0.83
TI max. Max.	:	5.04 %	5.44 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	10.28 cd/m ²	10.28 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.75	0.75

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	11.51 cd/m ²	11.51 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.67	0.67

Exit 20cd/m2

Measuring range: 635.00 m - 654.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 575.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (R3, q0 = 0.07)

Lav	:	21.68 cd/m ²	22.01 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.46	0.49
UI	Llmin/Llma::	0.72	0.84
TI max. Max.	:	3.80 %	4.17 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	26.18 cd/m ²	26.18 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.77	0.77

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	30.47 cd/m ²	30.47 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.68	0.68

qc: The backward reflection of the road was calculated.

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.4 Result overview, S4: 40%

Regulating step: S4: 40%

Adaptation

1: 0%
2: 0%
3: 0%
4: 100%
5: 100%

Interior

6: 100%
7: 100%

Threshold zone (constant)

Measuring range: 29.96 m - 45.32 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3

Observer (starting point coordinate) : x = -30.04 m; z = 1.50 m dx = 61.10 m (fix)

y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (R3, q0 = 0.07)

Lav	:	111.54 cd/m ²	111.50 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.62	0.66
UI	Llmin/Llma::	0.98	0.99
TI max.	Max. :	2.40 %	2.32 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	128.90 cd/m ²	128.90 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.87	0.87

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	139.55 cd/m ²	139.55 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.89	0.89

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.4 Result overview, S4: 40%

Interior zone

Measuring range: 480.00 m - 499.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 420.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (R3, q0 = 0.07)

Lav	:	4.27 cd/m ²	4.34 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.47	0.49
UI	Lmin/Llma::	0.67	0.8
TI max. Max.	:	6.37 %	6.96 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	5.33 cd/m ²	5.33 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.74	0.74

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	5.97 cd/m ²	5.97 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.66	0.66

Threshold and transition zone

Measuring range: -0.76 m - 697.02 m Points: nx = 318, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = -85.60 m; z = 1.50 m dx = 85.93 m (moving)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (R3, q0 = 0.07)

Wall left (diffus 50%)

Wall right (diffus 50%)

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.4 Result overview, S4: 40%

Exit 8cd/m2

Measuring range: 539.00 m - 558.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 479.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (R3, q0 = 0.07)

Lav	:	8.24 cd/m ²	8.37 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.47	0.49
UI	Llmin/Llma::	0.71	0.83
TI max. Max.	:	5.04 %	5.44 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	10.28 cd/m ²	10.28 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.75	0.75

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	11.51 cd/m ²	11.51 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.67	0.67

Exit 20cd/m2

Measuring range: 635.00 m - 654.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 575.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (R3, q0 = 0.07)

Lav	:	21.68 cd/m ²	22.01 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.46	0.49
UI	Llmin/Llma::	0.72	0.84
TI max. Max.	:	3.80 %	4.17 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	26.18 cd/m ²	26.18 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.77	0.77

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	30.47 cd/m ²	30.47 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.68	0.68

qc: The backward reflection of the road was calculated.

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.5 Result overview, S5: 20%

Regulating step: S5: 20%

Adaptation

1: 0%
2: 0%
3: 0%
4: 0%
5: 100%

Interior

6: 100%
7: 100%

Threshold zone (constant)

Measuring range: 29.96 m - 45.32 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3

Observer (starting point coordinate) : x = -30.04 m; z = 1.50 m dx = 61.10 m (fix)

y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (R3, q0 = 0.07)

Lav	:	57.95 cd/m ²	57.96 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.61	0.66
UI	Llmin/Llma::	0.96	0.99
TI max.	Max. :	2.40 %	2.32 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	66.90 cd/m ²	66.90 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.87	0.87

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	72.59 cd/m ²	72.59 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.87	0.87

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.5 Result overview, S5: 20%

Interior zone

Measuring range: 480.00 m - 499.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 420.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (R3, q0 = 0.07)

Lav	:	4.27 cd/m ²	4.34 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.47	0.49
UI	Lmin/Llma::	0.67	0.8
TI max. Max.	:	6.37 %	6.96 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	5.33 cd/m ²	5.33 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.74	0.74

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	5.97 cd/m ²	5.97 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.66	0.66

Threshold and transition zone

Measuring range: -0.76 m - 697.02 m Points: nx = 318, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = -85.60 m; z = 1.50 m dx = 85.93 m (moving)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (R3, q0 = 0.07)

Wall left (diffus 50%)

Wall right (diffus 50%)

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.5 Result overview, S5: 20%

Exit 8cd/m2

Measuring range: 539.00 m - 558.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 479.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (R3, q0 = 0.07)

Lav	:	8.24 cd/m ²	8.37 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.47	0.49
UI	Llmin/Llma::	0.71	0.83
TI max. Max.	:	5.04 %	5.44 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	10.28 cd/m ²	10.28 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.75	0.75

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	11.51 cd/m ²	11.51 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.67	0.67

Exit 20cd/m2

Measuring range: 635.00 m - 654.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 575.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (R3, q0 = 0.07)

Lav	:	21.68 cd/m ²	22.01 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.46	0.49
UI	Llmin/Llma::	0.72	0.84
TI max. Max.	:	3.80 %	4.17 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	26.18 cd/m ²	26.18 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.77	0.77

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	30.47 cd/m ²	30.47 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.68	0.68

qc: The backward reflection of the road was calculated.

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.6 Result overview, Int.1

Regulating step: Int.1

Adaptation

1: 0%
2: 0%
3: 0%
4: 0%
5: 0%

Interior

6: 100%
7: 100%

Interior zone

Measuring range: 480.00 m - 499.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3

Observer (starting point coordinate) : x = 420.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)

y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (R3, q0 = 0.07)

Lav	:	4.27 cd/m ²	4.34 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.47	0.49
UI	Llmin/Llmax:	0.67	0.8
TI max.	Max. :	6.37 %	6.96 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	5.33 cd/m ²	5.33 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.74	0.74

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	5.97 cd/m ²	5.97 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.66	0.66

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.6 Result overview, Int.1

Exit 8cd/m2

Measuring range: 539.00 m - 558.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 479.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (R3, q0 = 0.07)

Lav	:	8.24 cd/m ²	8.37 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.47	0.49
UI	Llmin/Llma::	0.71	0.83
TI max. Max.	:	5.04 %	5.44 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	10.28 cd/m ²	10.28 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.75	0.75

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	11.51 cd/m ²	11.51 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.67	0.67

Exit 20cd/m2

Measuring range: 635.00 m - 654.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 575.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (R3, q0 = 0.07)

Lav	:	21.68 cd/m ²	22.01 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.46	0.49
UI	Llmin/Llma::	0.72	0.84
TI max. Max.	:	3.80 %	4.17 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	26.18 cd/m ²	26.18 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.77	0.77

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	30.47 cd/m ²	30.47 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.68	0.68

qc: The backward reflection of the road was calculated.

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.7 Result overview, Int.2

Regulating step: Int.2

Adaptation

1: 0%
2: 0%
3: 0%
4: 0%
5: 0%

Interior

6: 0%
7: 100%

Interior zone

Measuring range: 480.00 m - 499.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3

Observer (starting point coordinate) : x = 420.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)

y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (R3, q0 = 0.07)

Lav	:	2.13 cd/m ²	2.16 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.46	0.48
UI	Llmin/Llmax:	0.66	0.77
TI max.	Max. :	6.37 %	6.96 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	2.66 cd/m ²	2.66 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.74	0.74

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	3.00 cd/m ²	3.00 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.66	0.66

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.7 Result overview, Int.2

Exit 8cd/m2

Measuring range: 539.00 m - 558.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 479.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (R3, q0 = 0.07)

Lav	:	2.12 cd/m ²	2.15 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.47	0.5
UI	Llmin/Llma::	0.67	0.8
TI max.	Max. :	5.04 %	5.44 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	2.65 cd/m ²	2.65 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.73	0.73

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	2.96 cd/m ²	2.96 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.67	0.67

Exit 20cd/m2

Measuring range: 635.00 m - 654.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 575.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (R3, q0 = 0.07)

Lav	:	2.12 cd/m ²	2.16 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.45	0.48
UI	Llmin/Llma::	0.66	0.76
TI max.	Max. :	3.80 %	4.17 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	2.66 cd/m ²	2.66 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.73	0.73

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	2.99 cd/m ²	2.99 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.66	0.66

qc: The backward reflection of the road was calculated.

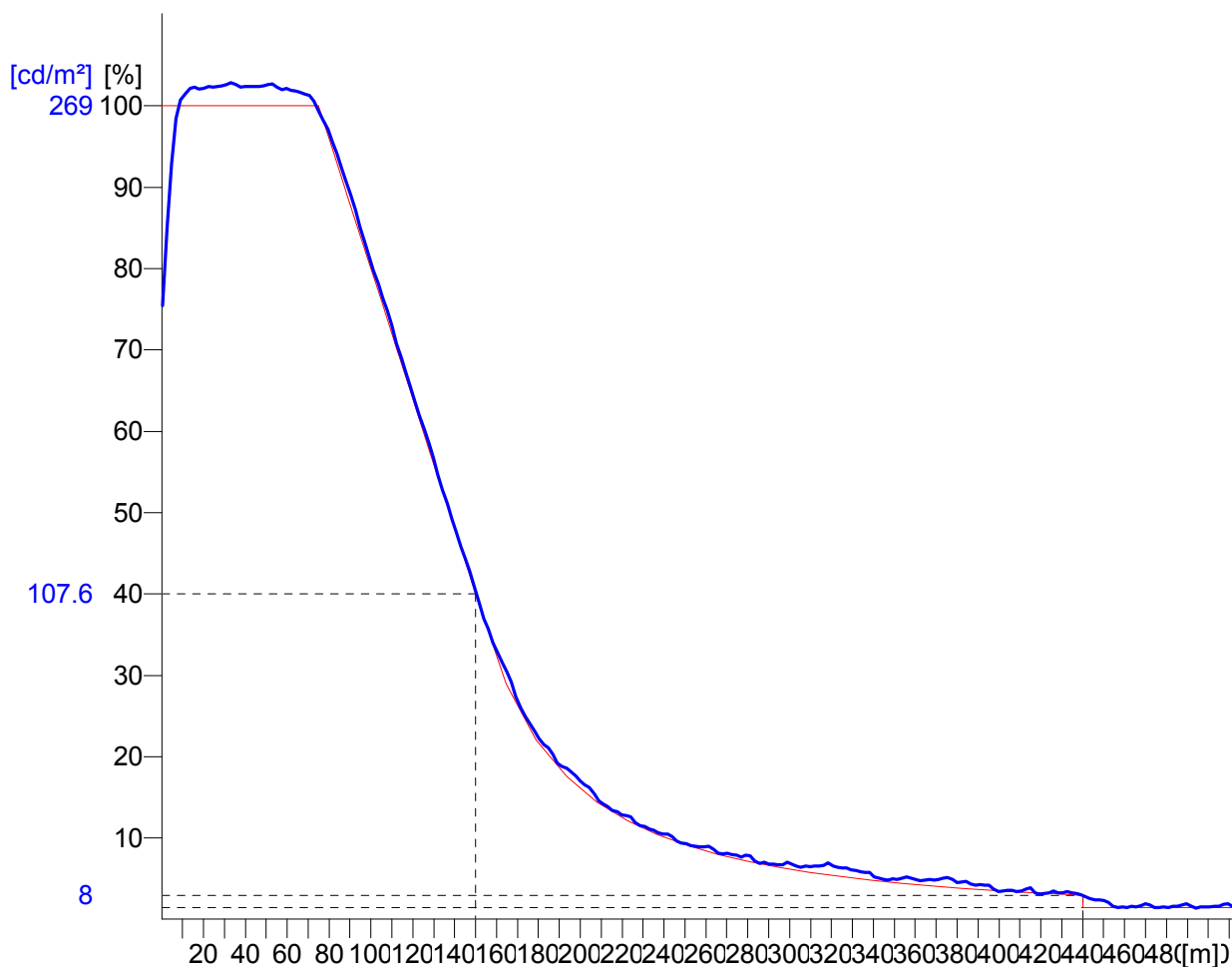
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.8 Evolution, Adaptation (L), S1: 100%, Obs. 1



Observer location 1 : x = -85.6, y = 2, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

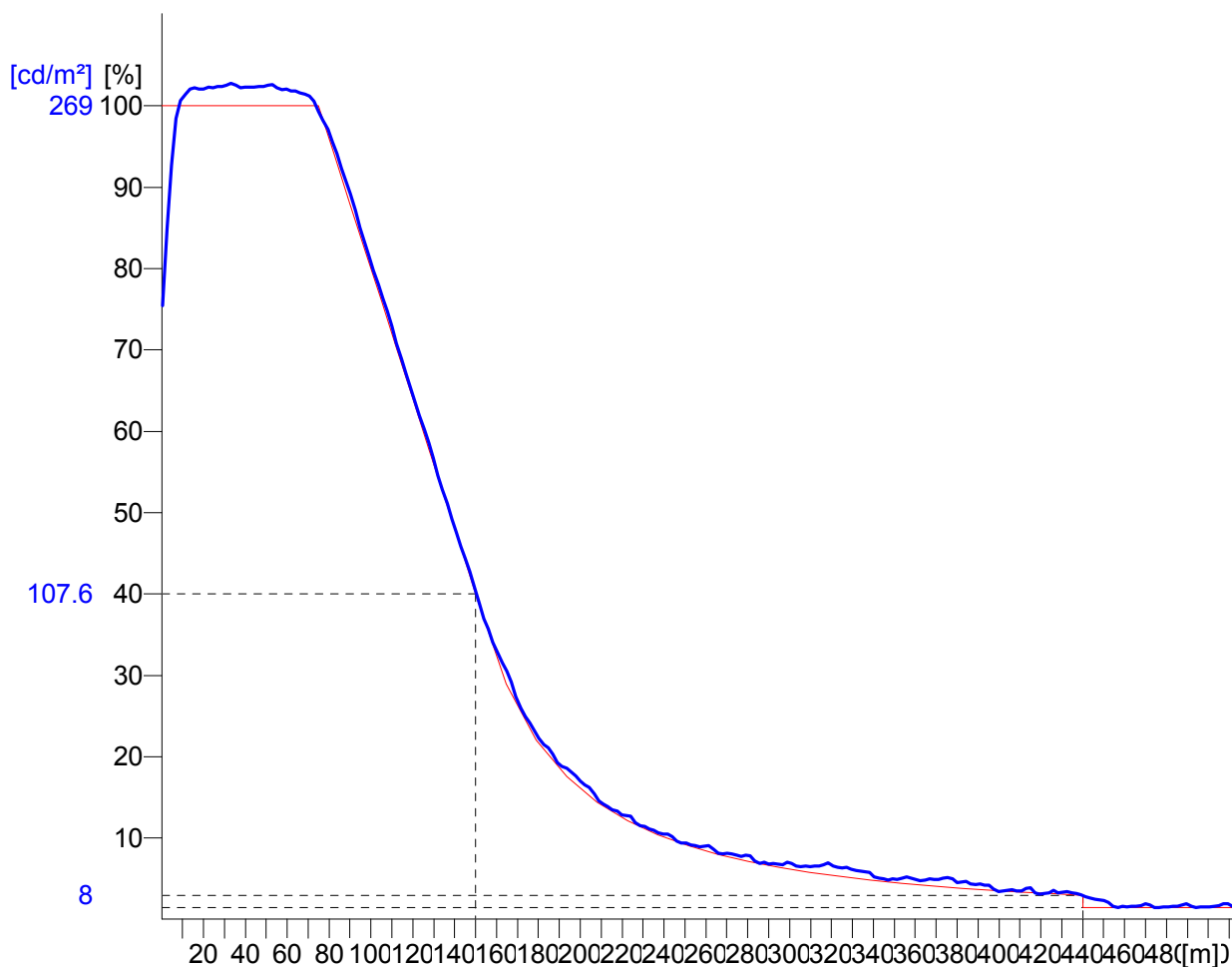
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.9 Evolution, Adaptation (L), S1: 100%, Obs. 2



Observer location 2 : x = -85.6, y = 6, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

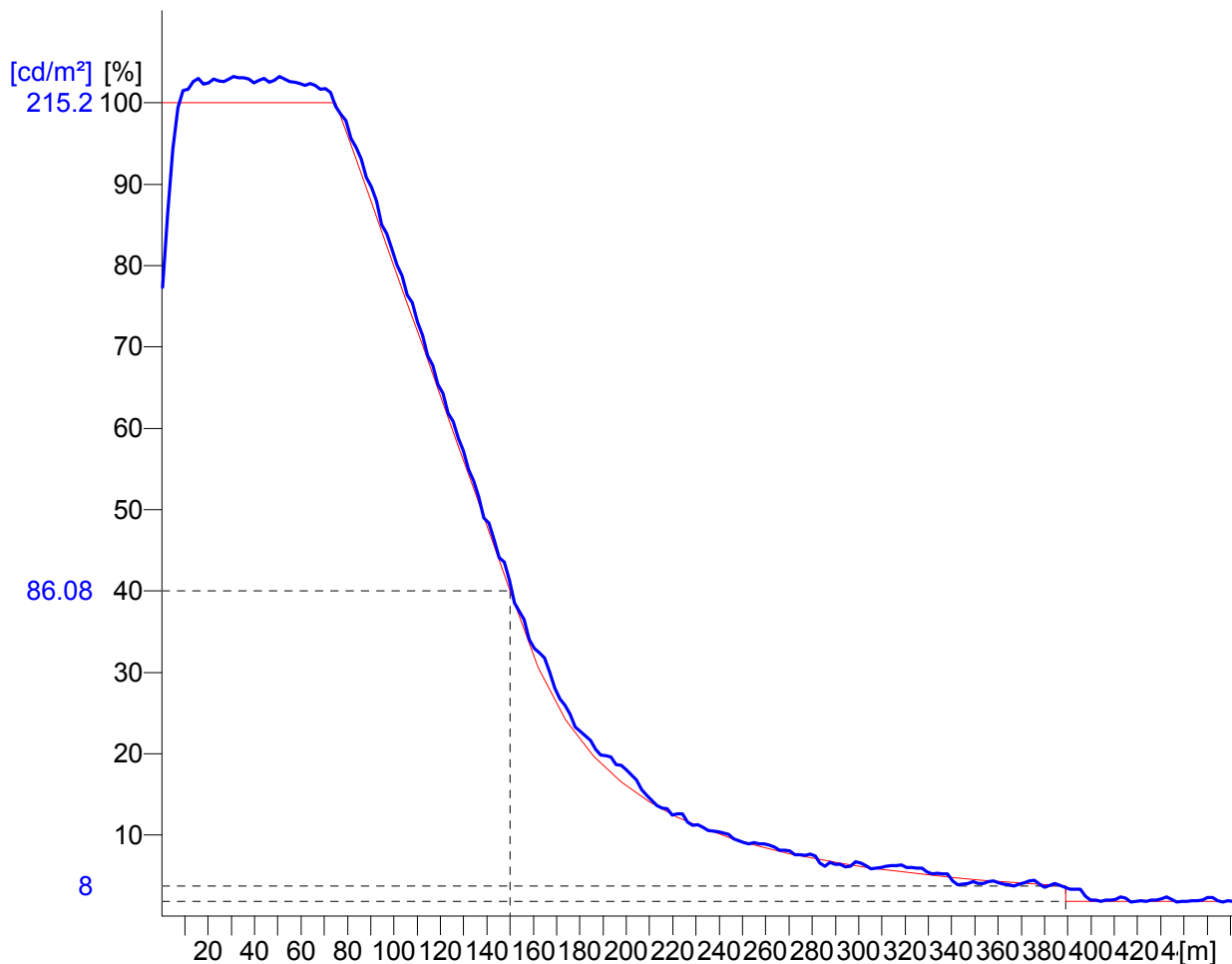
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.10 Evolution, Adaptation (L), S2: 80%, Obs. 1



Observer location 1 : x = -85.6, y = 2, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

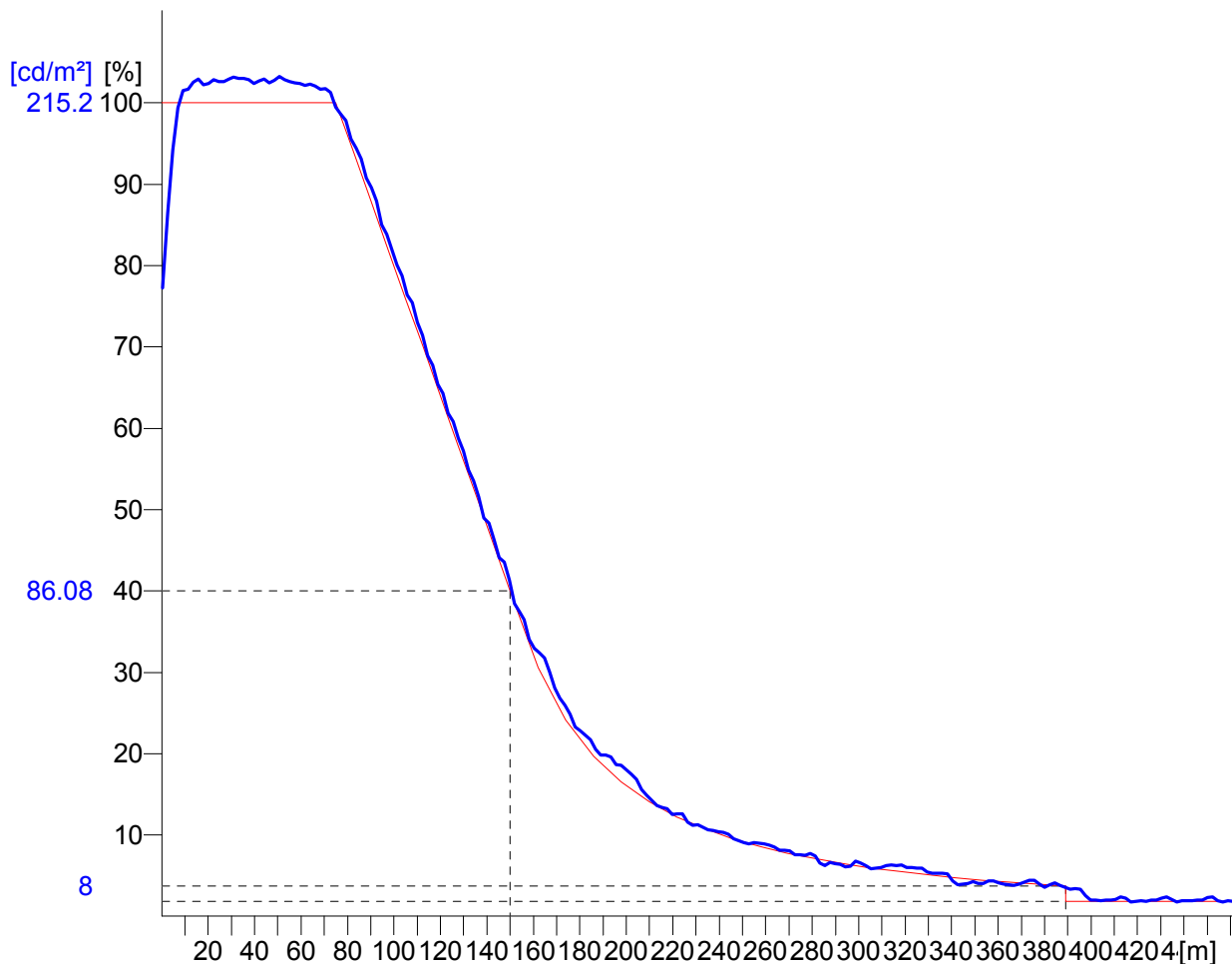
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.11 Evolution, Adaptation (L), S2: 80%, Obs. 2



Observer location 2 : x = -85.6, y = 6, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

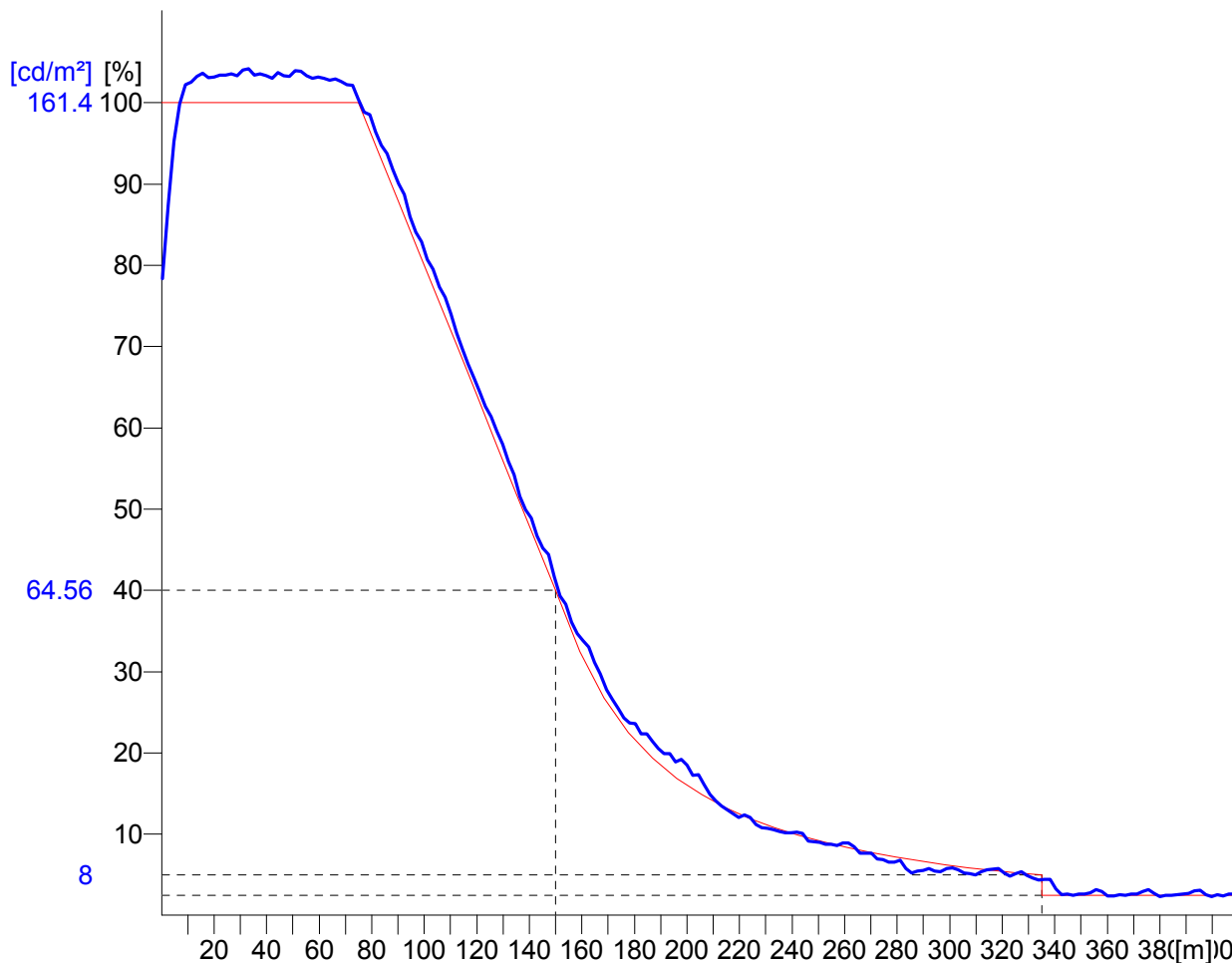
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.12 Evolution, Adaptation (L), S3: 60%, Obs. 1



Observer location 1 : x = -85.6, y = 2, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

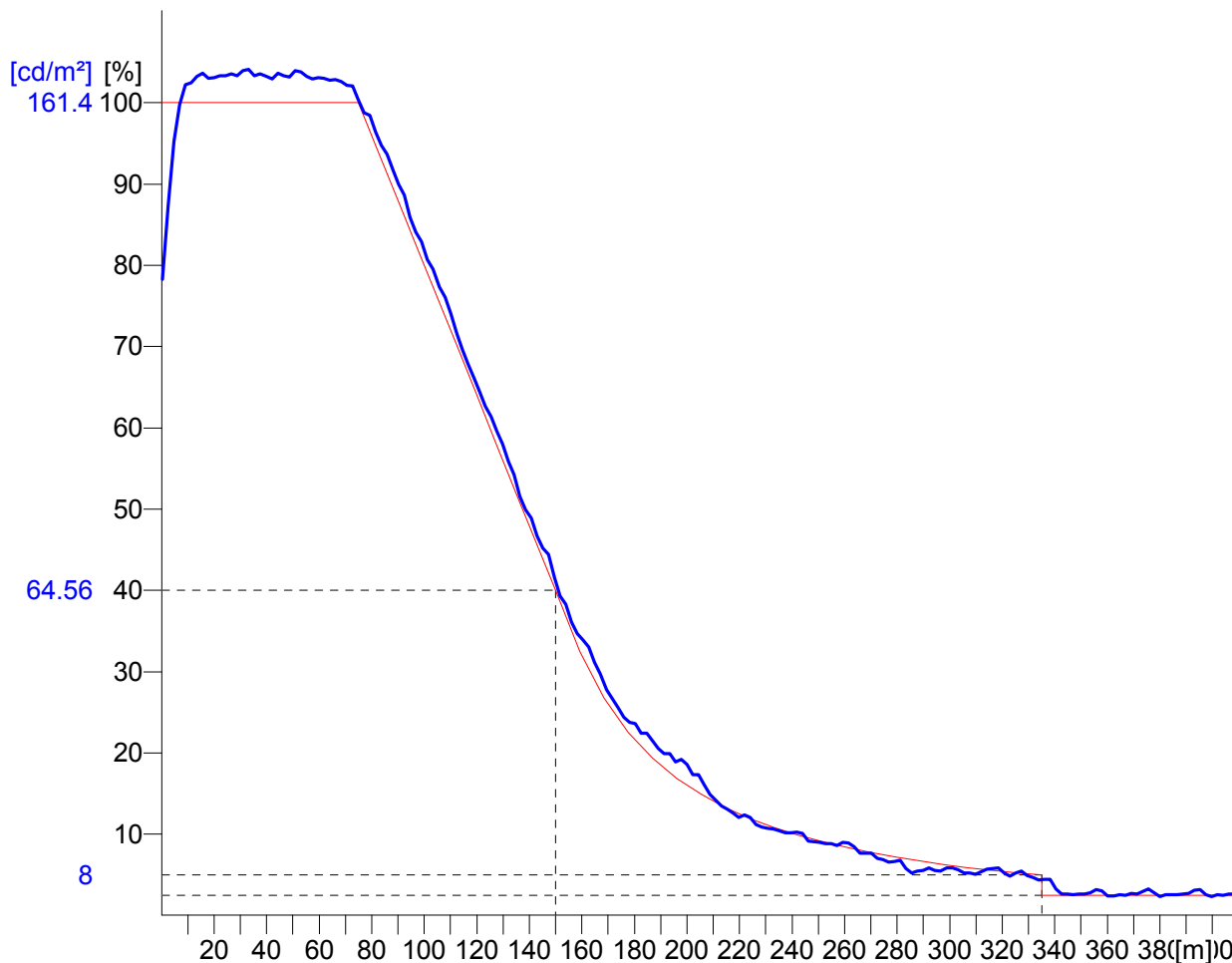
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.13 Evolution, Adaptation (L), S3: 60%, Obs. 2



Observer location 2 : x = -85.6, y = 6, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

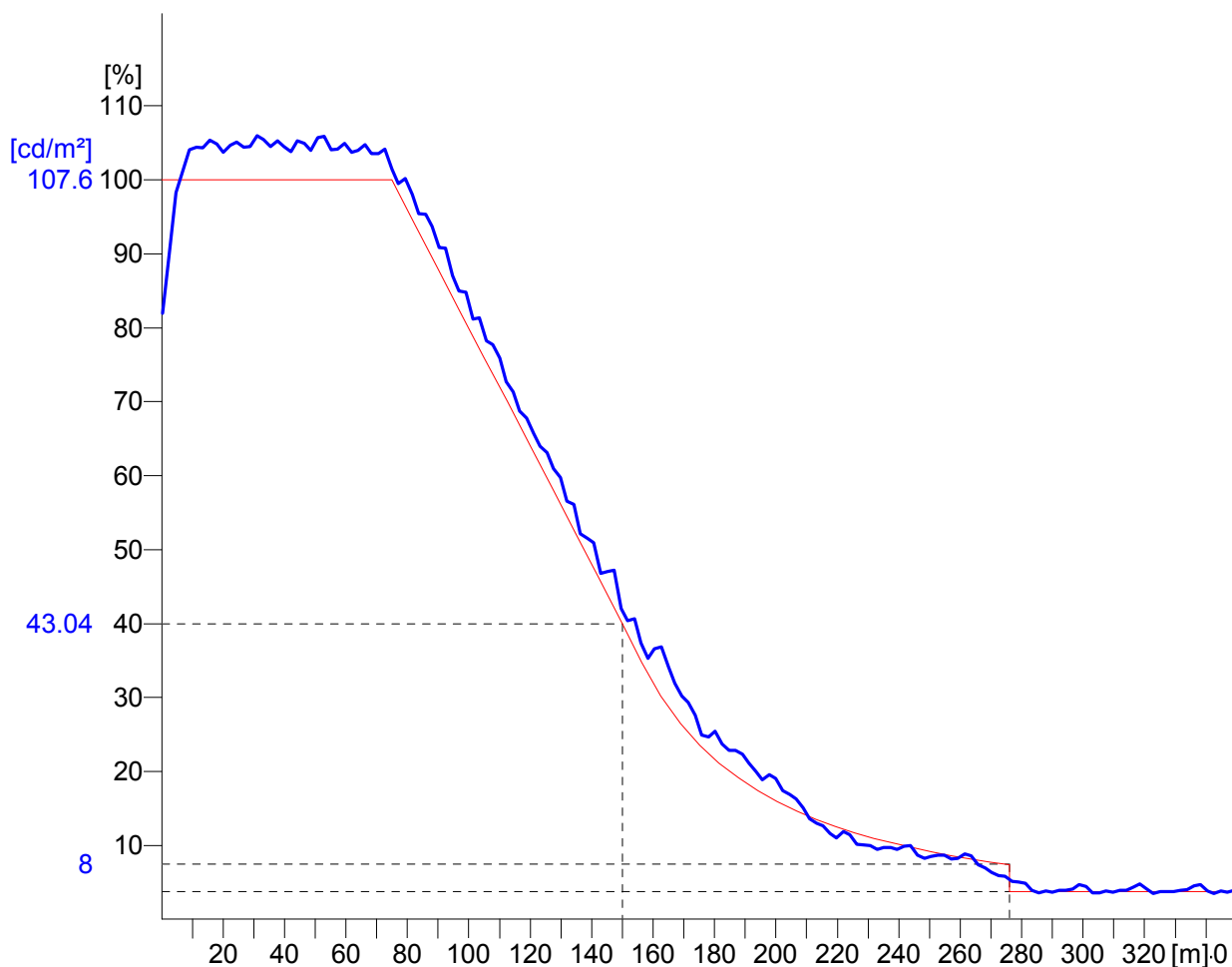
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.14 Evolution, Adaptation (L), S4: 40%, Obs. 1



Observer location 1 : x = -85.6, y = 2, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

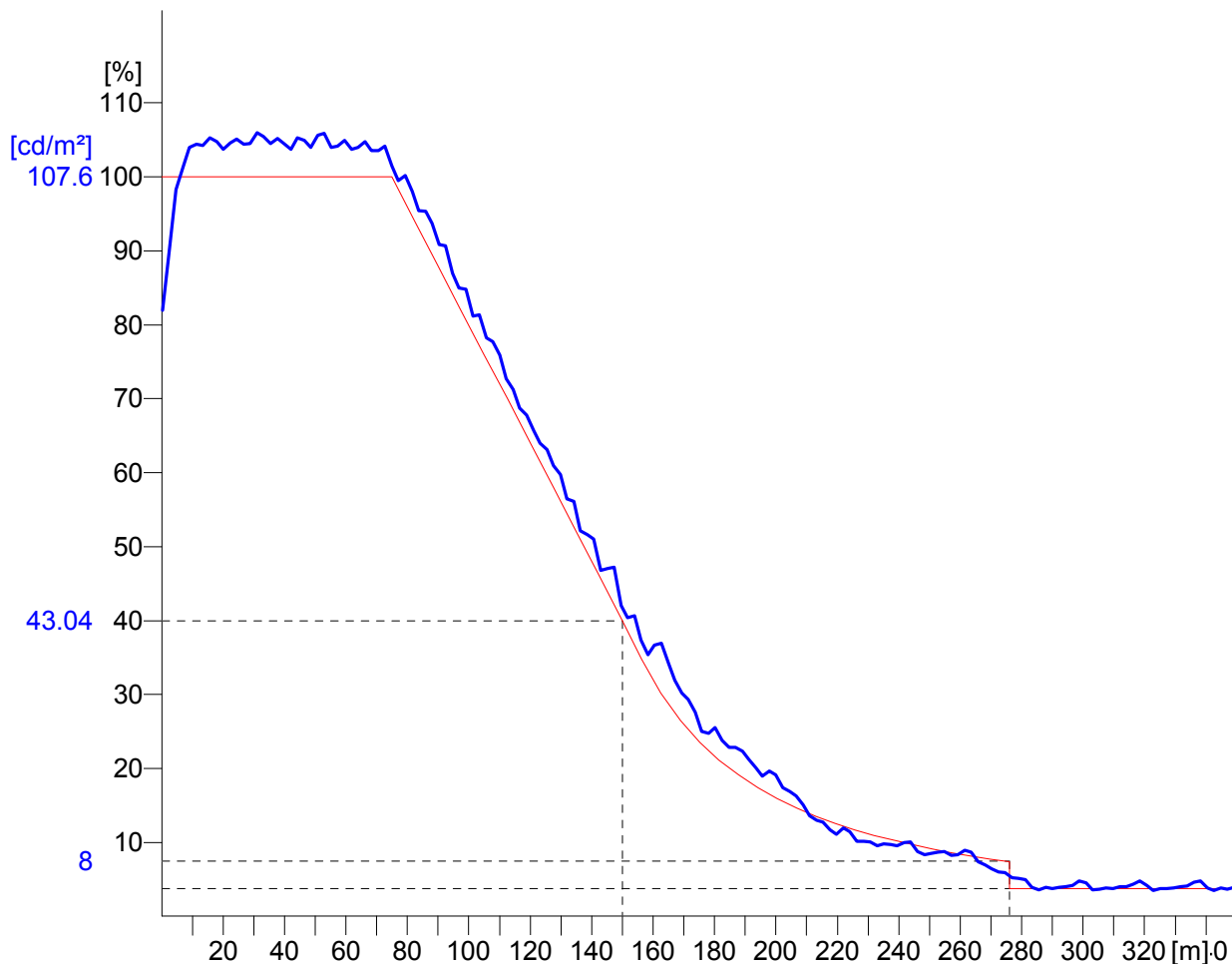
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.15 Evolution, Adaptation (L), S4: 40%, Obs. 2



Observer location 2 : x = -85.6, y = 6, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

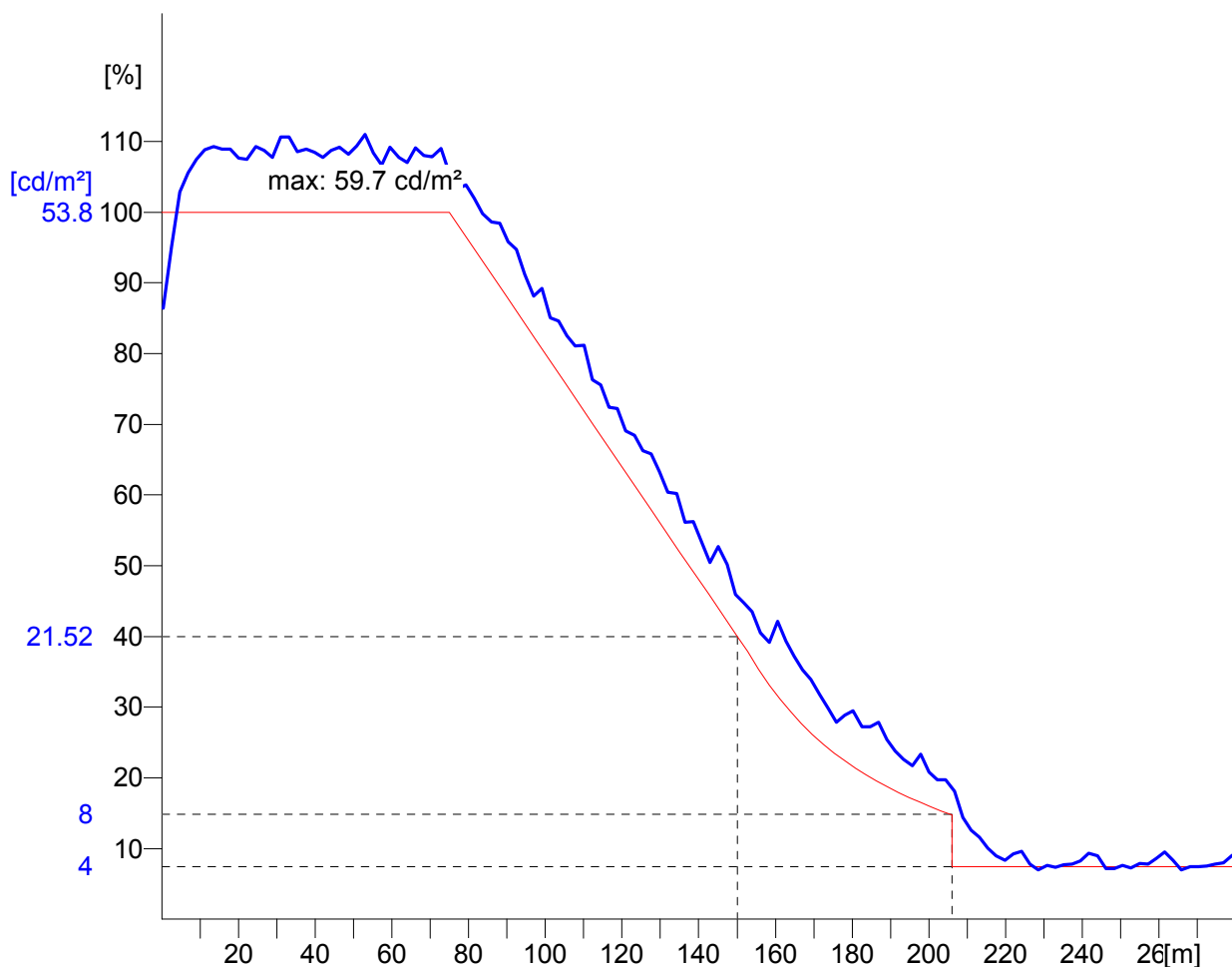
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.16 Evolution, Adaptation (L), S5: 20%, Obs. 1



Observer location 1 : x = -85.6, y = 2, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

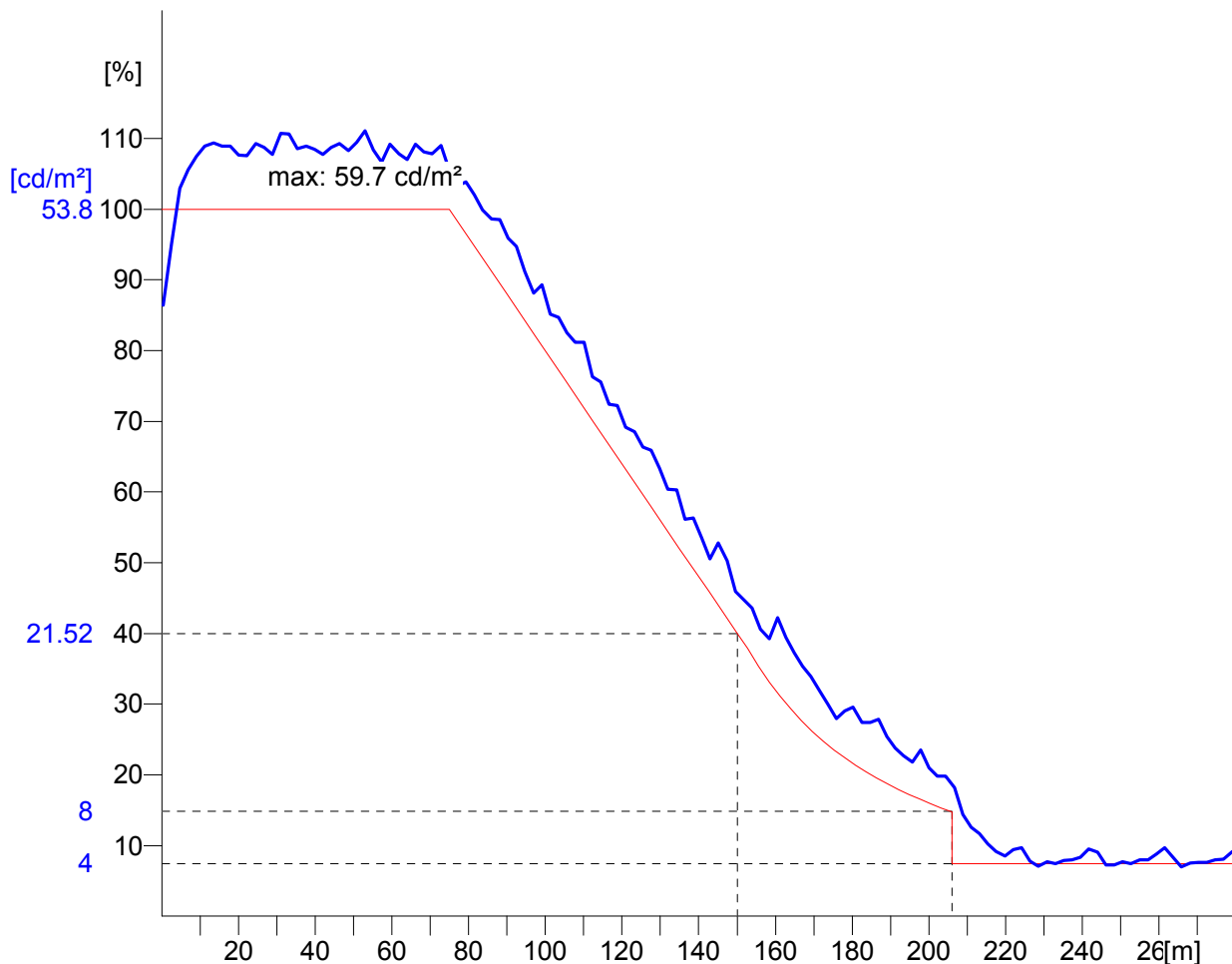
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.17 Evolution, Adaptation (L), S5: 20%, Obs. 2



Observer location 2 : $x = -85.6, y = 6, z = 1.5$ ($dx = 85.93$)
Evaluation of L on whole width of road

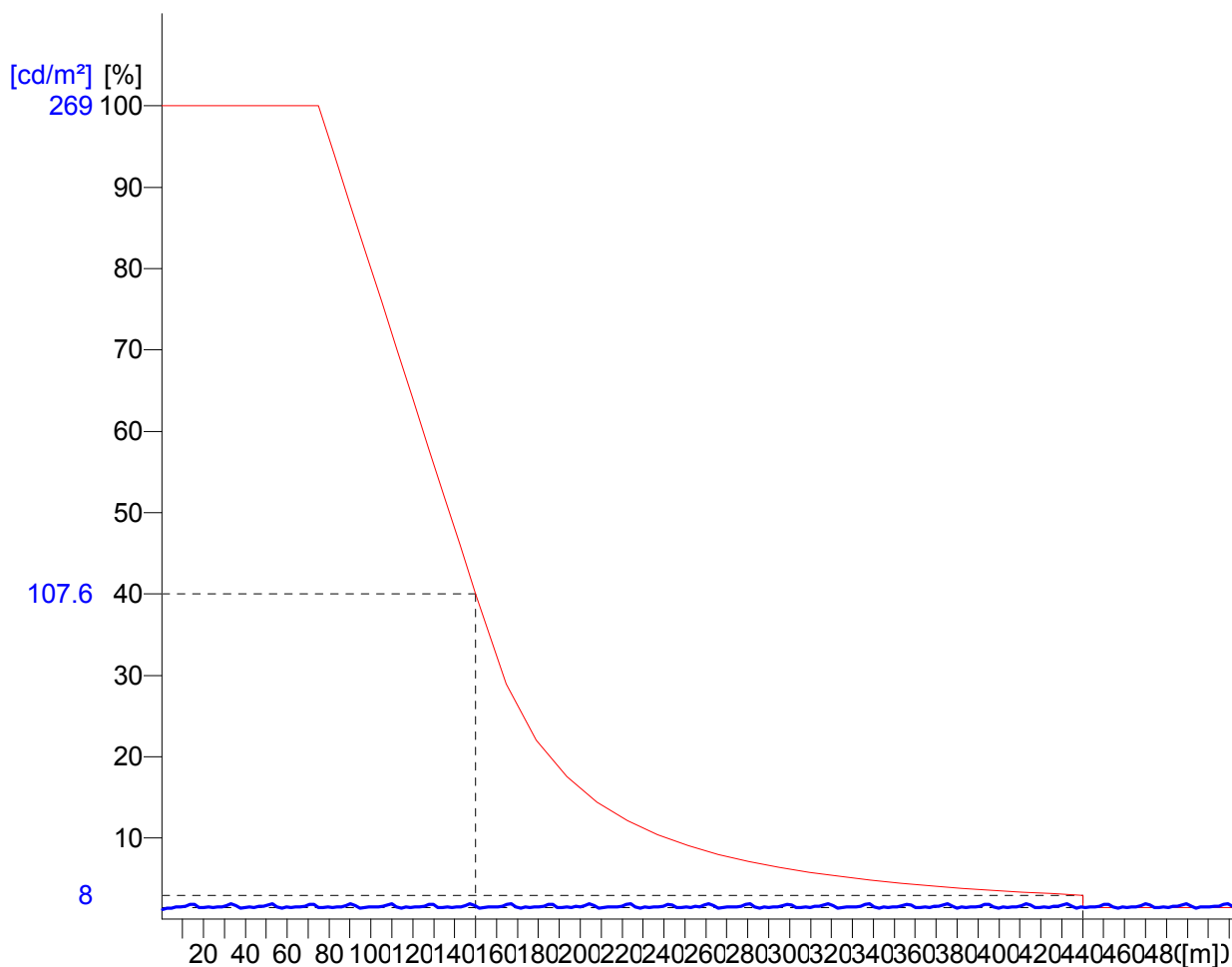
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.18 Evolution, Adaptation (L), Int.1, Obs. 1



Observer location 1 : x = -85.6, y = 2, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

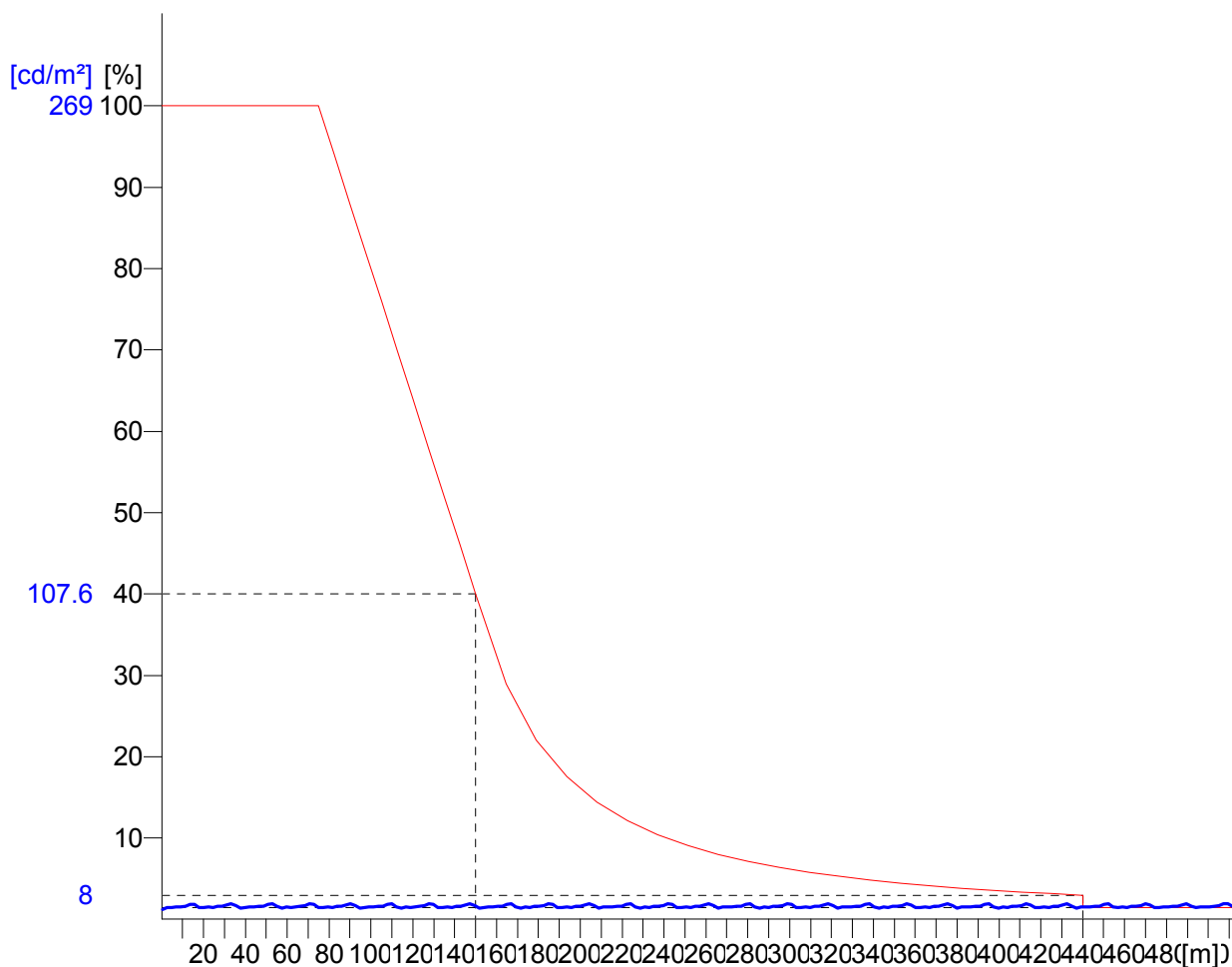
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.19 Evolution, Adaptation (L), Int.1, Obs. 2



Observer location 2 : x = -85.6, y = 6, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

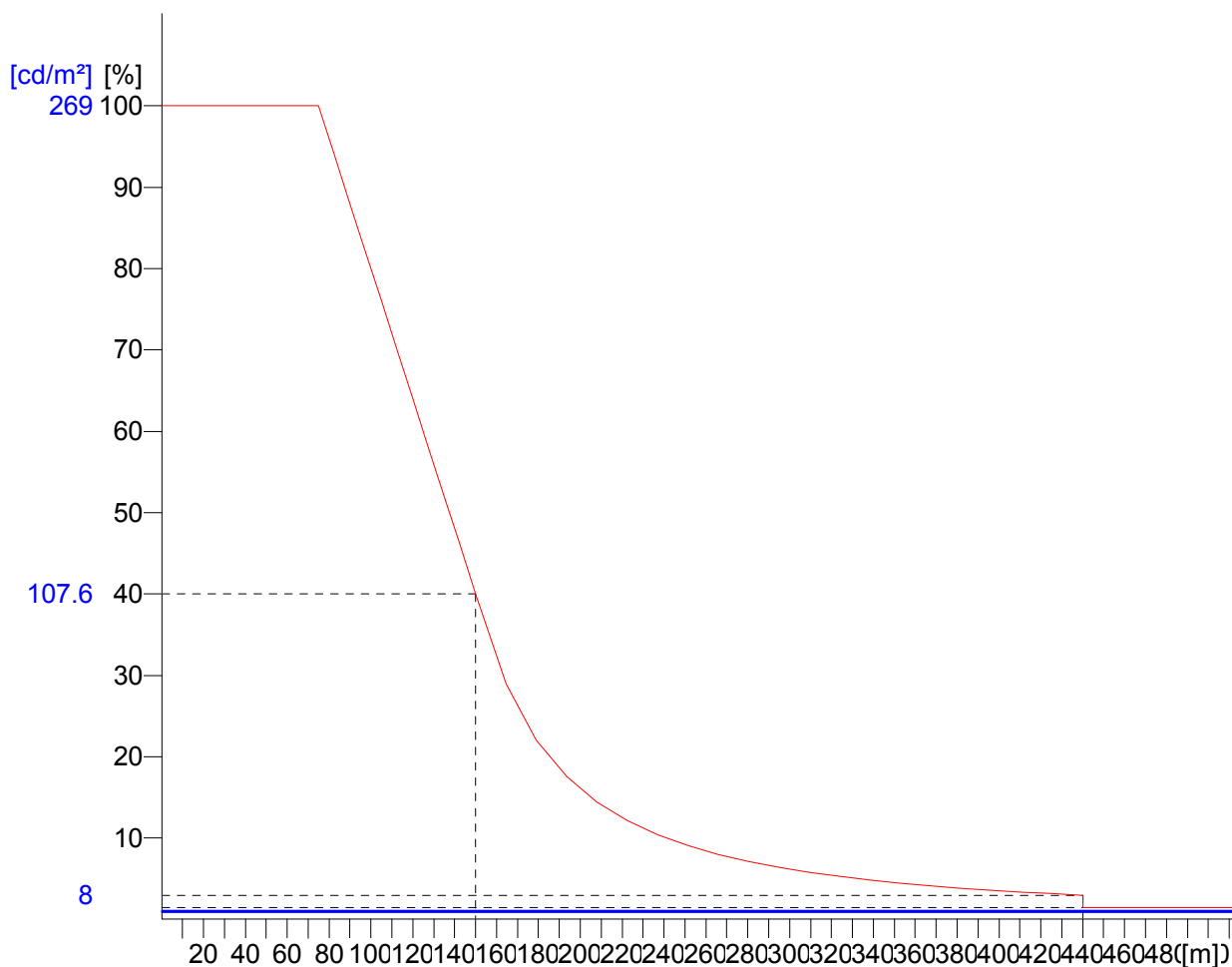
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.20 Evolution, Adaptation (L), Int.2, Obs. 1



Observer location 1 : x = -85.6, y = 2, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

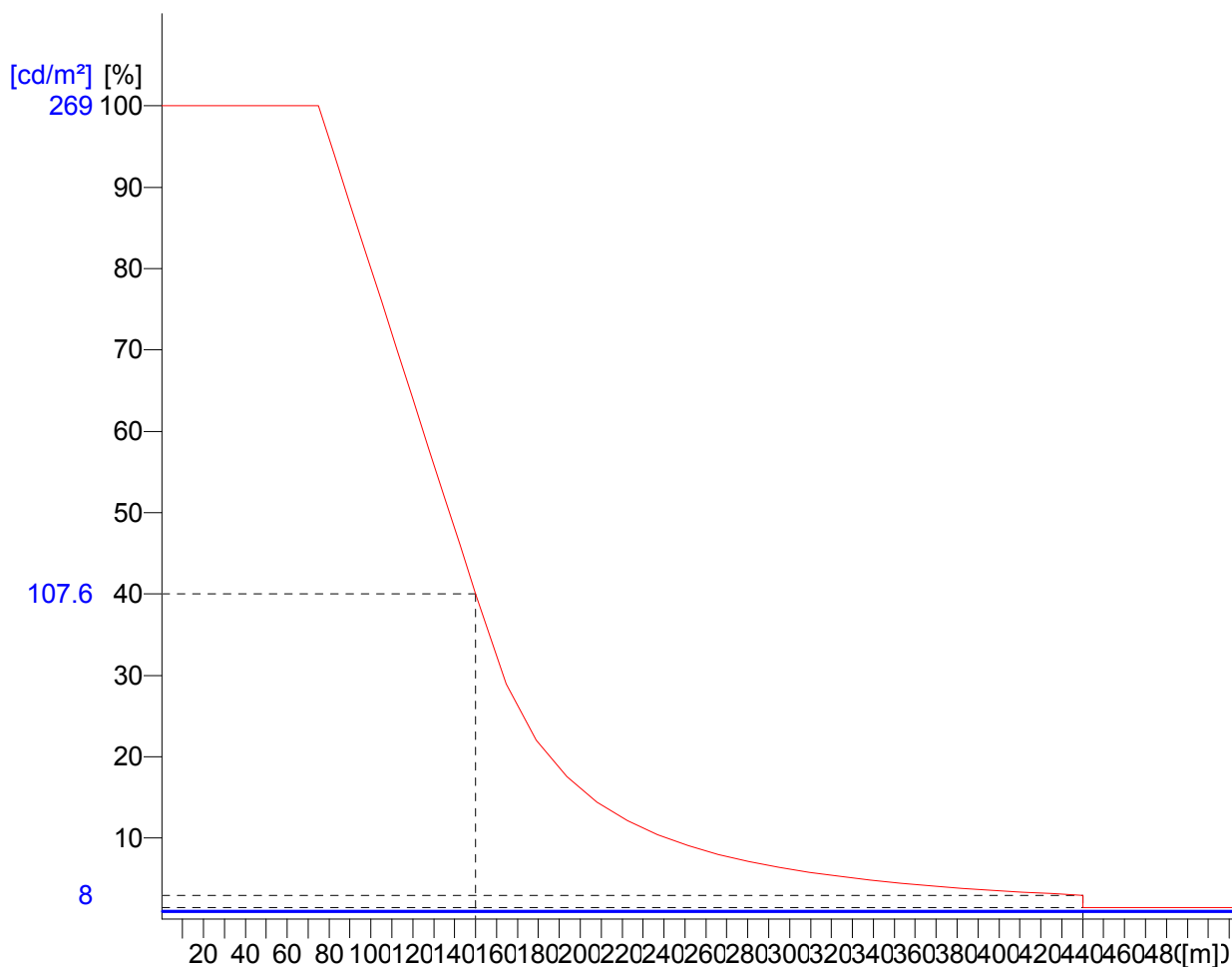
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.21 Evolution, Adaptation (L), Int.2, Obs. 2



Observer location 2 : x = -85.6, y = 6, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

-please put your own address here-

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 12

Σήραγγα κλάσης φωτισμού 3

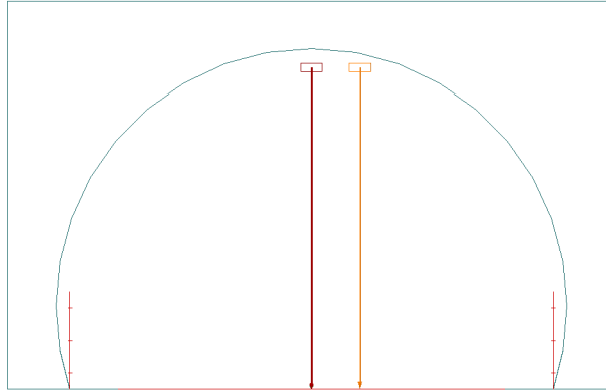
***Προσομοίωση φωτισμού με οδόστρωμα *bright*,
με επαναρύθμιση των *group* (1^ο σενάριο)***

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011

2 Tunnel

2.1 Description, Tunnel

2.1.1 Project data



Geometry tunnel

Length of the tunnel : 700 m
Length of the tunnel (calculation model) : 700 m
Height of the tunnel : 7 m

Width of the lane : 8 m
Number of lanes : 2
Covering / material : anoixto, $q_0 = 0.12$
Marginal strip right : 1 m
Marginal strip left : 1 m

Height of the wall (right) : 2 m
Covering / material : diffus 50%

Height of the wall (left) : 2 m
Covering / material : diffus 50%

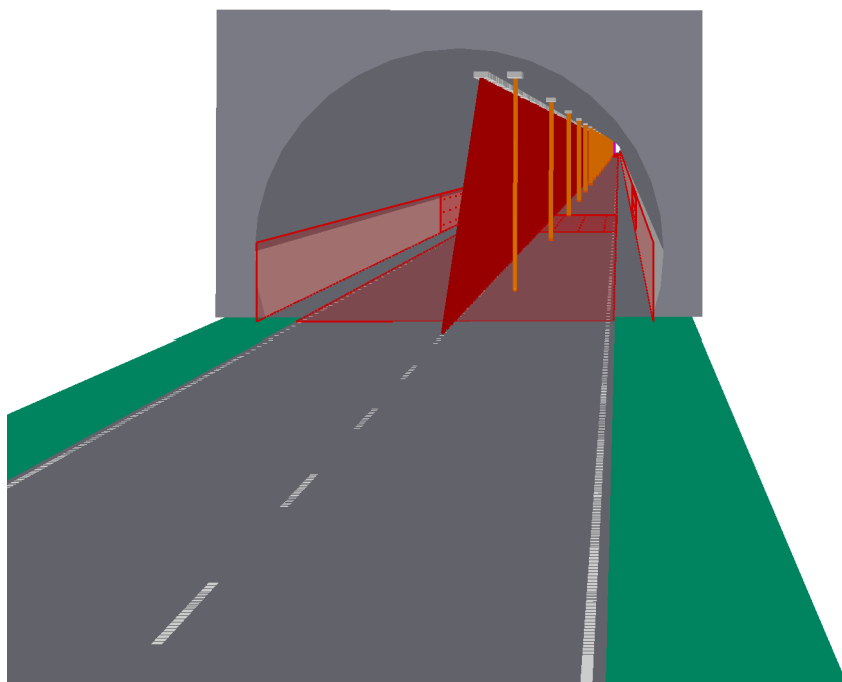
Calculation specifications

Speed : 100 km/h
Length of the threshold zone : 150 m
Luminance threshold zone : 269 cd/m²
Luminance interior zone : 4 cd/m²

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011

2.1 Description, Tunnel

2.1.5 3D view, View from the left



-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011

2 Tunnel

2.1 Description, Tunnel

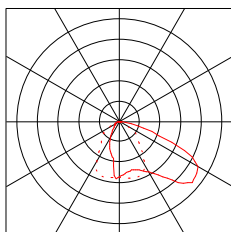
2.1.1 Project data

LDC in use

5 **INDAL**



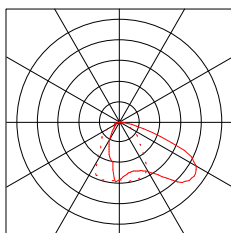
Order No. : Metis
Luminaire name : 2816 RNN
Equipment : 1 x 1ST 400W 56500 E40 / 56500 lm
Maintenance factor: 0.70



6



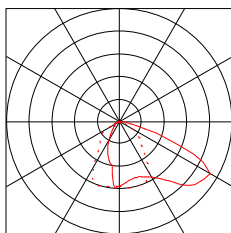
Order No. : Metis
Luminaire name : 2816 RNN
Equipment : 1 x 1ST 250W 33200 E40 / 33200 lm
Maintenance factor: 0.70



7



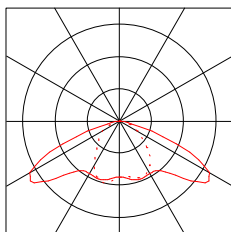
Order No. : Metis
Luminaire name : 2816 RNN
Equipment : 1 x 1ST 150W 17500 E40 / 17500 lm
Maintenance factor: 0.70



13



Order No. : Metis
Luminaire name : 2816 SNN 22.029
Equipment : 1 x 1ST 250W 33200 E40 / 33200 lm
Maintenance factor: 0.70




-please put your own address here-

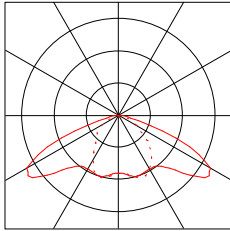
Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011


2 Tunnel

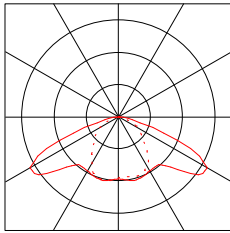
2.1 Description, Tunnel

2.1.1 Project data

14  Order No. : Metis
Luminaire name : 2816 SNN 22.028
Equipment : 1 x 1ST 150W 17500 E40 / 17500 lm
Maintenance factor: 0.70



18  Order No. : Metis
Luminaire name : 2816 SNN 22.030
Equipment : 1 x 1ST 400W 56500 E40 / 56500 lm
Maintenance factor: 0.70



Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2 Tunnel

2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.1 Result overview, S1: 100%

Regulating step: S1: 100%

Adaptation

1: 100%
2: 100%
3: 100%
4: 100%
5: 100%

Interior

6: 100%
7: 100%

Threshold zone (constant)

Measuring range: 29.96 m - 45.32 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3

Observer (starting point coordinate) : x = -30.04 m; z = 1.50 m dx = 61.10 m (fix)

y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)

Lav	:	391.26 cd/m ²	391.18 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.82	0.85
UI	Llmin/Llma::	1	1
TI max.	Max. :	1.63 %	1.58 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	327.66 cd/m ²	327.66 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.88	0.88

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	353.59 cd/m ²	353.59 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.89	0.89

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2 Tunnel

2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.1 Result overview, S1: 100%

Interior zone

Measuring range: 480.00 m - 499.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 420.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 4.34 cd/m² 4.35 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.59 0.58
UI Lmin/Llma:: 0.74 0.73
TI max. Max. : 3.47 % 3.87 %

Wall left (diffus 50%)
Lav : 2.82 cd/m² 2.82 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.72 0.72

Wall right (diffus 50%)
Lav : 3.18 cd/m² 3.18 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.64 0.64

Threshold and transition zone

Measuring range: -0.76 m - 697.02 m Points: nx = 318, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = -85.60 m; z = 1.50 m dx = 85.93 m (moving)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)

Wall left (diffus 50%)

Wall right (diffus 50%)

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011

2 Tunnel

2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.1 Result overview, S1: 100%

Exit 8cd/m2

Measuring range: 539.00 m - 558.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 479.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 12.29 cd/m² 12.30 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.6 0.6
UI Lmin/Lima:: 0.8 0.79
TI max. Max. : 2.35 % 2.62 %

Wall left (diffus 50%)

Lav : 8.06 cd/m² 8.06 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.73 0.73

Wall right (diffus 50%)

Lav : 9.05 cd/m² 9.05 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.65 0.65

Exit 20cd/m2

Measuring range: 635.00 m - 654.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 575.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 25.94 cd/m² 25.94 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.61 0.61
UI Lmin/Lima:: 0.84 0.81
TI max. Max. : 1.61 % 1.71 %

Wall left (diffus 50%)

Lav : 16.49 cd/m² 16.49 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.75 0.75

Wall right (diffus 50%)

Lav : 19.05 cd/m² 19.05 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.67 0.67

qc: The backward reflection of the road was calculated.

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.2 Result overview, S2: 80%

Regulating step: S2: 80%

Adaptation

1: 0%
2: 100%
3: 100%
4: 100%
5: 100%

Interior

6: 100%
7: 100%

Threshold zone (constant)

Measuring range: 29.96 m - 45.32 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3

Observer (starting point coordinate) : x = -30.04 m; z = 1.50 m dx = 61.10 m (fix)

y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)

Lav	:	314.19 cd/m ²	314.12 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.81	0.85
UI	Llmin/Llma::	0.99	0.99
TI max.	Max. :	1.63 %	1.58 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	262.87 cd/m ²	262.87 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.87	0.87

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	283.71 cd/m ²	283.71 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.89	0.89

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.2 Result overview, S2: 80%

Interior zone

Measuring range: 480.00 m - 499.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 420.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 4.34 cd/m² 4.35 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.59 0.58
UI Lmin/Llma:: 0.74 0.73
TI max. Max. : 3.47 % 3.87 %

Wall left (diffus 50%)
Lav : 2.82 cd/m² 2.82 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.72 0.72

Wall right (diffus 50%)
Lav : 3.18 cd/m² 3.18 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.64 0.64

Threshold and transition zone

Measuring range: -0.76 m - 697.02 m Points: nx = 318, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = -85.60 m; z = 1.50 m dx = 85.93 m (moving)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)

Wall left (diffus 50%)

Wall right (diffus 50%)

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.2 Result overview, S2: 80%

Exit 8cd/m2

Measuring range: 539.00 m - 558.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 479.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 12.29 cd/m² 12.30 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.6 0.6
UI Lmin/Lima:: 0.8 0.79
TI max. Max. : 2.35 % 2.62 %

Wall left (diffus 50%)
Lav : 8.06 cd/m² 8.06 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.73 0.73

Wall right (diffus 50%)
Lav : 9.05 cd/m² 9.05 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.65 0.65

Exit 20cd/m2

Measuring range: 635.00 m - 654.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 575.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 25.94 cd/m² 25.94 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.61 0.61
UI Lmin/Lima:: 0.84 0.81
TI max. Max. : 1.61 % 1.71 %

Wall left (diffus 50%)
Lav : 16.49 cd/m² 16.49 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.75 0.75

Wall right (diffus 50%)
Lav : 19.05 cd/m² 19.05 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.67 0.67

qc: The backward reflection of the road was calculated.

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.3 Result overview, S3: 60%

Regulating step: S3: 60%

Adaptation

1: 0%
2: 0%
3: 100%
4: 100%
5: 100%

Interior

6: 100%
7: 100%

Threshold zone (constant)

Measuring range: 29.96 m - 45.32 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3

Observer (starting point coordinate) : x = -30.04 m; z = 1.50 m dx = 61.10 m (fix)

y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)

Lav	:	236.69 cd/m ²	236.64 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.81	0.84
UI	Llmin/Llma::	0.98	0.98
TI max.	Max. :	1.63 %	1.58 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	197.90 cd/m ²	197.90 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.87	0.87

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	213.67 cd/m ²	213.67 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.89	0.89

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.3 Result overview, S3: 60%

Interior zone

Measuring range: 480.00 m - 499.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 420.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 4.34 cd/m² 4.35 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.59 0.58
UI Lmin/Llma:: 0.74 0.73
TI max. Max. : 3.47 % 3.87 %

Wall left (diffus 50%)
Lav : 2.82 cd/m² 2.82 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.72 0.72

Wall right (diffus 50%)
Lav : 3.17 cd/m² 3.17 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.64 0.64

Threshold and transition zone

Measuring range: -0.76 m - 697.02 m Points: nx = 318, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = -85.60 m; z = 1.50 m dx = 85.93 m (moving)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)

Wall left (diffus 50%)

Wall right (diffus 50%)

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.3 Result overview, S3: 60%

Exit 8cd/m2

Measuring range: 539.00 m - 558.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 479.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 12.29 cd/m² 12.30 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.6 0.6
UI Lmin/Lima:: 0.8 0.79
TI max. Max. : 2.35 % 2.62 %

Wall left (diffus 50%)

Lav : 8.06 cd/m² 8.06 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.73 0.73

Wall right (diffus 50%)

Lav : 9.05 cd/m² 9.05 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.65 0.65

Exit 20cd/m2

Measuring range: 635.00 m - 654.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 575.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 25.94 cd/m² 25.94 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.61 0.61
UI Lmin/Lima:: 0.84 0.81
TI max. Max. : 1.61 % 1.71 %

Wall left (diffus 50%)

Lav : 16.49 cd/m² 16.49 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.75 0.75

Wall right (diffus 50%)

Lav : 19.05 cd/m² 19.05 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.67 0.67

qc: The backward reflection of the road was calculated.

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.4 Result overview, S4: 40%

Regulating step: S4: 40%

Adaptation

1: 0%
2: 0%
3: 0%
4: 100%
5: 100%

Interior

6: 100%
7: 100%

Threshold zone (constant)

Measuring range: 29.96 m - 45.32 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3

Observer (starting point coordinate) : x = -30.04 m; z = 1.50 m dx = 61.10 m (fix)

y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)

Lav	:	159.37 cd/m ²	159.34 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.8	0.83
UI	Llmin/Llma::	0.97	0.97
TI max.	Max. :	1.63 %	1.58 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	133.03 cd/m ²	133.03 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.86	0.86

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	143.65 cd/m ²	143.65 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.88	0.88

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.4 Result overview, S4: 40%

Interior zone

Measuring range: 480.00 m - 499.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 420.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 4.34 cd/m² 4.35 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.59 0.58
UI Lmin/Llma:: 0.74 0.73
TI max. Max. : 3.47 % 3.87 %

Wall left (diffus 50%)

Lav : 2.82 cd/m² 2.82 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.72 0.72

Wall right (diffus 50%)

Lav : 3.17 cd/m² 3.17 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.64 0.64

Threshold and transition zone

Measuring range: -0.76 m - 697.02 m Points: nx = 318, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = -85.60 m; z = 1.50 m dx = 85.93 m (moving)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)

Wall left (diffus 50%)

Wall right (diffus 50%)

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.4 Result overview, S4: 40%

Exit 8cd/m2

Measuring range: 539.00 m - 558.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 479.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 12.29 cd/m² 12.30 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.6 0.6
UI Lmin/Lima:: 0.8 0.79
TI max. Max. : 2.35 % 2.62 %

Wall left (diffus 50%)
Lav : 8.06 cd/m² 8.06 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.73 0.73

Wall right (diffus 50%)
Lav : 9.05 cd/m² 9.05 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.65 0.65

Exit 20cd/m2

Measuring range: 635.00 m - 654.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 575.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 25.94 cd/m² 25.94 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.61 0.61
UI Lmin/Lima:: 0.84 0.81
TI max. Max. : 1.61 % 1.71 %

Wall left (diffus 50%)
Lav : 16.49 cd/m² 16.49 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.75 0.75

Wall right (diffus 50%)
Lav : 19.05 cd/m² 19.05 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.67 0.67

qc: The backward reflection of the road was calculated.

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.5 Result overview, S5: 20%

Regulating step: S5: 20%

Adaptation

1: 0%
2: 0%
3: 0%
4: 0%
5: 100%

Interior

6: 100%
7: 100%

Threshold zone (constant)

Measuring range: 29.96 m - 45.32 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3

Observer (starting point coordinate) : x = -30.04 m; z = 1.50 m dx = 61.10 m (fix)

y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)

Lav	:	82.03 cd/m ²	82.01 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.79	0.82
UI	Llmin/Llma::	0.96	0.97
TI max.	Max. :	1.63 %	1.58 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	67.77 cd/m ²	67.77 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.85	0.85

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	73.35 cd/m ²	73.35 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.86	0.86

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.5 Result overview, S5: 20%

Interior zone

Measuring range: 480.00 m - 499.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 420.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 4.34 cd/m² 4.35 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.59 0.58
UI Lmin/Llma:: 0.74 0.73
TI max. Max. : 3.47 % 3.87 %

Wall left (diffus 50%)
Lav : 2.82 cd/m² 2.82 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.72 0.72

Wall right (diffus 50%)
Lav : 3.17 cd/m² 3.17 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.64 0.64

Threshold and transition zone

Measuring range: -0.76 m - 697.02 m Points: nx = 318, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = -85.60 m; z = 1.50 m dx = 85.93 m (moving)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)

Wall left (diffus 50%)

Wall right (diffus 50%)

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.5 Result overview, S5: 20%

Exit 8cd/m2

Measuring range: 539.00 m - 558.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 479.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 12.29 cd/m² 12.30 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.6 0.6
UI Lmin/Lmax : 0.8 0.79
TI max. Max. : 2.35 % 2.62 %

Wall left (diffus 50%)
Lav : 8.06 cd/m² 8.06 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.73 0.73

Wall right (diffus 50%)
Lav : 9.04 cd/m² 9.04 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.65 0.65

Exit 20cd/m2

Measuring range: 635.00 m - 654.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 575.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 25.94 cd/m² 25.94 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.61 0.61
UI Lmin/Lmax : 0.84 0.81
TI max. Max. : 1.61 % 1.71 %

Wall left (diffus 50%)
Lav : 16.49 cd/m² 16.49 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.75 0.75

Wall right (diffus 50%)
Lav : 19.05 cd/m² 19.05 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.67 0.67

qc: The backward reflection of the road was calculated.

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.6 Result overview, twilight

Regulating step: twilight

Adaptation

1: 0%
2: 0%
3: 0%
4: 0%
5: 0%

Interior

6: 100%
7: 100%

Interior zone

Measuring range: 480.00 m - 499.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3

Observer (starting point coordinate) : x = 420.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)

y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)

Lav	:	4.34 cd/m ²	4.35 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.59	0.58
UI	Llmin/Llmax:	0.74	0.73
TI max.	Max. :	3.47 %	3.87 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	2.82 cd/m ²	2.82 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.72	0.72

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	3.17 cd/m ²	3.17 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.64	0.64

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.6 Result overview, twilight

Exit 8cd/m2

Measuring range: 539.00 m - 558.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 479.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 12.29 cd/m² 12.30 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.6 0.6
UI Lmin/Lima:: 0.8 0.79
TI max. Max. : 2.35 % 2.62 %

Wall left (diffus 50%)
Lav : 8.06 cd/m² 8.06 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.73 0.73

Wall right (diffus 50%)
Lav : 9.04 cd/m² 9.04 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.65 0.65

Exit 20cd/m2

Measuring range: 635.00 m - 654.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 575.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 25.94 cd/m² 25.94 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.61 0.61
UI Lmin/Lima:: 0.84 0.81
TI max. Max. : 1.61 % 1.71 %

Wall left (diffus 50%)
Lav : 16.49 cd/m² 16.49 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.75 0.75

Wall right (diffus 50%)
Lav : 19.05 cd/m² 19.05 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.67 0.67

qc: The backward reflection of the road was calculated.

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.7 Result overview, night

Regulating step: night

Adaptation

1: 0%
2: 0%
3: 0%
4: 0%
5: 0%

Interior

6: 0%
7: 100%

Interior zone

Measuring range: 480.00 m - 499.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3

Observer (starting point coordinate) : x = 420.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)

y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)

Lav	:	4.33 cd/m ²	4.33 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.59	0.58
UI	Llmin/Llmax:	0.74	0.73
TI max.	Max. :	3.47 %	3.87 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	2.82 cd/m ²	2.82 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.72	0.72

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	3.17 cd/m ²	3.17 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.64	0.64

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.7 Result overview, night

Exit 8cd/m2

Measuring range: 539.00 m - 558.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 479.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 4.31 cd/m² 4.32 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.61 0.6
UI Lmin/Llma:: 0.72 0.74
TI max. Max. : 2.35 % 2.62 %

Wall left (diffus 50%)
Lav : 2.80 cd/m² 2.80 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.71 0.71

Wall right (diffus 50%)
Lav : 3.14 cd/m² 3.14 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.65 0.65

Exit 20cd/m2

Measuring range: 635.00 m - 654.00 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 575.00 m; z = 1.50 m dx = 61.36 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 4.32 cd/m² 4.33 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.59 0.59
UI Lmin/Llma:: 0.76 0.73
TI max. Max. : 1.61 % 1.71 %

Wall left (diffus 50%)
Lav : 2.80 cd/m² 2.80 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.71 0.71

Wall right (diffus 50%)
Lav : 3.17 cd/m² 3.17 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.65 0.65

qc: The backward reflection of the road was calculated.

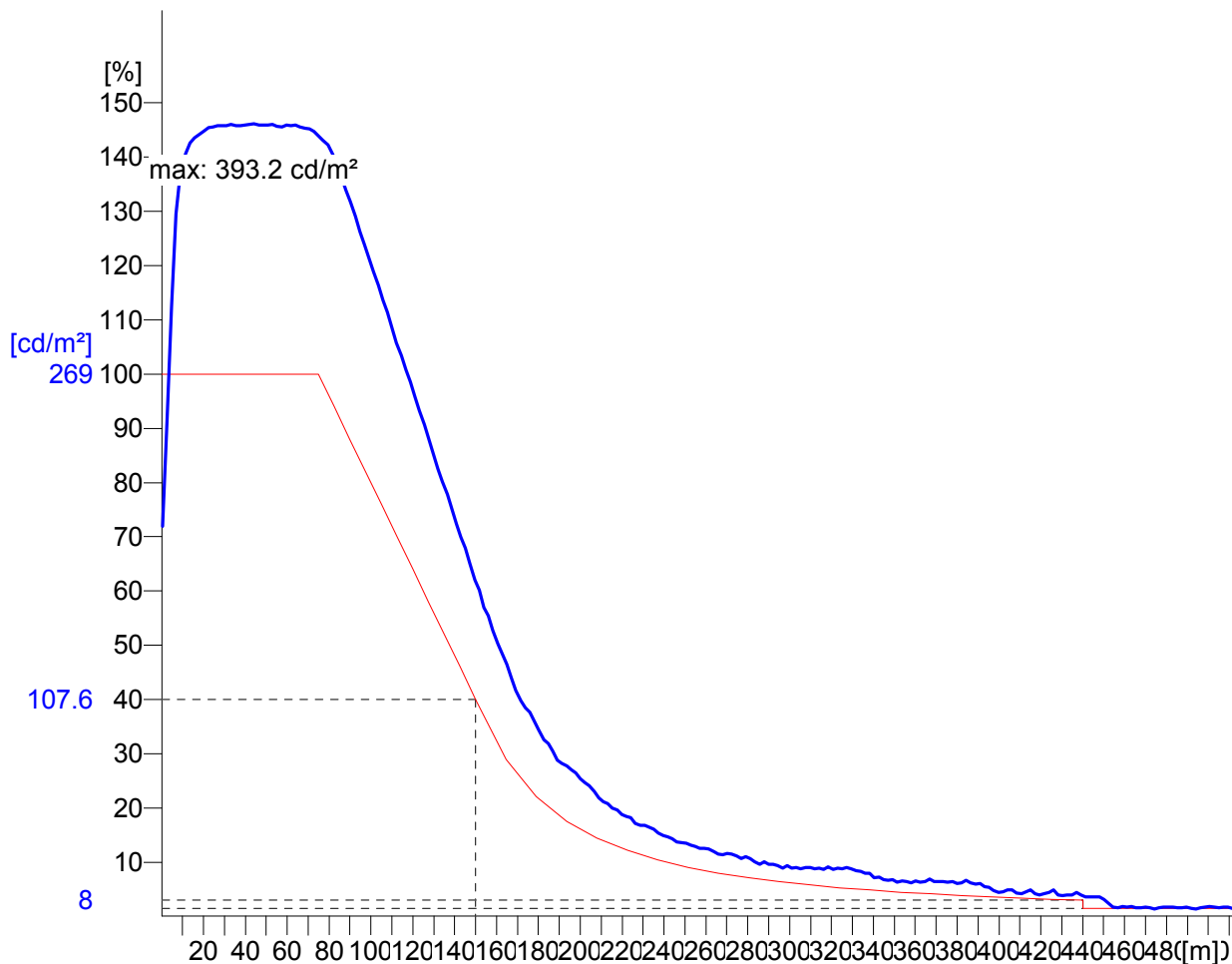
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.8 Evolution, Adaptation (L), S1: 100%, Obs. 1



Observer location 1 : x = -85.6, y = 2, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

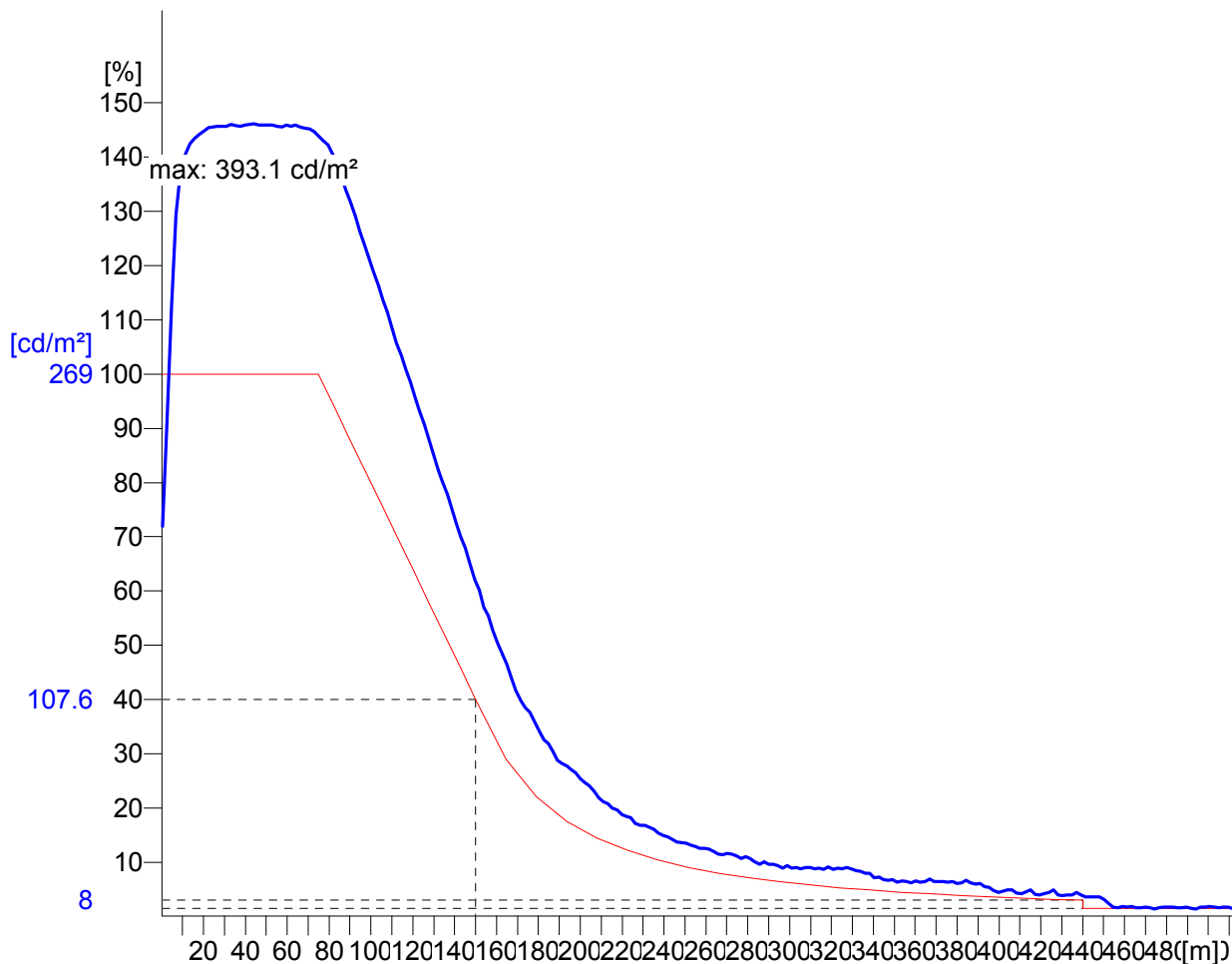
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.9 Evolution, Adaptation (L), S1: 100%, Obs. 2



Observer location 2 : x = -85.6, y = 6, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

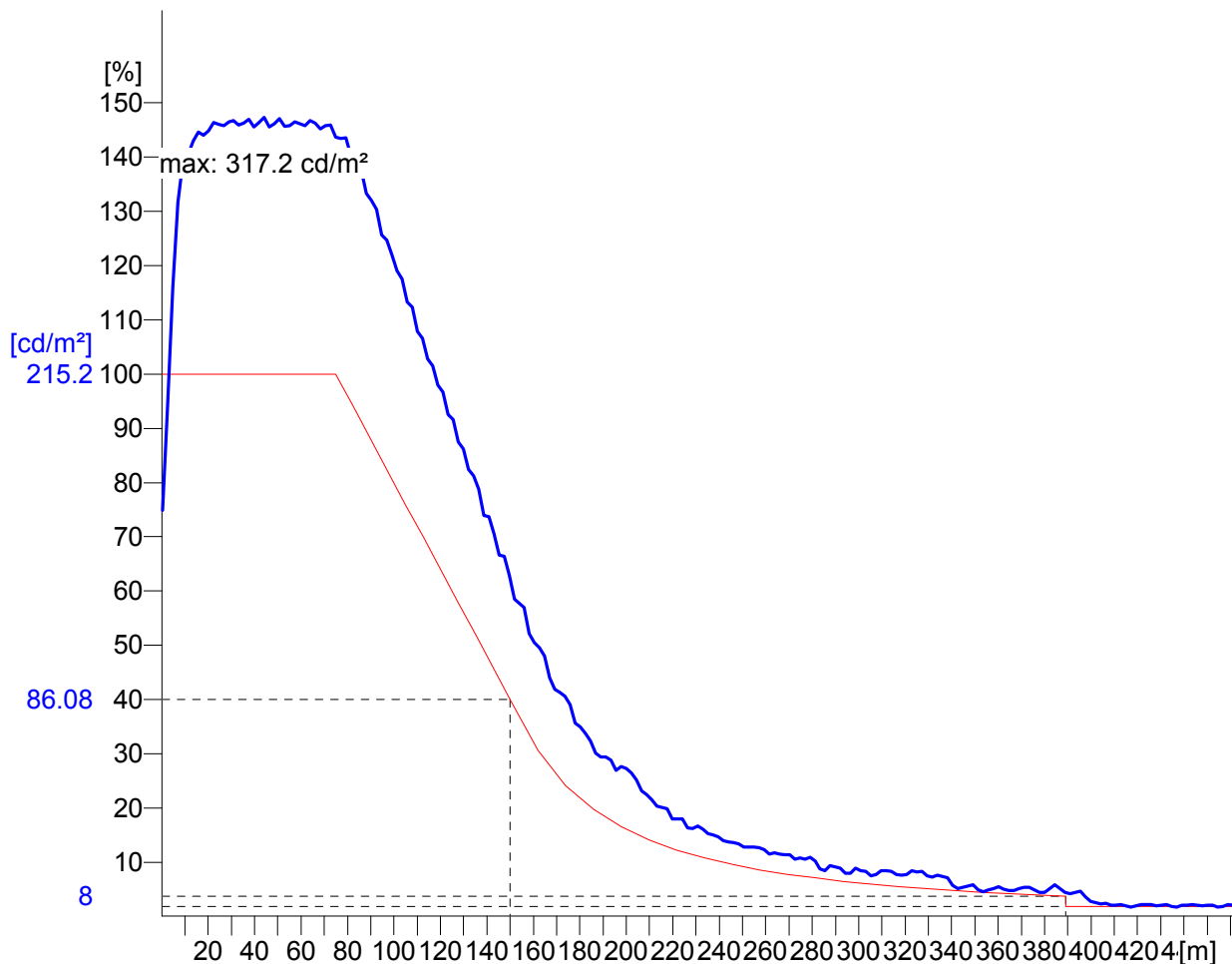
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.10 Evolution, Adaptation (L), S2: 80%, Obs. 1



Observer location 1 : x = -85.6, y = 2, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

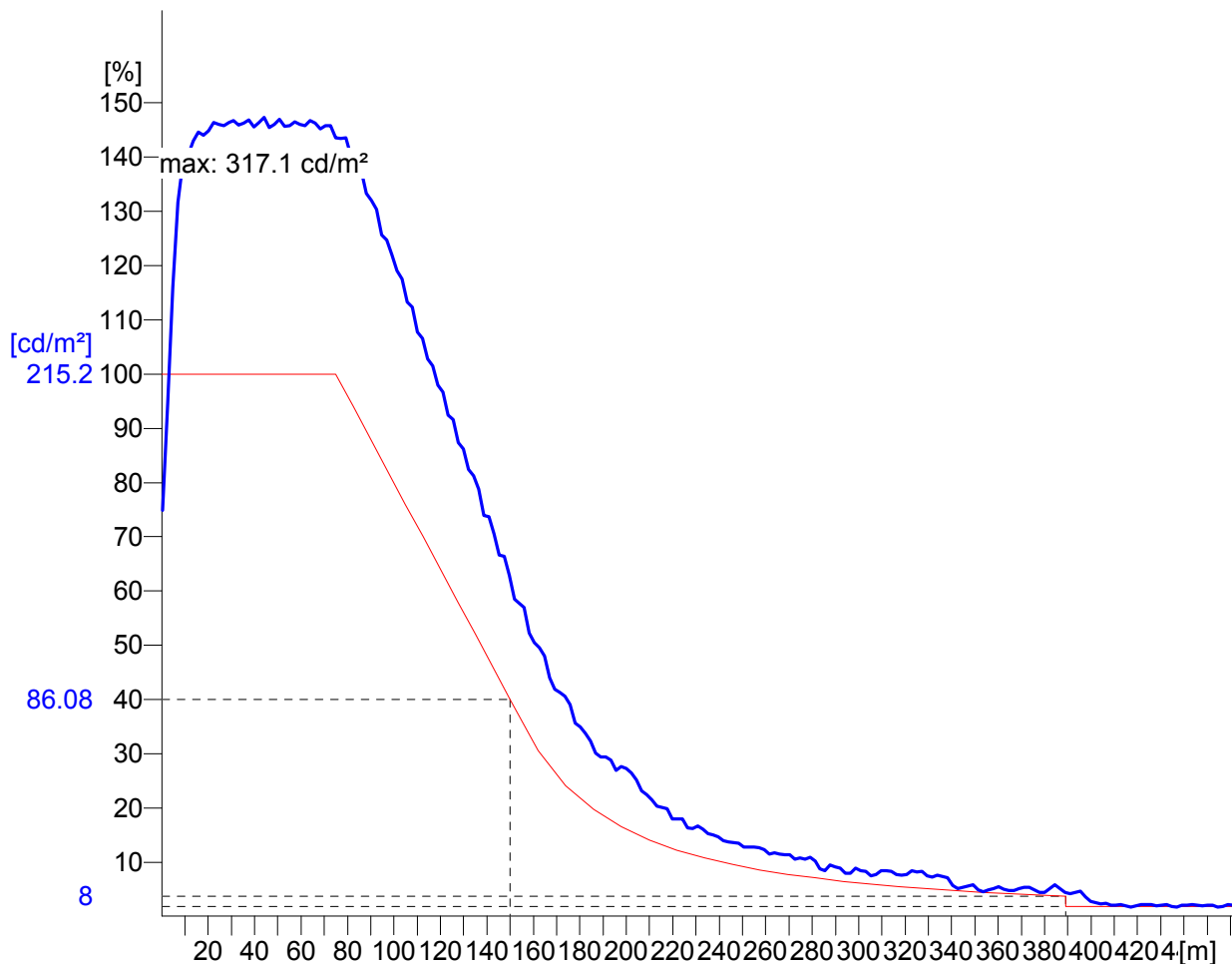
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.11 Evolution, Adaptation (L), S2: 80%, Obs. 2



Observer location 2 : x = -85.6, y = 6, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

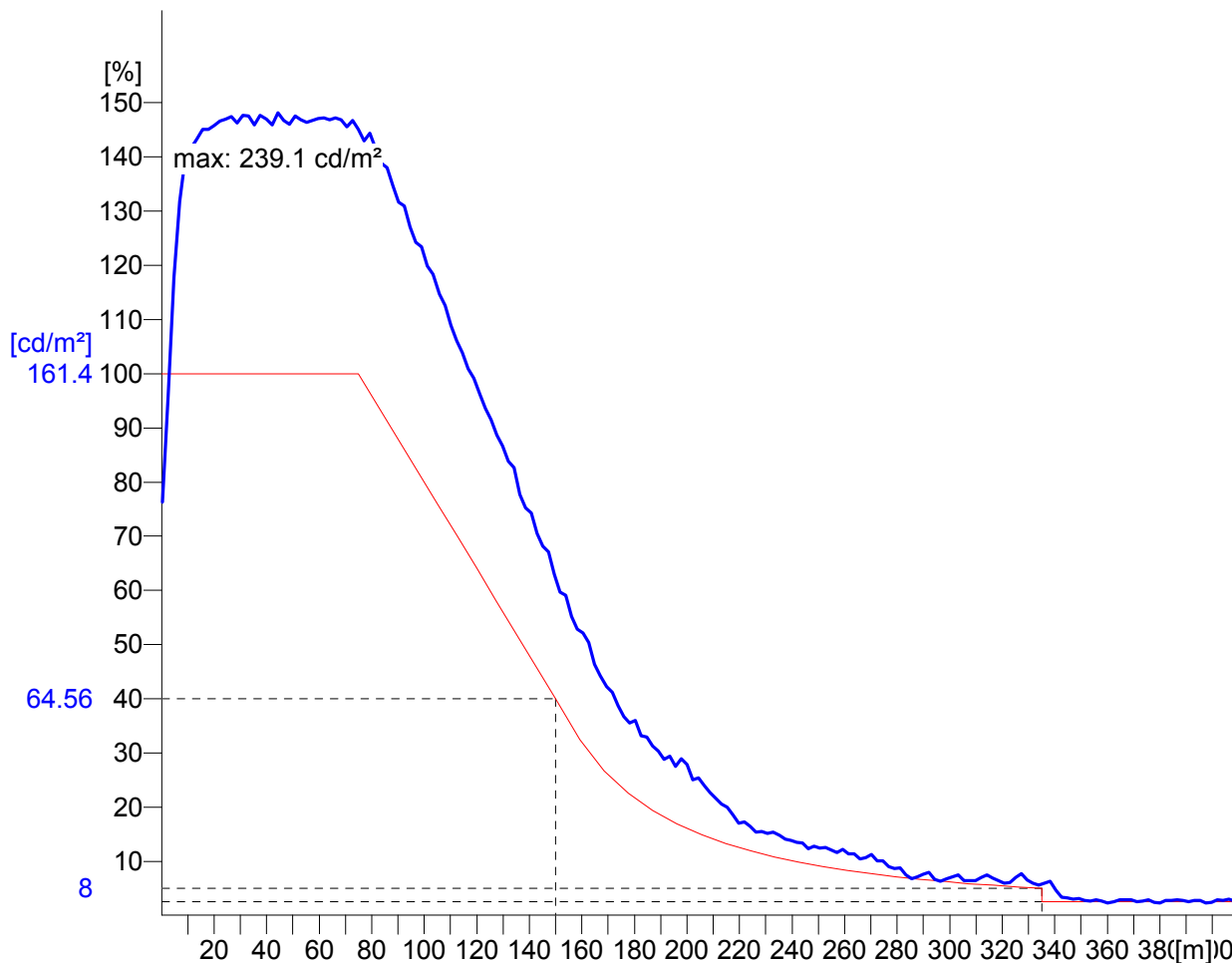
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.12 Evolution, Adaptation (L), S3: 60%, Obs. 1



Observer location 1 : x = -85.6, y = 2, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

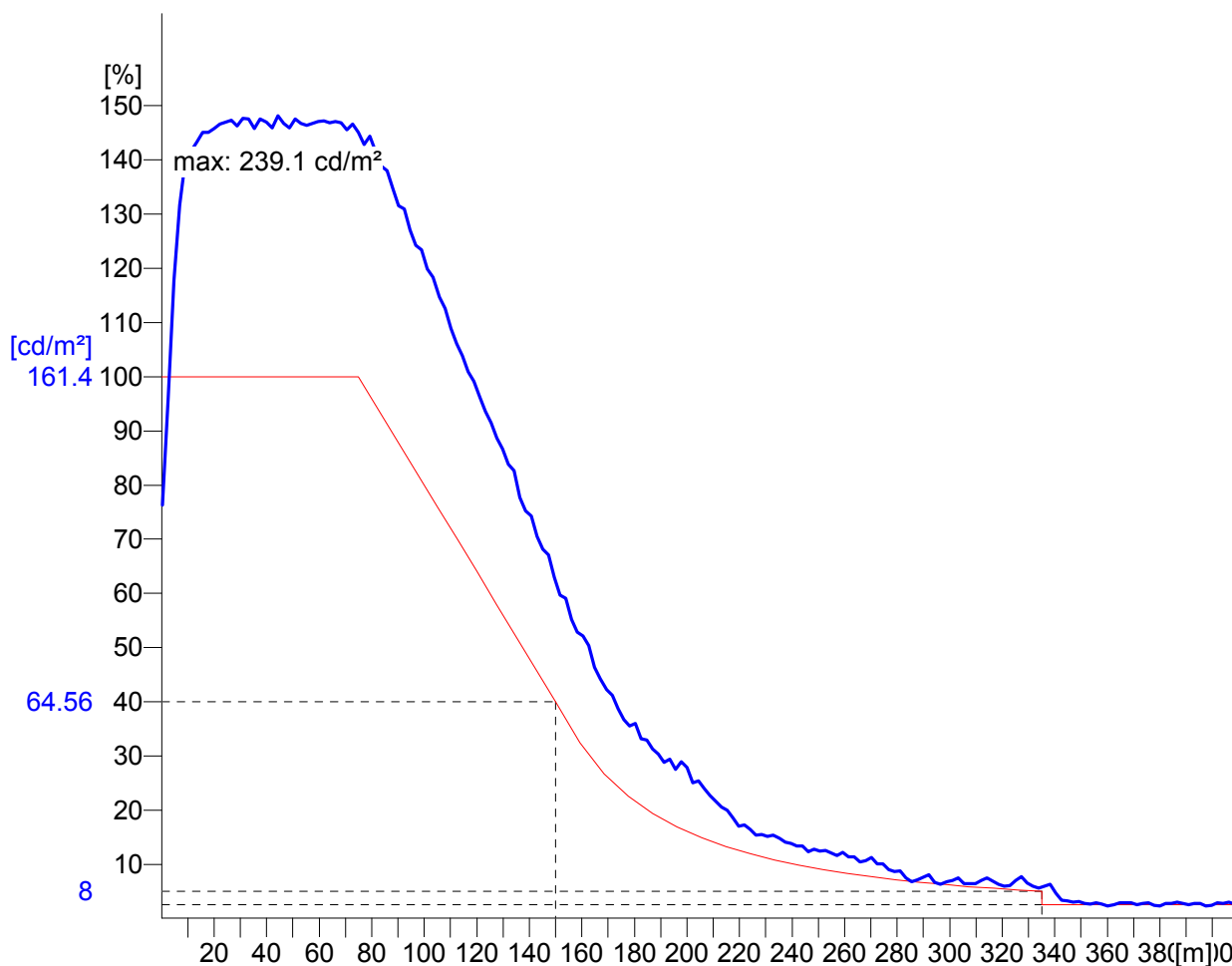
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.13 Evolution, Adaptation (L), S3: 60%, Obs. 2



Observer location 2 : x = -85.6, y = 6, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

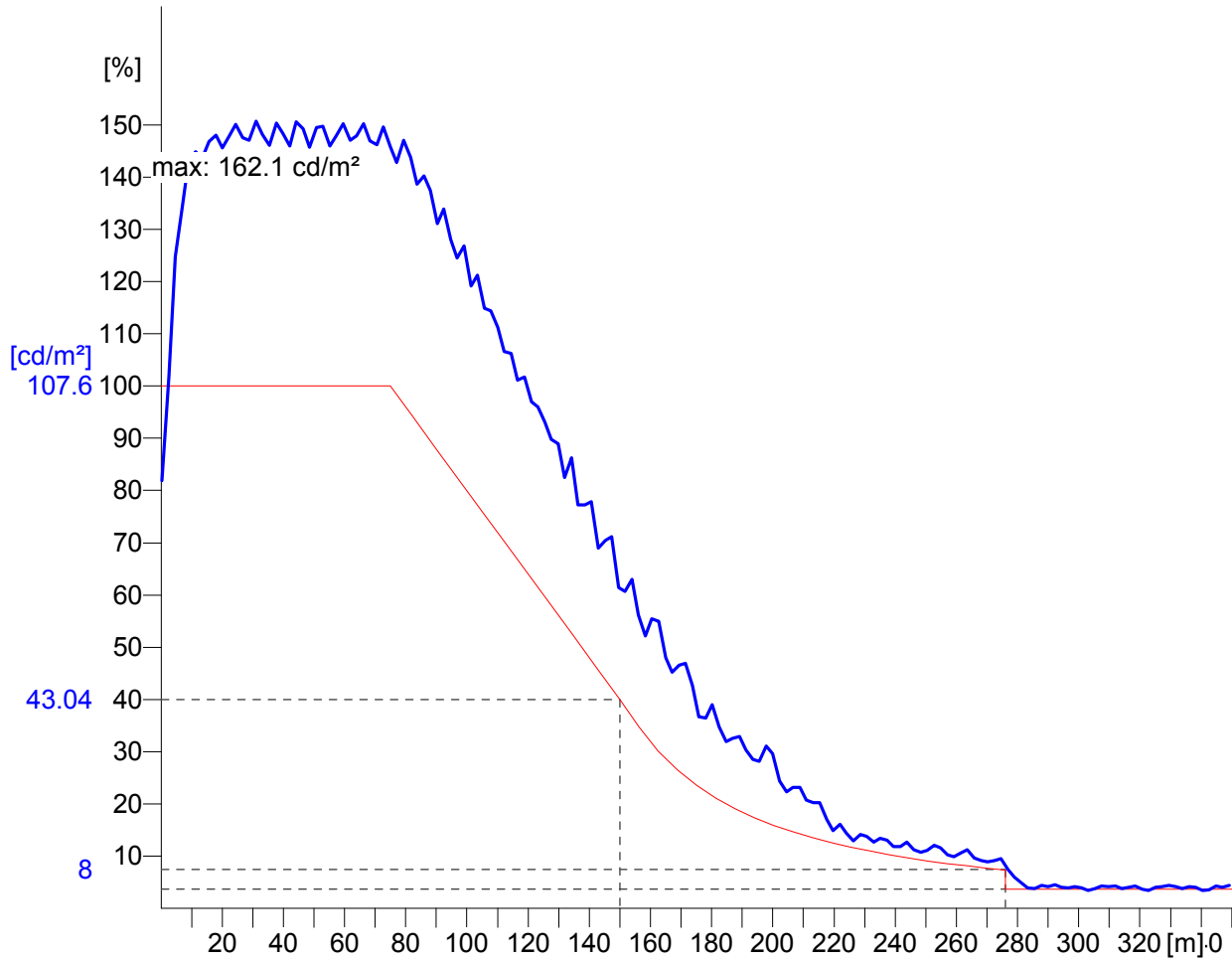
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.14 Evolution, Adaptation (L), S4: 40%, Obs. 1



Observer location 1 : x = -85.6, y = 2, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

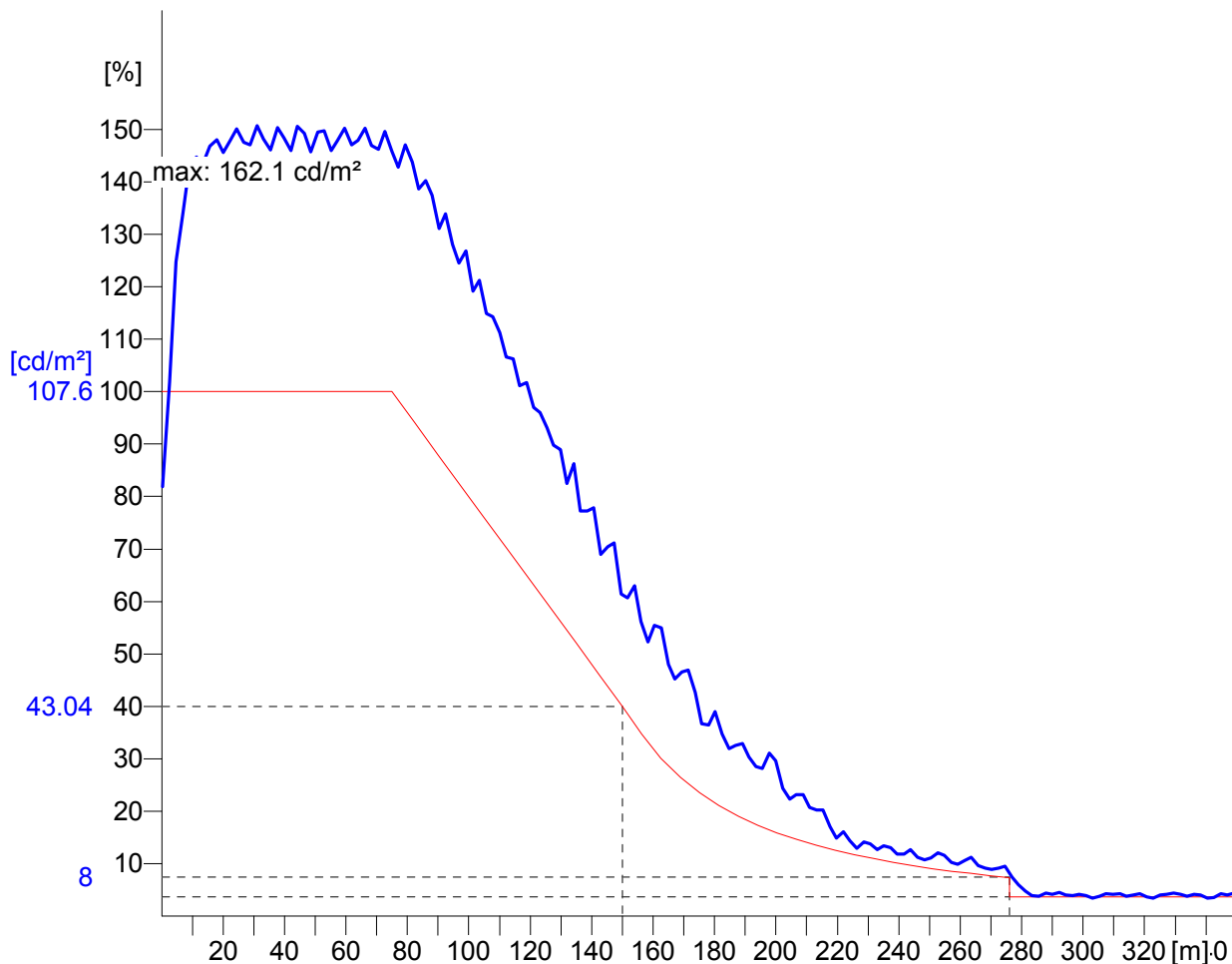
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.15 Evolution, Adaptation (L), S4: 40%, Obs. 2



Observer location 2 : x = -85.6, y = 6, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

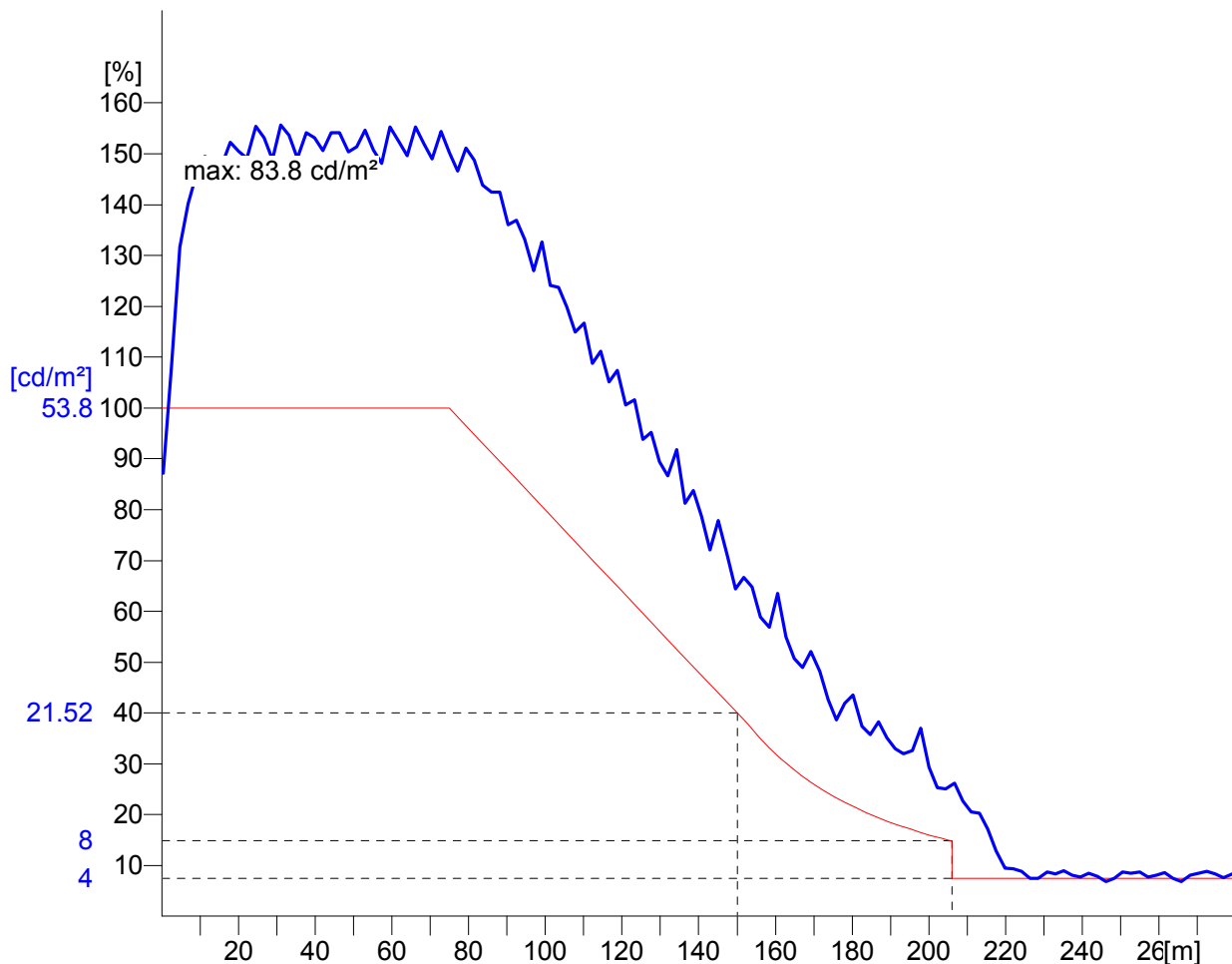
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.16 Evolution, Adaptation (L), S5: 20%, Obs. 1



Observer location 1 : x = -85.6, y = 2, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

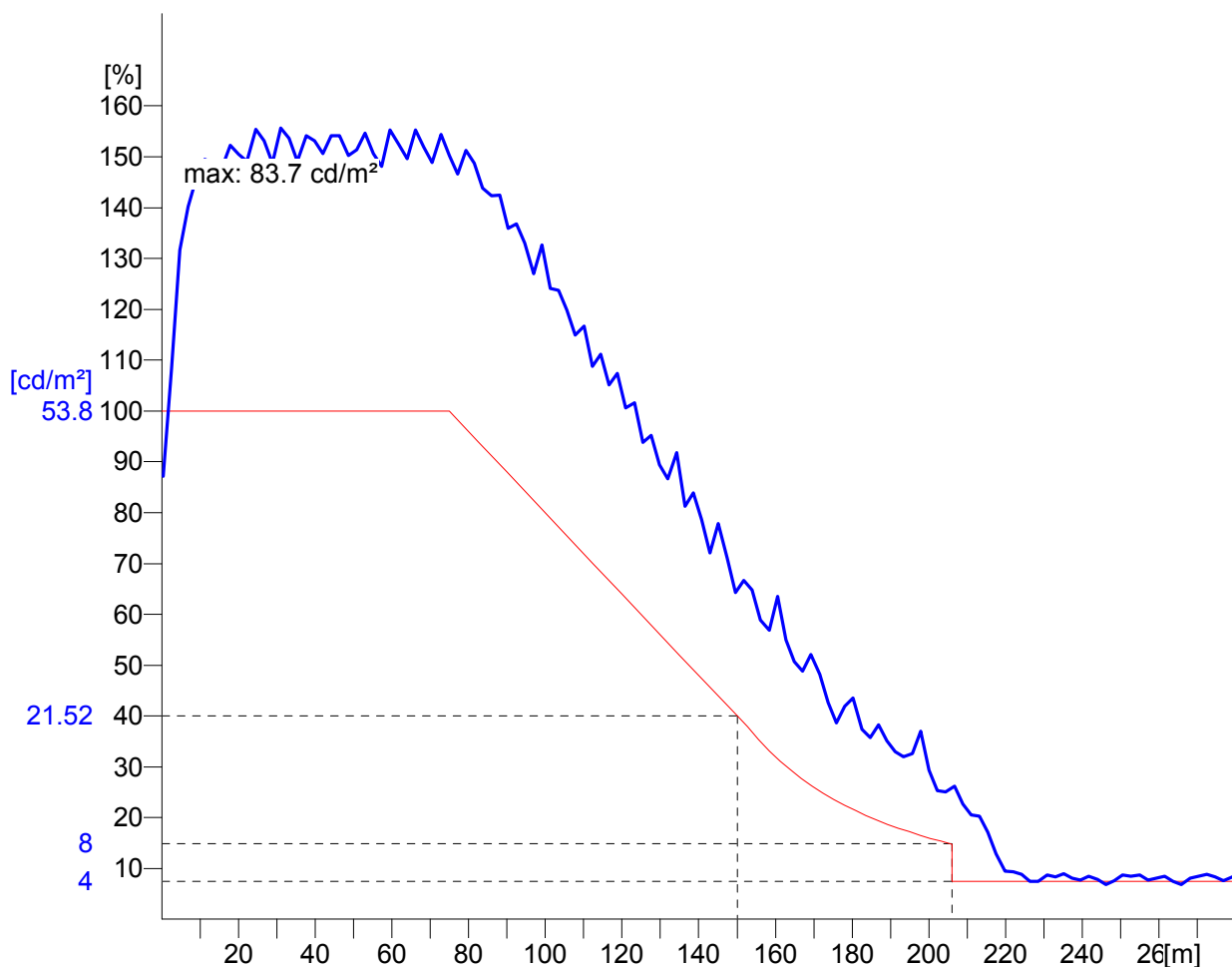
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.17 Evolution, Adaptation (L), S5: 20%, Obs. 2



Observer location 2 : $x = -85.6, y = 6, z = 1.5$ ($dx = 85.93$)
Evaluation of L on whole width of road

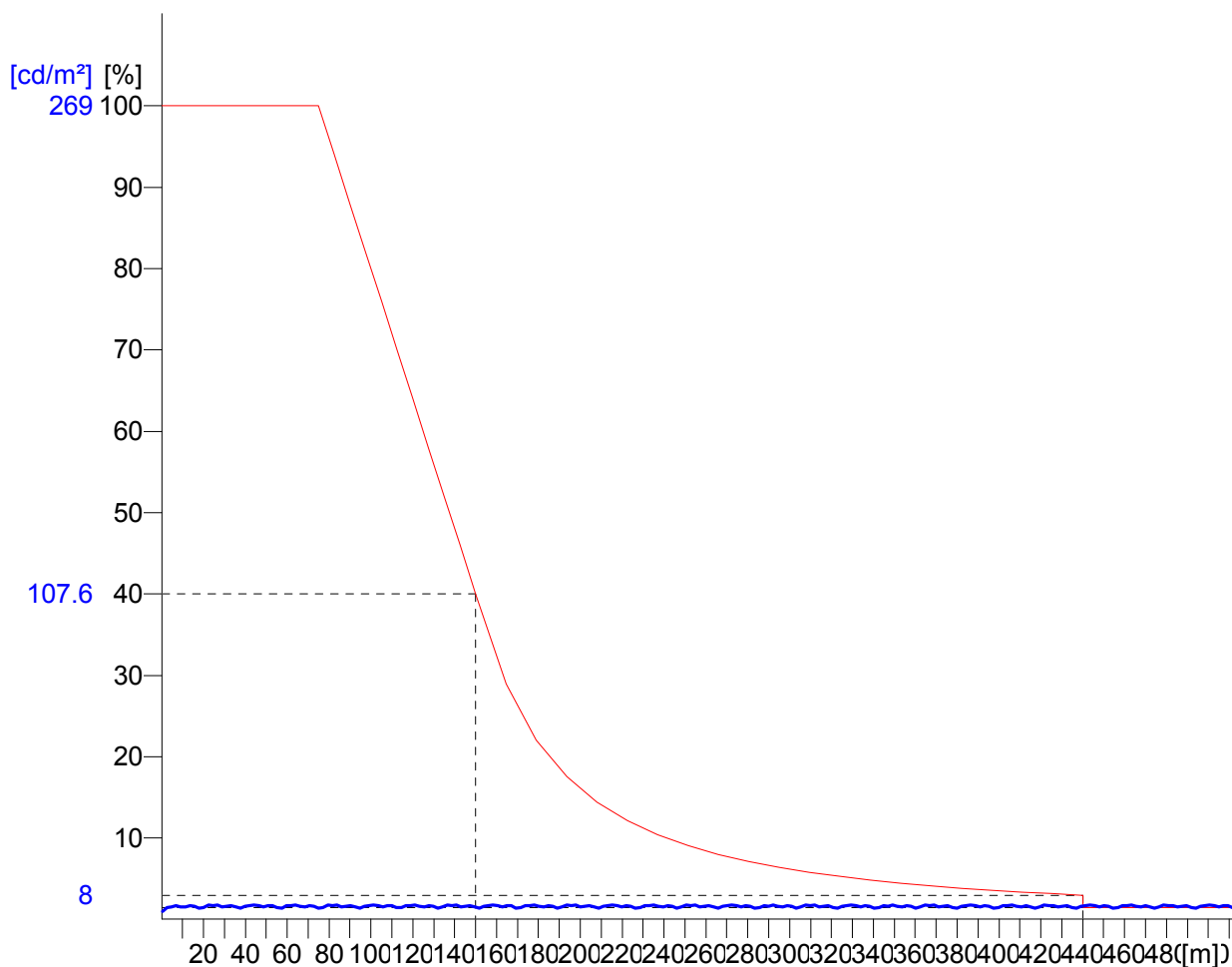
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.18 Evolution, Adaptation (L), twilight, Obs. 1



Observer location 1 : x = -85.6, y = 2, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

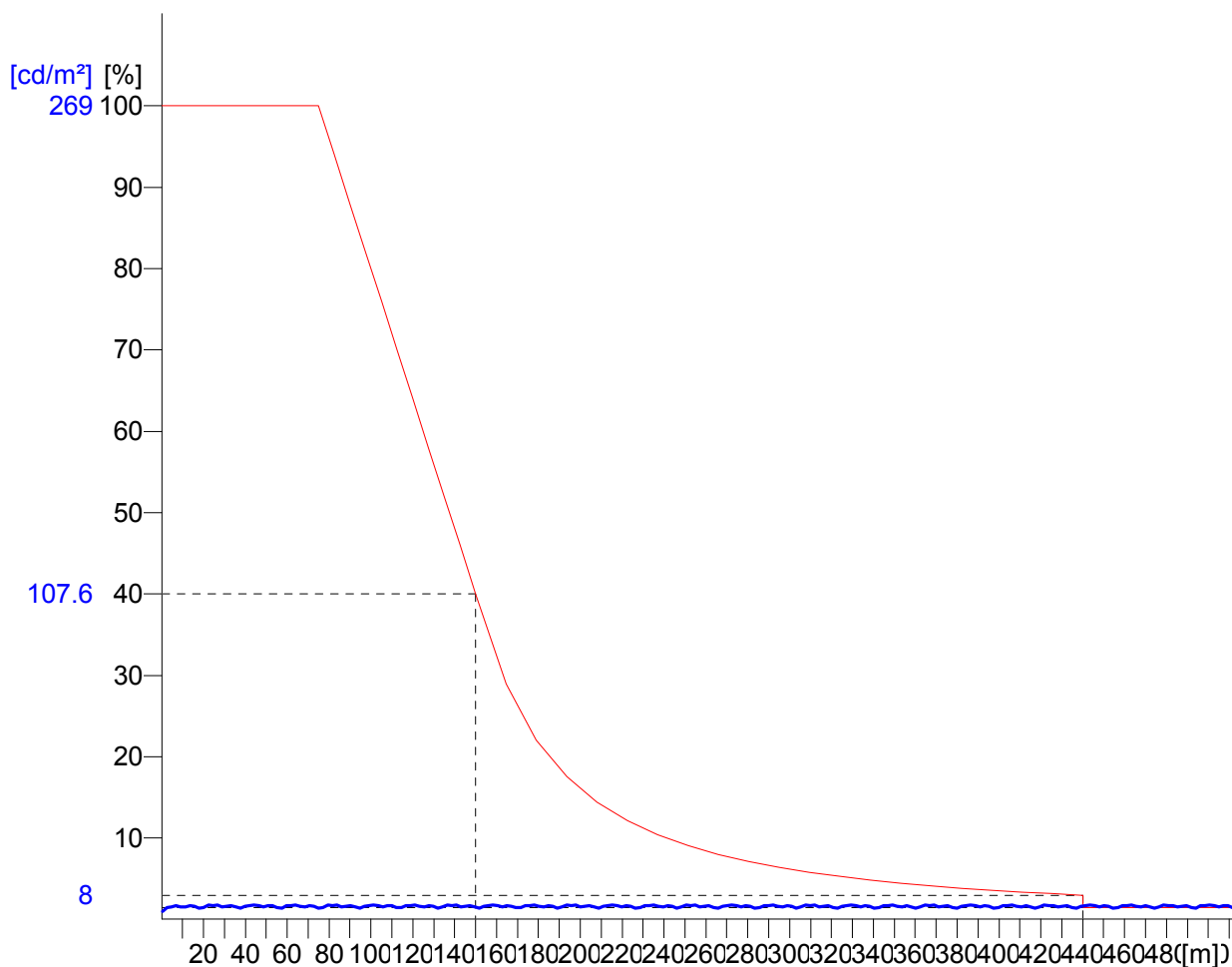
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.19 Evolution, Adaptation (L), twilight, Obs. 2



Observer location 2 : x = -85.6, y = 6, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

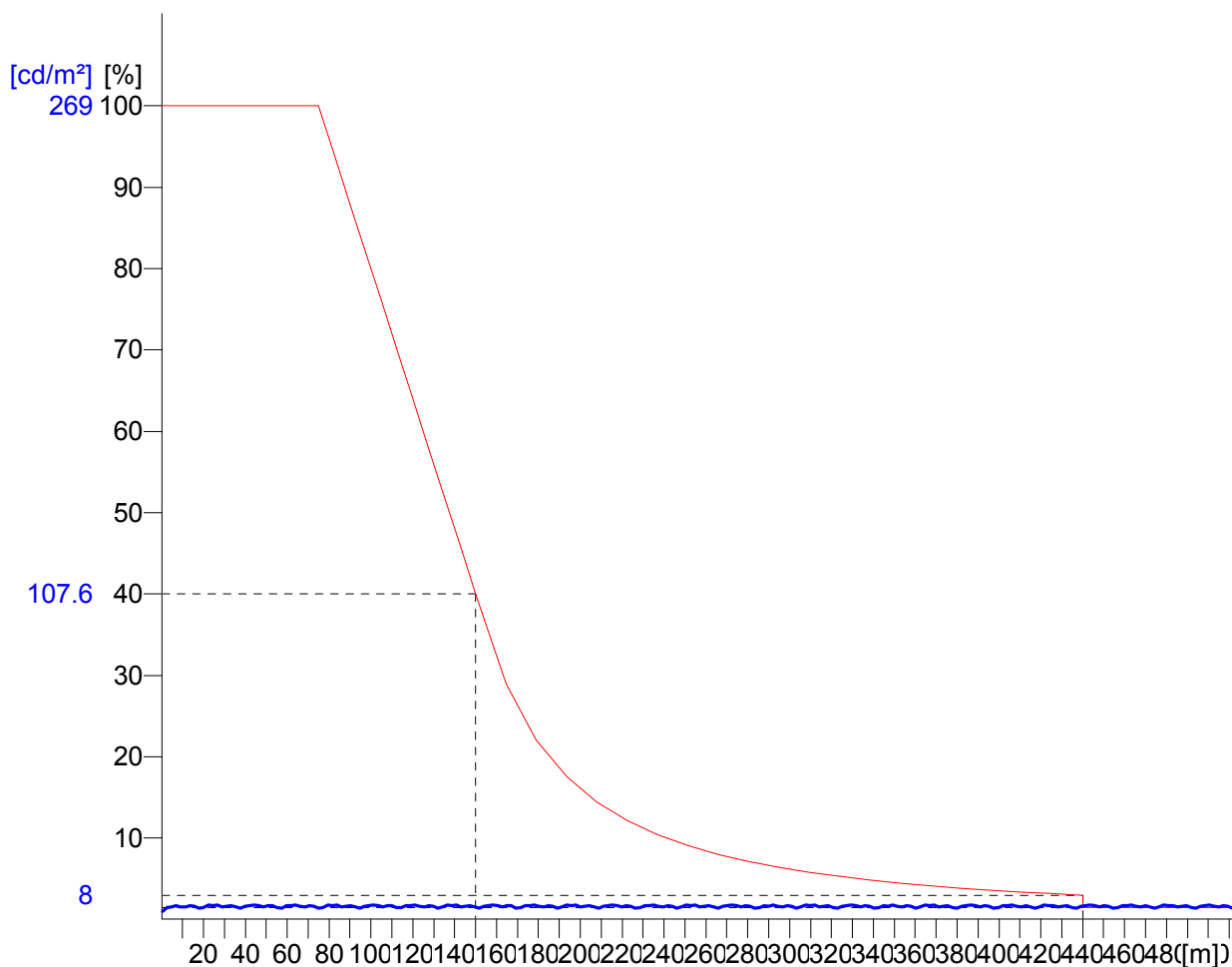
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.20 Evolution, Adaptation (L), night, Obs. 1



Observer location 1 : x = -85.6, y = 2, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

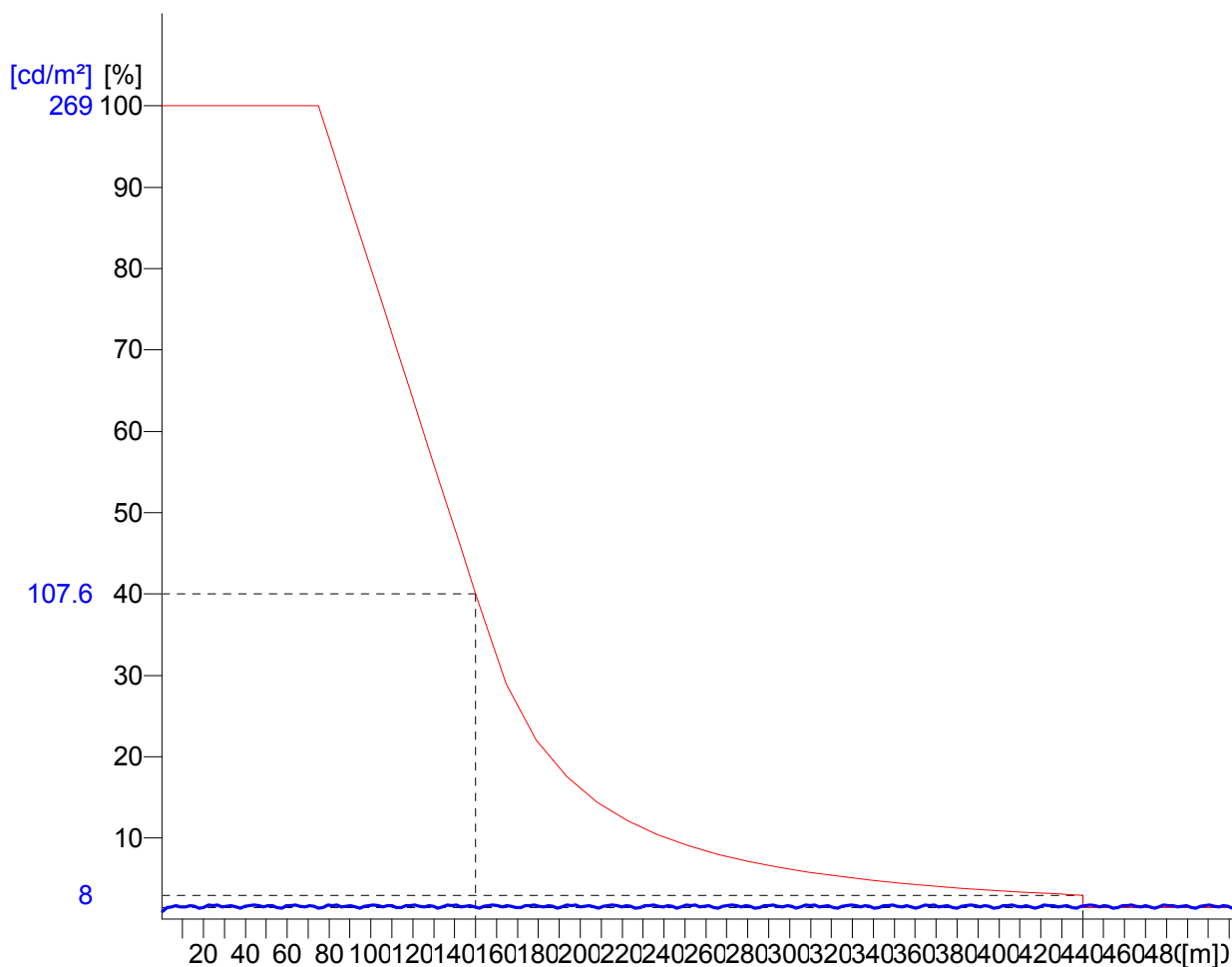
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.21 Evolution, Adaptation (L), night, Obs. 2



Observer location 2 : x = -85.6, y = 6, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

-please put your own address here-

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 13

Σήραγγα κλάσης φωτισμού 3

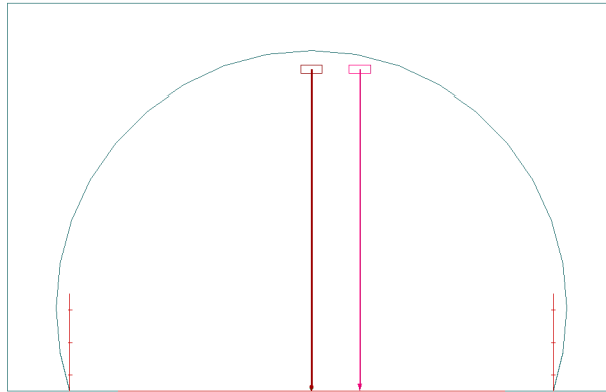
***Προσομοίωση φωτισμού με οδόστρωμα *bright*,
με εξαρχής μελέτη (2^ο σενάριο)***

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011

2 Tunnel

2.1 Description, Tunnel

2.1.1 Project data



Geometry tunnel

Length of the tunnel : 700 m
Length of the tunnel (calculation model) : 700 m
Height of the tunnel : 7 m

Width of the lane : 8 m
Number of lanes : 2
Covering / material : anoixto, $q_0 = 0.12$
Marginal strip right : 1 m
Marginal strip left : 1 m

Height of the wall (right) : 2 m
Covering / material : diffus 50%

Height of the wall (left) : 2 m
Covering / material : diffus 50%

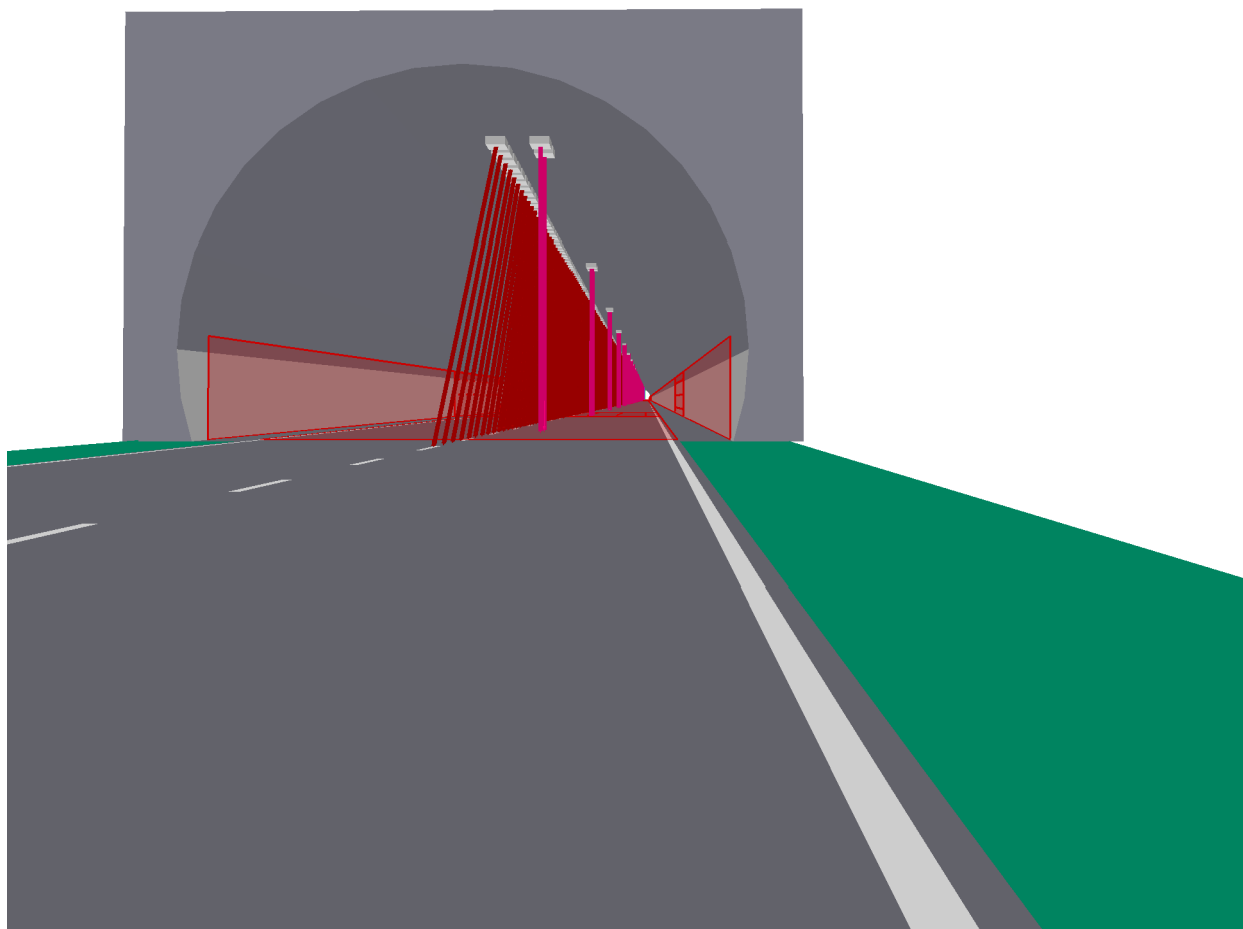
Calculation specifications

Speed : 100 km/h
Length of the threshold zone : 150 m
Luminance threshold zone : 269 cd/m²
Luminance interior zone : 4 cd/m²

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011

2.1 Description, Tunnel

2.1.4 3D view, View from the left



-please put your own address here-


Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011

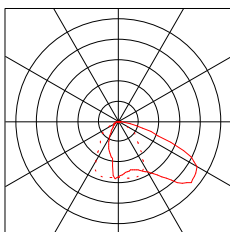
2 Tunnel


2.1 Description, Tunnel

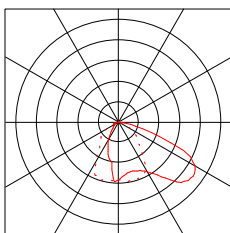
2.1.1 Project data


LDC in use

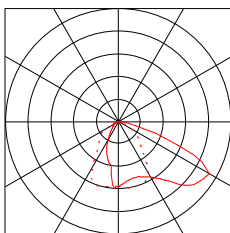
5  **INDAL**
Order No. : Metis
Luminaire name : 2816 RNN
Equipment : 1 x 1ST 400W 56500 E40 / 56500 lm
Maintenance factor: 0.70




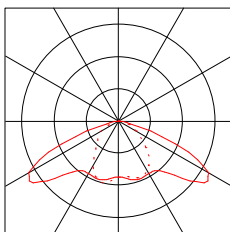
6  Order No. : Metis
Luminaire name : 2816 RNN
Equipment : 1 x 1ST 250W 33200 E40 / 33200 lm
Maintenance factor: 0.70



7  Order No. : Metis
Luminaire name : 2816 RNN
Equipment : 1 x 1ST 150W 17500 E40 / 17500 lm
Maintenance factor: 0.70



13  Order No. : Metis
Luminaire name : 2816 SNN 22.029
Equipment : 1 x 1ST 250W 33200 E40 / 33200 lm
Maintenance factor: 0.70




-please put your own address here-

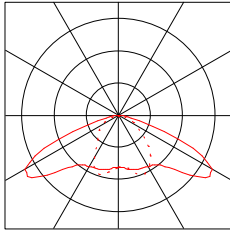
Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011


2 Tunnel

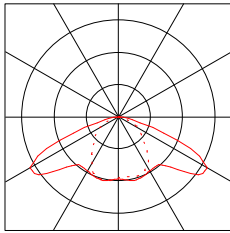
2.1 Description, Tunnel

2.1.1 Project data

15  Order No. : Metis
Luminaire name : 2816 SNN 22.027
Equipment : 1 x 1ST 100W 10700 E40 / 10700 lm
Maintenance factor: 0.70



18  Order No. : Metis
Luminaire name : 2816 SNN 22.030
Equipment : 1 x 1ST 400W 56500 E40 / 56500 lm
Maintenance factor: 0.70



Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2 Tunnel

2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.1 Result overview, S1: 100%

Regulating step: S1: 100%

Adaptation

1: 100%
2: 100%
3: 100%
4: 100%
5: 100%

Interior

6: 100%
7: 100%

Threshold zone (constant)

Measuring range: 29.84 m - 45.48 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3

Observer (starting point coordinate) : x = -30.16 m; z = 1.50 m dx = 61.12 m (fix)

y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)

Lav	:	273.32 cd/m ²	273.27 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.82	0.85
UI	Llmin/Llma::	0.99	0.99
TI max.	Max. :	1.70 %	1.64 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	228.60 cd/m ²	228.60 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.88	0.88

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	246.49 cd/m ²	246.49 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.89	0.89

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2 Tunnel

2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.1 Result overview, S1: 100%

Interior zone

Measuring range: 483.00 m - 507.50 m Points: $n_x = 7$, $n_y = 6$, $n_z = 3$
Observer (starting point coordinate) : $x = 423.00$ m; $z = 1.50$ m $dx = 61.75$ m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, $q_0 = 0.12$)

Lav	:	4.05 cd/m ²	4.06 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.54	0.55
UI	Lmin/Llma::	0.74	0.63
TI max. Max.	:	3.37 %	3.52 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	2.68 cd/m ²	2.68 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.67	0.67

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	2.96 cd/m ²	2.96 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.44	0.44

Threshold and transition zone

Measuring range: 0.79 m - 697.89 m Points: $n_x = 312$, $n_y = 6$, $n_z = 3$
Observer (starting point coordinate) : $x = -84.02$ m; $z = 1.50$ m $dx = 85.93$ m (moving)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, $q_0 = 0.12$)

Wall left (diffus 50%)

Wall right (diffus 50%)

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2 Tunnel

2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.1 Result overview, S1: 100%

Exit 8cd/m2

Measuring range: 557.00 m - 581.50 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 497.00 m; z = 1.50 m dx = 61.75 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 10.36 cd/m² 10.37 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.54 0.55
UI Lmin/Llma:: 0.71 0.65
TI max. Max. : 2.74 % 2.97 %

Wall left (diffus 50%)
Lav : 6.79 cd/m² 6.79 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.67 0.67

Wall right (diffus 50%)
Lav : 7.68 cd/m² 7.68 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.41 0.41

Exit 20cd/m2

Measuring range: 642.00 m - 666.50 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 582.00 m; z = 1.50 m dx = 61.75 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 20.90 cd/m² 20.91 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.54 0.54
UI Lmin/Llma:: 0.65 0.64
TI max. Max. : 2.60 % 2.85 %

Wall left (diffus 50%)
Lav : 13.38 cd/m² 13.38 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.68 0.68

Wall right (diffus 50%)
Lav : 15.26 cd/m² 15.26 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.42 0.42

qc: The backward reflection of the road was calculated.

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.2 Result overview, S2: 80%

Regulating step: S2: 80%

Adaptation

1: 0%
2: 100%
3: 100%
4: 100%
5: 100%

Interior

6: 100%
7: 100%

Threshold zone (constant)

Measuring range: 29.84 m - 45.48 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3

Observer (starting point coordinate) : x = -30.16 m; z = 1.50 m dx = 61.12 m (fix)

y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)

Lav	: 220.04 cd/m ²	219.99 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg : 0.82	0.85
UI	Llmin/Llma:: 0.99	0.99
TI max. Max.	: 1.70 %	1.64 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	: 183.53 cd/m ²	183.53 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg : 0.87	0.87

Wall right (diffus 50%)

Lav	: 197.91 cd/m ²	197.91 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg : 0.89	0.89

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.2 Result overview, S2: 80%

Interior zone

Measuring range: 483.00 m - 507.50 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 423.00 m; z = 1.50 m dx = 61.75 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 4.05 cd/m² 4.06 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.54 0.55
UI Lmin/Llma:: 0.74 0.63
TI max. Max. : 3.37 % 3.52 %

Wall left (diffus 50%)
Lav : 2.68 cd/m² 2.68 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.67 0.67

Wall right (diffus 50%)
Lav : 2.95 cd/m² 2.95 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.44 0.44

Threshold and transition zone

Measuring range: 0.79 m - 697.89 m Points: nx = 312, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = -84.02 m; z = 1.50 m dx = 85.93 m (moving)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)

Wall left (diffus 50%)

Wall right (diffus 50%)

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.2 Result overview, S2: 80%

Exit 8cd/m2

Measuring range: 557.00 m - 581.50 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 497.00 m; z = 1.50 m dx = 61.75 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 10.36 cd/m² 10.37 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.54 0.55
UI Lmin/Llma:: 0.71 0.65
TI max. Max. : 2.74 % 2.97 %

Wall left (diffus 50%)
Lav : 6.79 cd/m² 6.79 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.67 0.67

Wall right (diffus 50%)
Lav : 7.68 cd/m² 7.68 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.41 0.41

Exit 20cd/m2

Measuring range: 642.00 m - 666.50 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 582.00 m; z = 1.50 m dx = 61.75 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 20.90 cd/m² 20.91 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.54 0.54
UI Lmin/Llma:: 0.65 0.64
TI max. Max. : 2.60 % 2.85 %

Wall left (diffus 50%)
Lav : 13.38 cd/m² 13.38 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.68 0.68

Wall right (diffus 50%)
Lav : 15.26 cd/m² 15.26 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.42 0.42

qc: The backward reflection of the road was calculated.

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.3 Result overview, S3: 60%

Regulating step: S3: 60%

Adaptation

1: 0%
2: 0%
3: 100%
4: 100%
5: 100%

Interior

6: 100%
7: 100%

Threshold zone (constant)

Measuring range: 29.84 m - 45.48 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3

Observer (starting point coordinate) : x = -30.16 m; z = 1.50 m dx = 61.12 m (fix)

y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)

Lav	:	166.27 cd/m ²	166.23 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.81	0.84
UI	Llmin/Llma::	0.98	0.98
TI max.	Max. :	1.70 %	1.64 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	138.86 cd/m ²	138.86 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.87	0.87

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	149.14 cd/m ²	149.14 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.88	0.88

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.3 Result overview, S3: 60%

Interior zone

Measuring range: 483.00 m - 507.50 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 423.00 m; z = 1.50 m dx = 61.75 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 4.05 cd/m² 4.06 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.54 0.55
UI Lmin/Llma:: 0.74 0.63
TI max. Max. : 3.37 % 3.52 %

Wall left (diffus 50%)

Lav : 2.67 cd/m² 2.67 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.67 0.67

Wall right (diffus 50%)

Lav : 2.95 cd/m² 2.95 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.44 0.44

Threshold and transition zone

Measuring range: 0.79 m - 697.89 m Points: nx = 312, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = -84.02 m; z = 1.50 m dx = 85.93 m (moving)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)

Wall left (diffus 50%)

Wall right (diffus 50%)

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.3 Result overview, S3: 60%

Exit 8cd/m2

Measuring range: 557.00 m - 581.50 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 497.00 m; z = 1.50 m dx = 61.75 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 10.36 cd/m² 10.37 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.54 0.55
UI Lmin/Llma:: 0.71 0.65
TI max. Max. : 2.74 % 2.97 %

Wall left (diffus 50%)
Lav : 6.79 cd/m² 6.79 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.67 0.67

Wall right (diffus 50%)
Lav : 7.68 cd/m² 7.68 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.41 0.41

Exit 20cd/m2

Measuring range: 642.00 m - 666.50 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 582.00 m; z = 1.50 m dx = 61.75 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 20.90 cd/m² 20.91 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.54 0.54
UI Lmin/Llma:: 0.65 0.64
TI max. Max. : 2.60 % 2.85 %

Wall left (diffus 50%)
Lav : 13.38 cd/m² 13.38 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.68 0.68

Wall right (diffus 50%)
Lav : 15.26 cd/m² 15.26 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.42 0.42

qc: The backward reflection of the road was calculated.

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.4 Result overview, S4: 40%

Regulating step: S4: 40%

Adaptation

1: 0%
2: 0%
3: 0%
4: 100%
5: 100%

Interior

6: 100%
7: 100%

Threshold zone (constant)

Measuring range: 29.84 m - 45.48 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3

Observer (starting point coordinate) : x = -30.16 m; z = 1.50 m dx = 61.12 m (fix)

y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)

Lav	:	111.95 cd/m ²	111.93 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.8	0.83
UI	Llmin/Llma::	0.95	0.95
TI max.	Max. :	1.70 %	1.64 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	92.70 cd/m ²	92.70 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.85	0.85

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	99.66 cd/m ²	99.66 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.86	0.86

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.4 Result overview, S4: 40%

Interior zone

Measuring range: 483.00 m - 507.50 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 423.00 m; z = 1.50 m dx = 61.75 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 4.05 cd/m² 4.06 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.54 0.55
UI Lmin/Llma:: 0.74 0.63
TI max. Max. : 3.37 % 3.52 %

Wall left (diffus 50%)
Lav : 2.67 cd/m² 2.67 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.67 0.67

Wall right (diffus 50%)
Lav : 2.95 cd/m² 2.95 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.44 0.44

Threshold and transition zone

Measuring range: 0.79 m - 697.89 m Points: nx = 312, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = -84.02 m; z = 1.50 m dx = 85.93 m (moving)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)

Wall left (diffus 50%)

Wall right (diffus 50%)

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.4 Result overview, S4: 40%

Exit 8cd/m2

Measuring range: 557.00 m - 581.50 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 497.00 m; z = 1.50 m dx = 61.75 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 10.36 cd/m² 10.37 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.54 0.55
UI Lmin/Llma:: 0.71 0.65
TI max. Max. : 2.74 % 2.97 %

Wall left (diffus 50%)
Lav : 6.79 cd/m² 6.79 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.67 0.67

Wall right (diffus 50%)
Lav : 7.68 cd/m² 7.68 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.41 0.41

Exit 20cd/m2

Measuring range: 642.00 m - 666.50 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 582.00 m; z = 1.50 m dx = 61.75 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 20.90 cd/m² 20.91 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.54 0.54
UI Lmin/Llma:: 0.65 0.64
TI max. Max. : 2.60 % 2.85 %

Wall left (diffus 50%)
Lav : 13.38 cd/m² 13.38 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.68 0.68

Wall right (diffus 50%)
Lav : 15.26 cd/m² 15.26 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.42 0.42

qc: The backward reflection of the road was calculated.

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.5 Result overview, S5: 20%

Regulating step: S5: 20%

Adaptation

1: 0%
2: 0%
3: 0%
4: 0%
5: 100%

Interior

6: 100%
7: 100%

Threshold zone (constant)

Measuring range: 29.84 m - 45.48 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3

Observer (starting point coordinate) : x = -30.16 m; z = 1.50 m dx = 61.12 m (fix)

y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)

Lav	:	58.46 cd/m ²	58.45 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.79	0.81
UI	Llmin/Llma::	0.94	0.94
TI max.	Max. :	1.70 %	1.64 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	47.65 cd/m ²	47.65 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.85	0.85

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	51.51 cd/m ²	51.51 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.85	0.85

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.5 Result overview, S5: 20%

Interior zone

Measuring range: 483.00 m - 507.50 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 423.00 m; z = 1.50 m dx = 61.75 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 4.05 cd/m² 4.06 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.54 0.55
UI Lmin/Llmax : 0.74 0.63
TI max. Max. : 3.37 % 3.52 %

Wall left (diffus 50%)

Lav : 2.67 cd/m² 2.67 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.67 0.67

Wall right (diffus 50%)

Lav : 2.95 cd/m² 2.95 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.44 0.44

Threshold and transition zone

Measuring range: 0.79 m - 697.89 m Points: nx = 312, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = -84.02 m; z = 1.50 m dx = 85.93 m (moving)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)

Wall left (diffus 50%)

Wall right (diffus 50%)

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.5 Result overview, S5: 20%

Exit 8cd/m2

Measuring range: 557.00 m - 581.50 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 497.00 m; z = 1.50 m dx = 61.75 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 10.36 cd/m² 10.37 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.54 0.55
UI Lmin/Llma:: 0.71 0.65
TI max. Max. : 2.74 % 2.97 %

Wall left (diffus 50%)
Lav : 6.79 cd/m² 6.79 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.67 0.67

Wall right (diffus 50%)
Lav : 7.68 cd/m² 7.68 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.41 0.41

Exit 20cd/m2

Measuring range: 642.00 m - 666.50 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 582.00 m; z = 1.50 m dx = 61.75 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 20.90 cd/m² 20.91 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.54 0.54
UI Lmin/Llma:: 0.65 0.64
TI max. Max. : 2.60 % 2.85 %

Wall left (diffus 50%)
Lav : 13.38 cd/m² 13.38 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.68 0.68

Wall right (diffus 50%)
Lav : 15.26 cd/m² 15.26 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.42 0.42

qc: The backward reflection of the road was calculated.

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.6 Result overview, Int.1

Regulating step: Int.1

Adaptation

1: 0%
2: 0%
3: 0%
4: 0%
5: 0%

Interior

6: 100%
7: 100%

Interior zone

Measuring range: 483.00 m - 507.50 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3

Observer (starting point coordinate) : x = 423.00 m; z = 1.50 m dx = 61.75 m (fix)

y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)

Lav	:	4.05 cd/m ²	4.06 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.54	0.55
UI	Llmin/Llmax:	0.74	0.63
TI max.	Max. :	3.37 %	3.52 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	2.67 cd/m ²	2.67 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.67	0.67

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	2.95 cd/m ²	2.95 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.44	0.44

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.6 Result overview, Int.1

Exit 8cd/m2

Measuring range: 557.00 m - 581.50 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 497.00 m; z = 1.50 m dx = 61.75 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 10.36 cd/m² 10.37 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.54 0.55
UI Lmin/Llma:: 0.71 0.65
TI max. Max. : 2.74 % 2.97 %

Wall left (diffus 50%)
Lav : 6.79 cd/m² 6.79 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.67 0.67

Wall right (diffus 50%)
Lav : 7.68 cd/m² 7.68 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.41 0.41

Exit 20cd/m2

Measuring range: 642.00 m - 666.50 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 582.00 m; z = 1.50 m dx = 61.75 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 20.90 cd/m² 20.91 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.54 0.54
UI Lmin/Llma:: 0.65 0.64
TI max. Max. : 2.60 % 2.85 %

Wall left (diffus 50%)
Lav : 13.38 cd/m² 13.38 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.68 0.68

Wall right (diffus 50%)
Lav : 15.26 cd/m² 15.26 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.42 0.42

qc: The backward reflection of the road was calculated.

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.7 Result overview, Int.2

Regulating step: Int.2

Adaptation

1: 0%
2: 0%
3: 0%
4: 0%
5: 0%

Interior

6: 0%
7: 100%

Interior zone

Measuring range: 483.00 m - 507.50 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3

Observer (starting point coordinate) : x = 423.00 m; z = 1.50 m dx = 61.75 m (fix)

y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)

Lav	:	0.73 cd/m ²	0.73 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.23	0.2
UI	Llmin/Llmax:	0.14	0.13
TI max.	Max. :	3.37 %	3.52 %

Wall left (diffus 50%)

Lav	:	0.32 cd/m ²	0.32 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.27	0.27

Wall right (diffus 50%)

Lav	:	0.18 cd/m ²	0.18 cd/m ²
U0	Lmin/Lavg :	0.29	0.29

-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.7 Result overview, Int.2

Exit 8cd/m2

Measuring range: 557.00 m - 581.50 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 497.00 m; z = 1.50 m dx = 61.75 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 8.49 cd/m² 8.49 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.32 0.34
UI Lmin/Llma:: 0.44 0.39
TI max. Max. : 2.74 % 2.97 %

Wall left (diffus 50%)
Lav : 5.98 cd/m² 5.98 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.45 0.45

Wall right (diffus 50%)
Lav : 7.22 cd/m² 7.22 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.3 0.3

Exit 20cd/m2

Measuring range: 642.00 m - 666.50 m Points: nx = 7, ny = 6, nz = 3
Observer (starting point coordinate) : x = 582.00 m; z = 1.50 m dx = 61.75 m (fix)
y = 2.00 m y = 6.00 m

Roadway (anoixto, q0 = 0.12)
Lav : 11.28 cd/m² 11.29 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.55 0.56
UI Lmin/Llma:: 0.64 0.67
TI max. Max. : 2.60 % 2.85 %

Wall left (diffus 50%)
Lav : 7.33 cd/m² 7.33 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.7 0.7

Wall right (diffus 50%)
Lav : 8.67 cd/m² 8.67 cd/m²
U0 Lmin/Lavg : 0.47 0.47

qc: The backward reflection of the road was calculated.

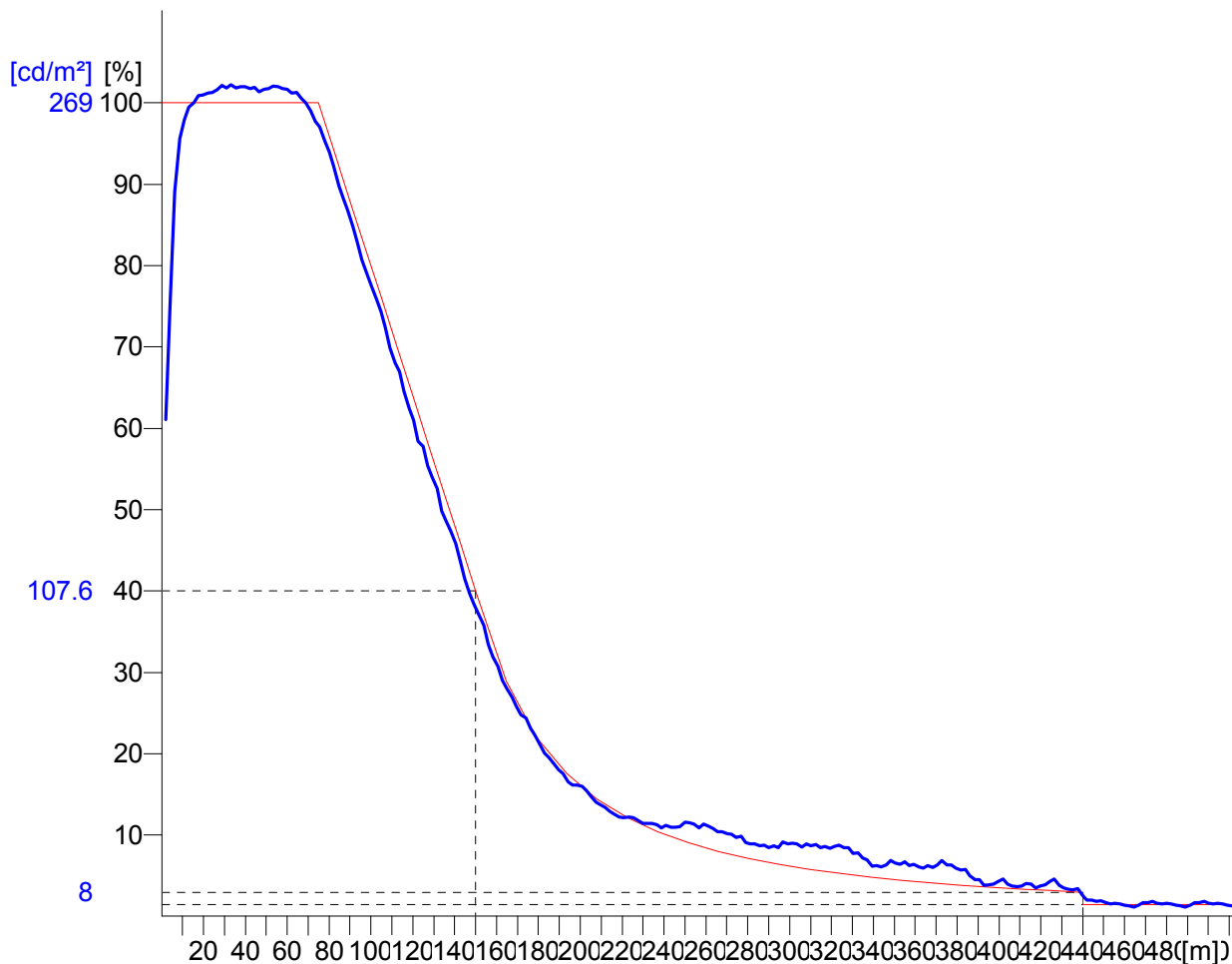
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.8 Evolution, Adaptation (L), S1: 100%, Obs. 1



Observer location 1 : x = -84, y = 2, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

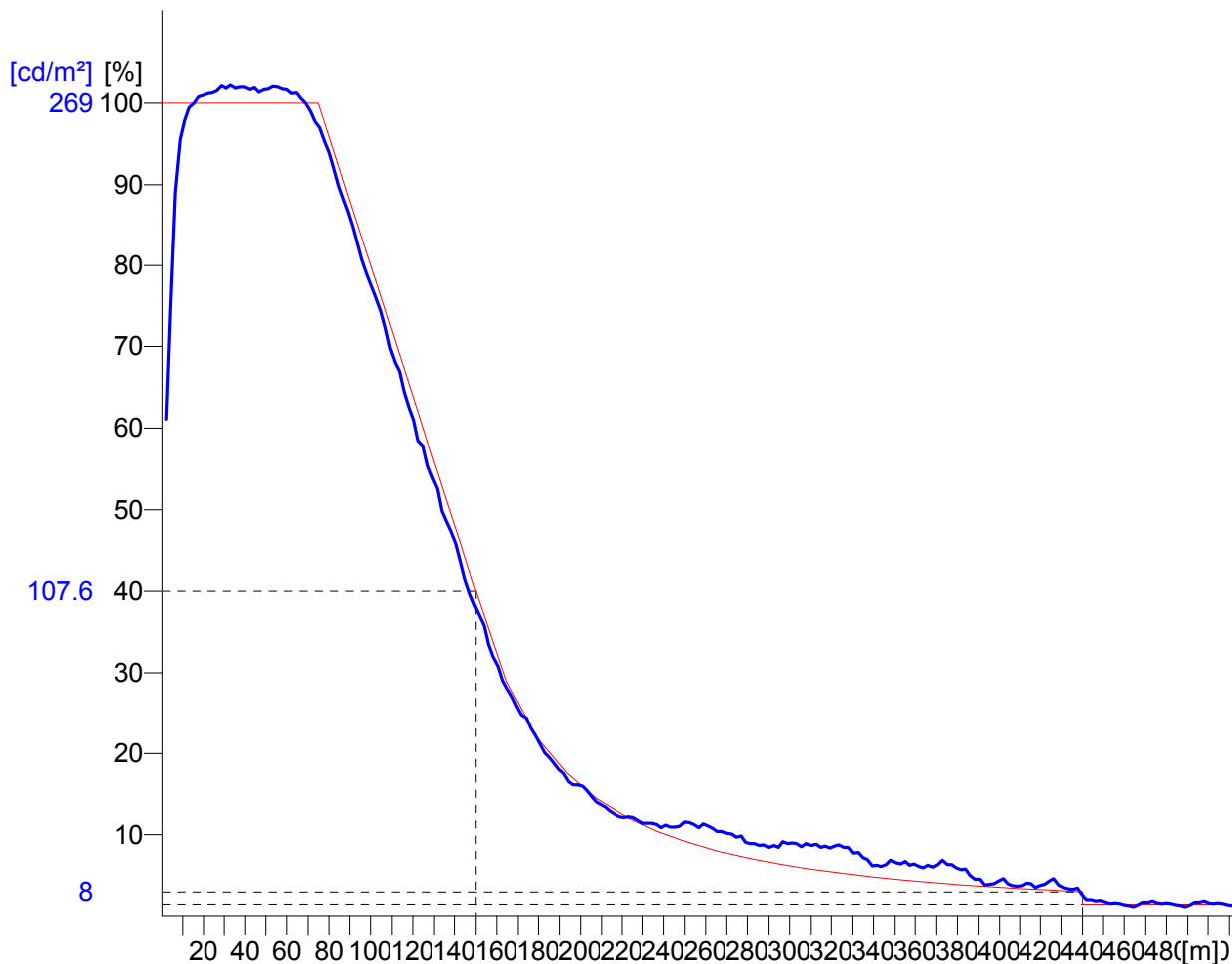
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.9 Evolution, Adaptation (L), S1: 100%, Obs. 2



Observer location 2 : x = -84, y = 6, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

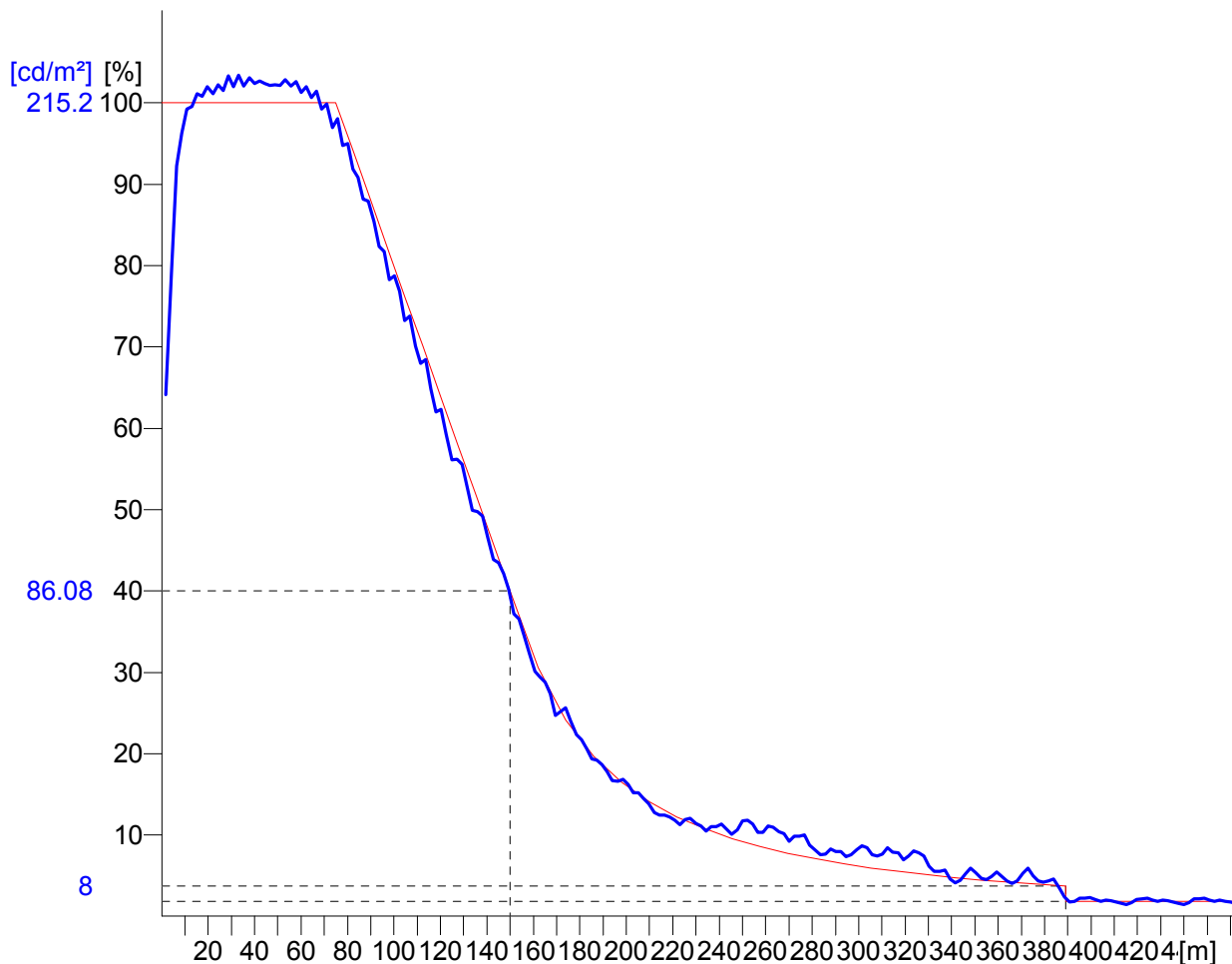
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.10 Evolution, Adaptation (L), S2: 80%, Obs. 1



Observer location 1 : x = -84, y = 2, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

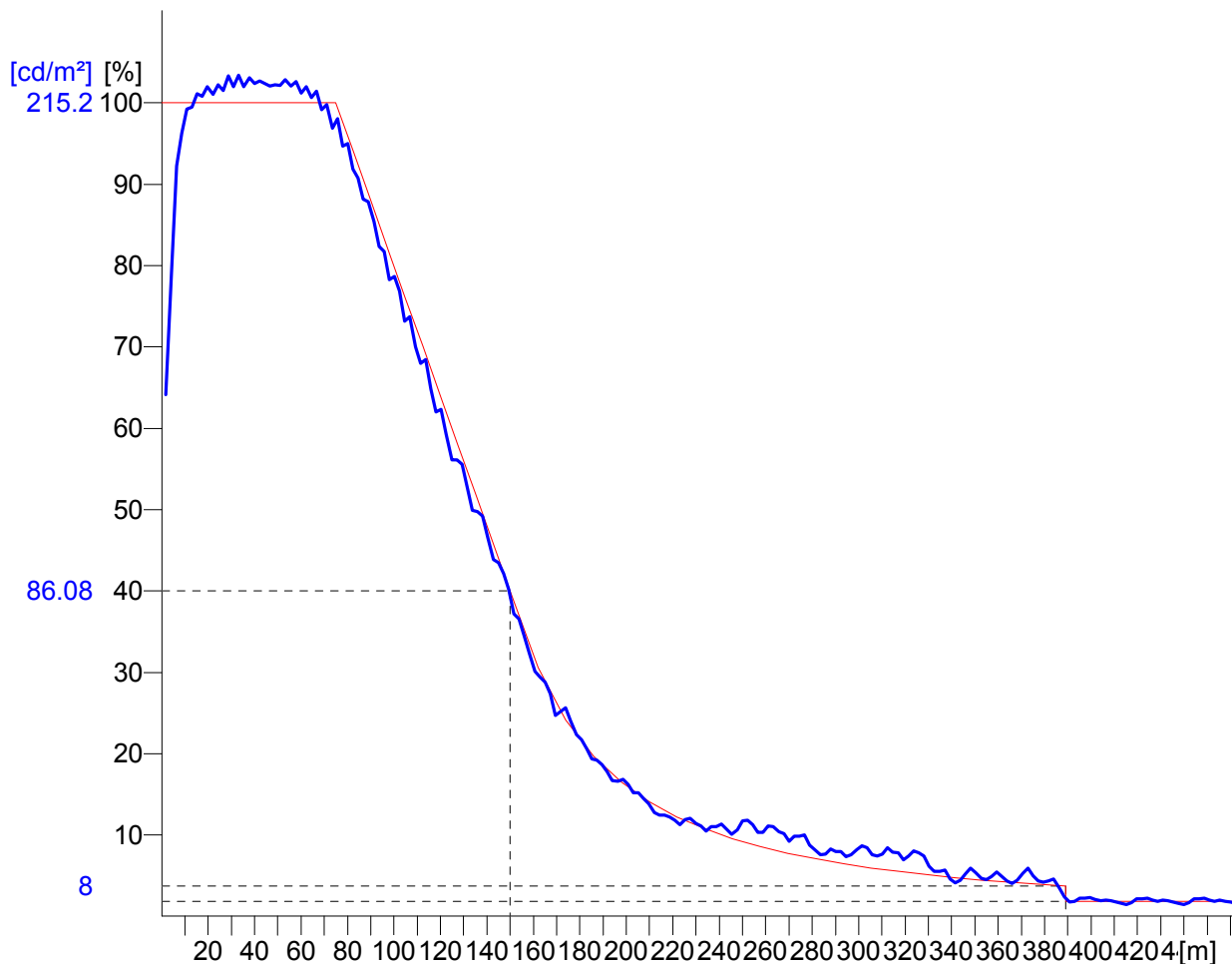
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.11 Evolution, Adaptation (L), S2: 80%, Obs. 2



Observer location 2 : x = -84, y = 6, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

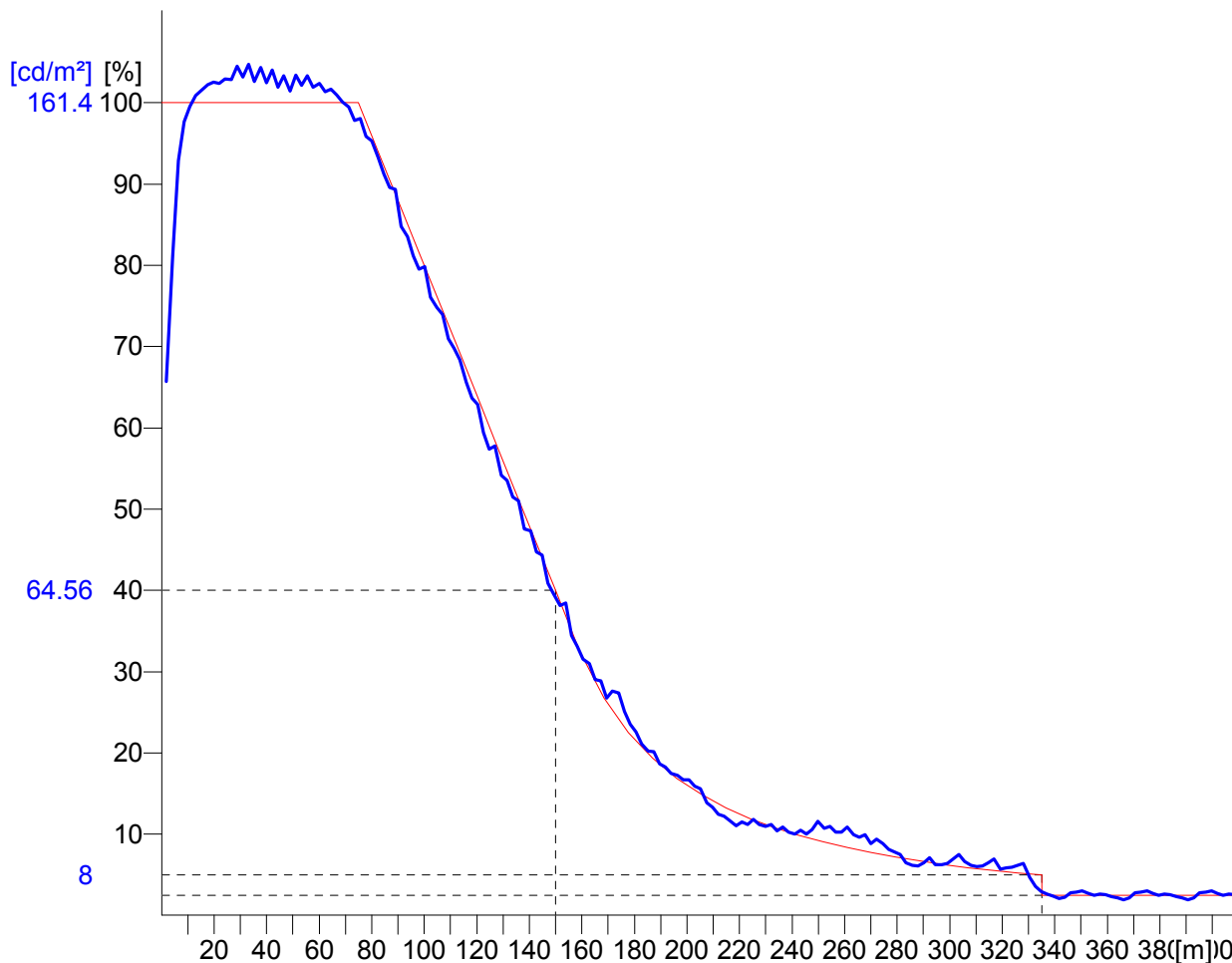
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.12 Evolution, Adaptation (L), S3: 60%, Obs. 1



Observer location 1 : x = -84, y = 2, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

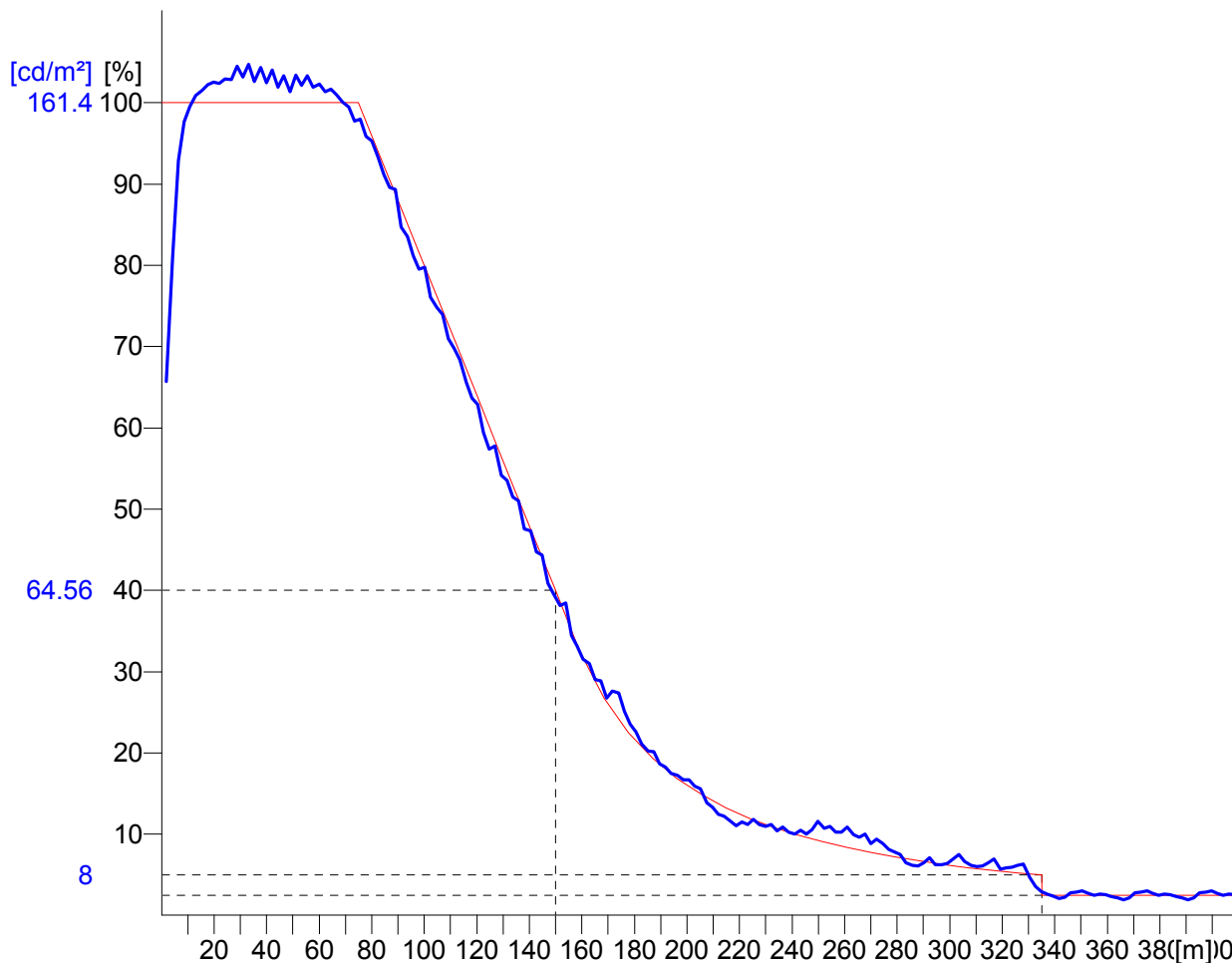
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.13 Evolution, Adaptation (L), S3: 60%, Obs. 2



Observer location 2 : x = -84, y = 6, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

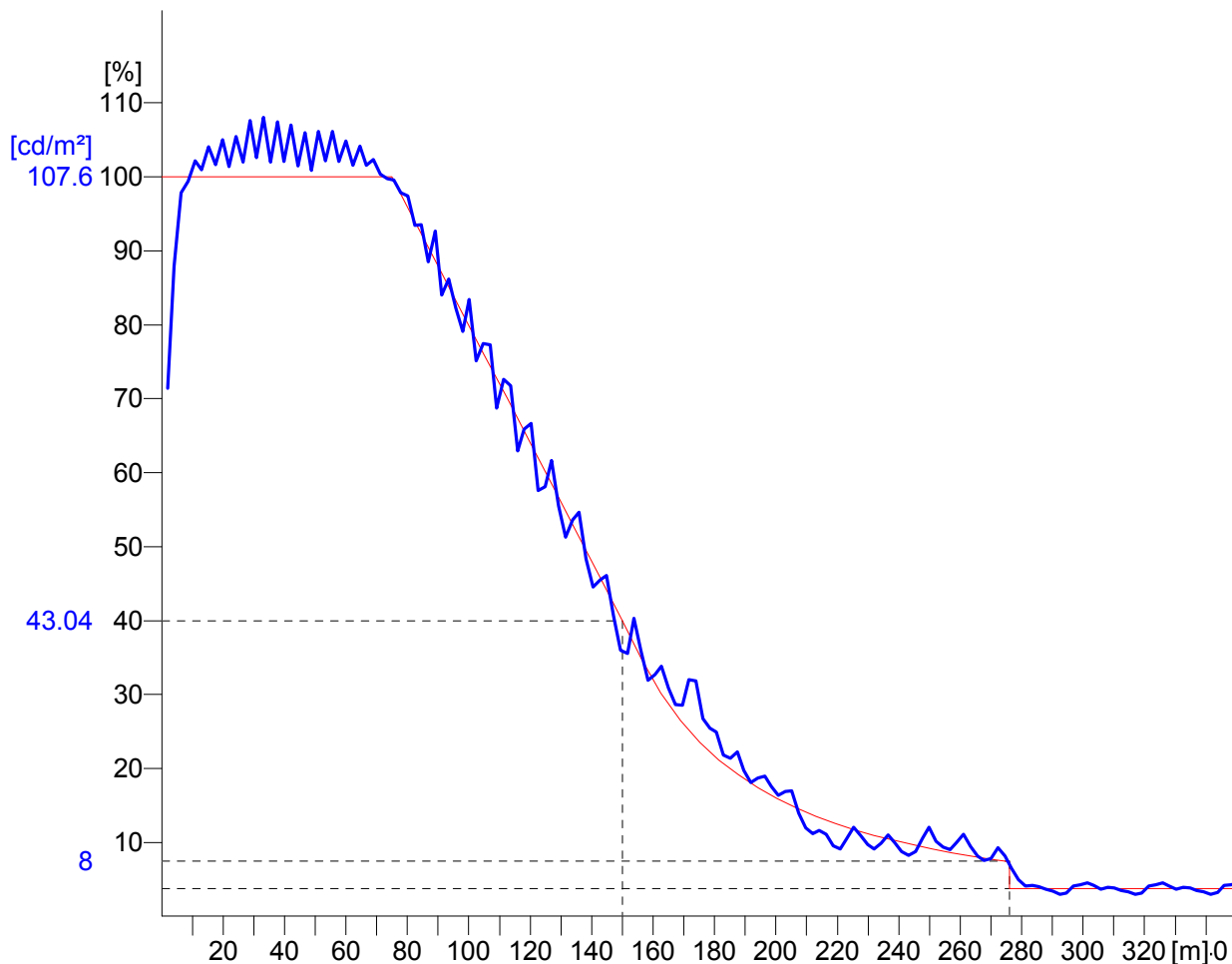
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.14 Evolution, Adaptation (L), S4: 40%, Obs. 1



Observer location 1 : x = -84, y = 2, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

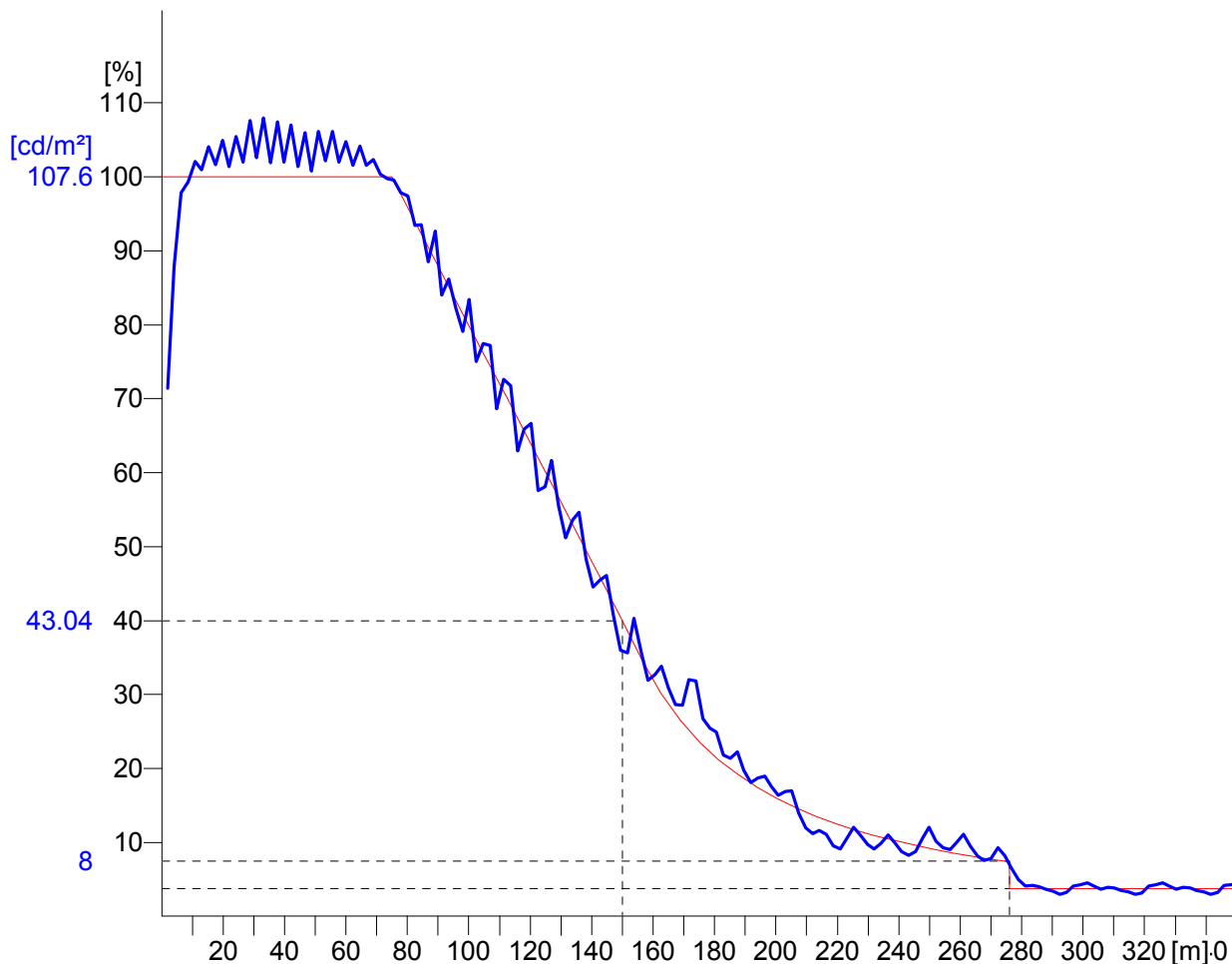
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.15 Evolution, Adaptation (L), S4: 40%, Obs. 2



Observer location 2 : x = -84, y = 6, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

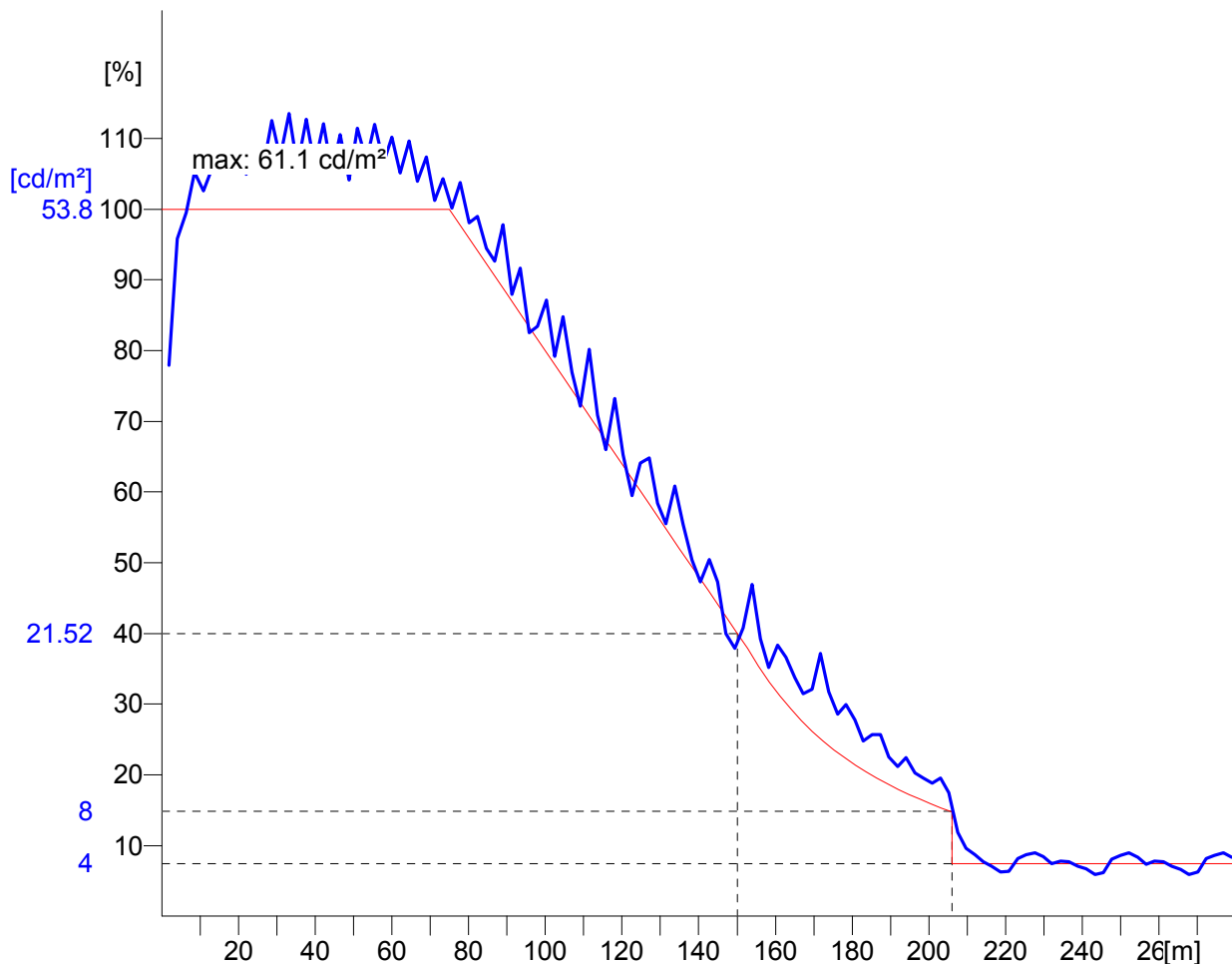
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.16 Evolution, Adaptation (L), S5: 20%, Obs. 1



Observer location 1 : x = -84, y = 2, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

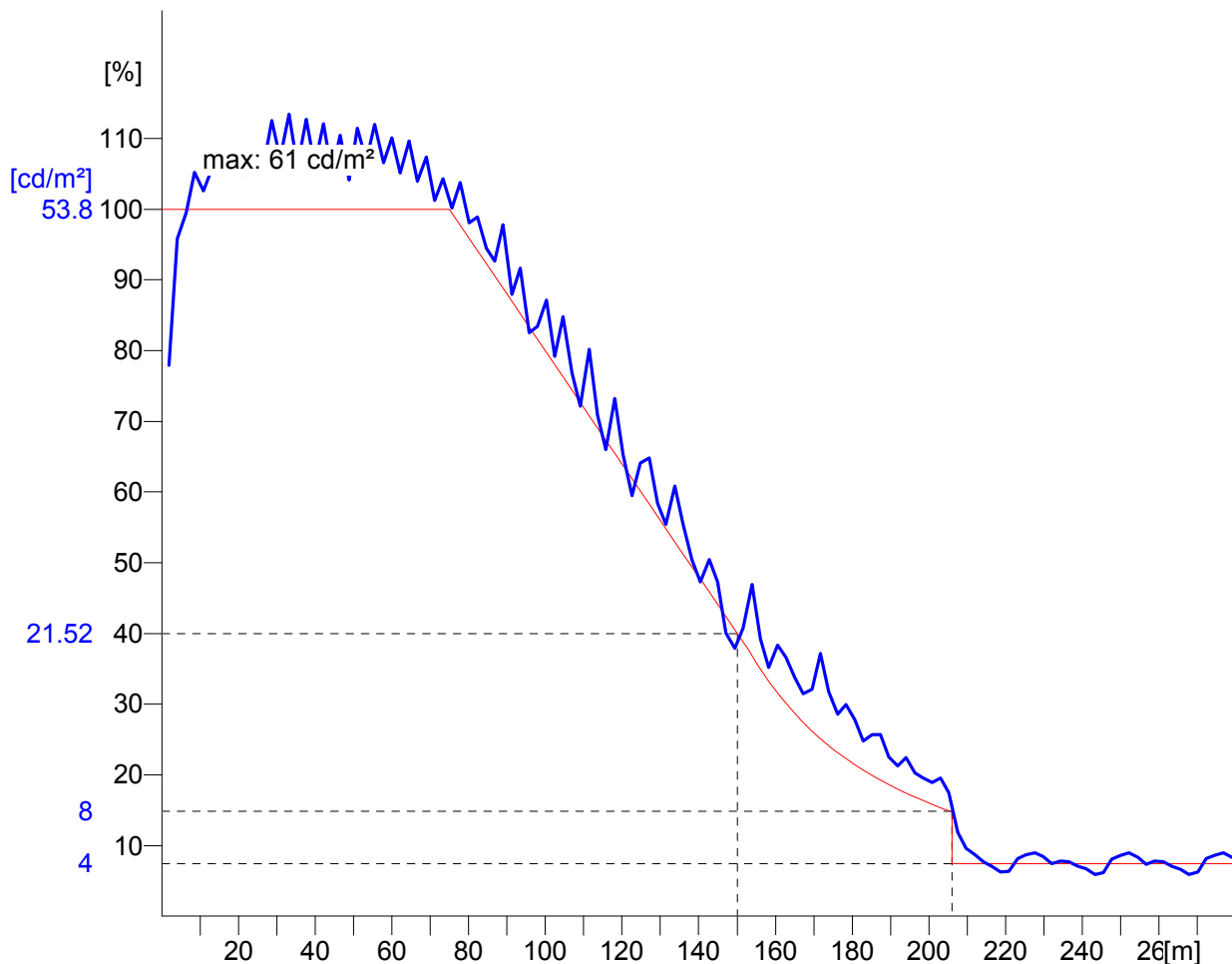
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.17 Evolution, Adaptation (L), S5: 20%, Obs. 2



Observer location 2 : x = -84, y = 6, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

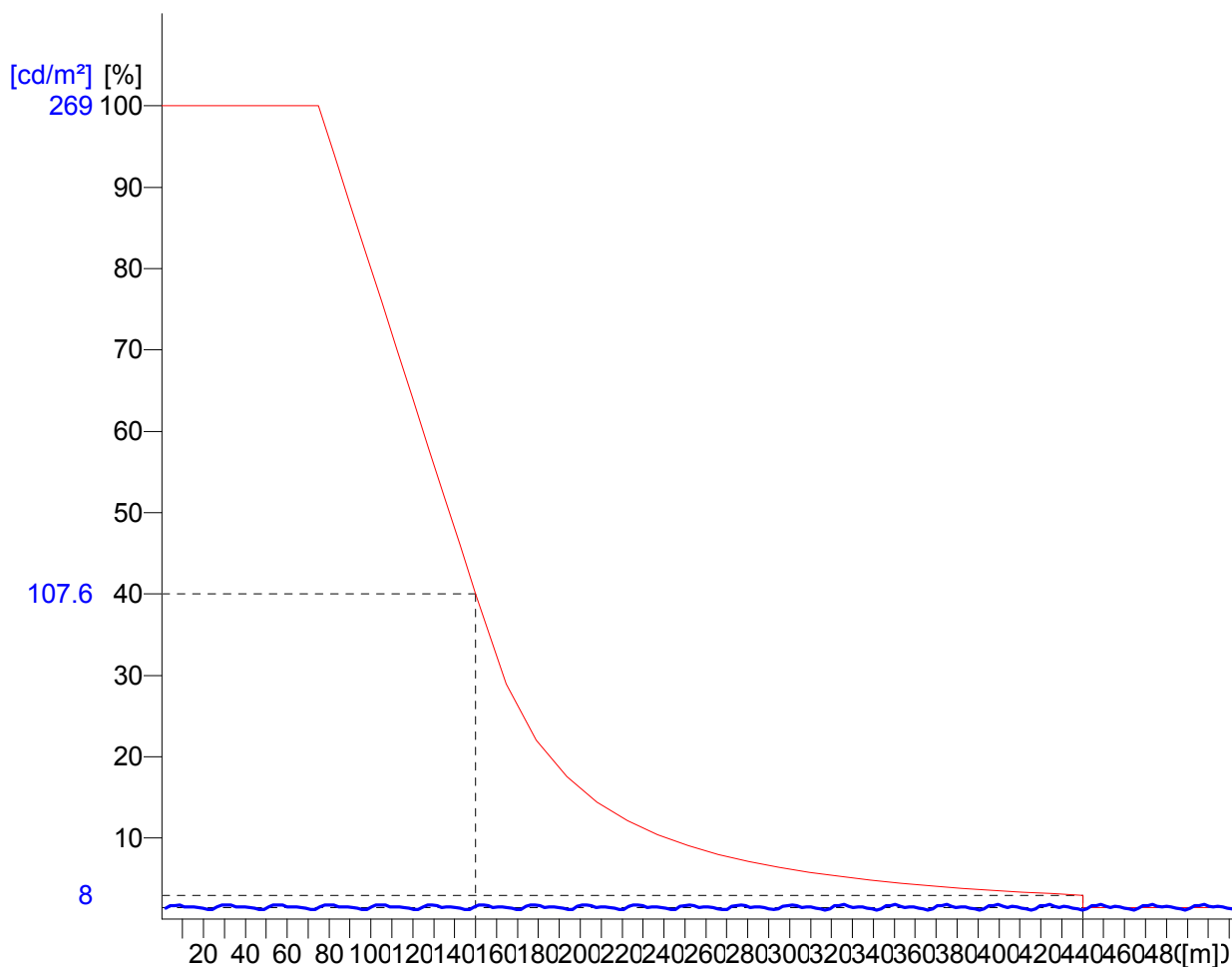
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.18 Evolution, Adaptation (L), Int.1, Obs. 1



Observer location 1 : x = -84, y = 2, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

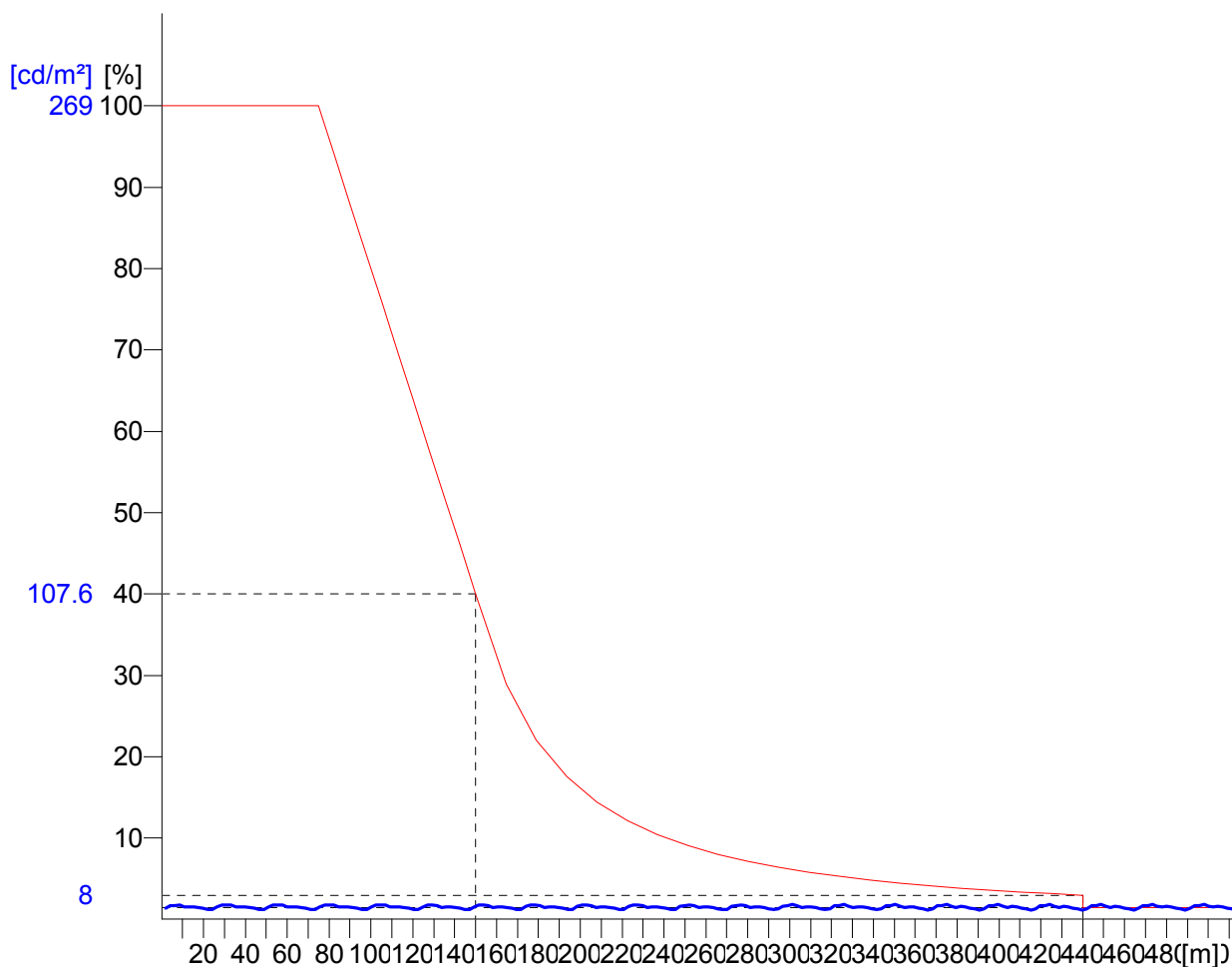
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.19 Evolution, Adaptation (L), Int.1, Obs. 2



Observer location 2 : x = -84, y = 6, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

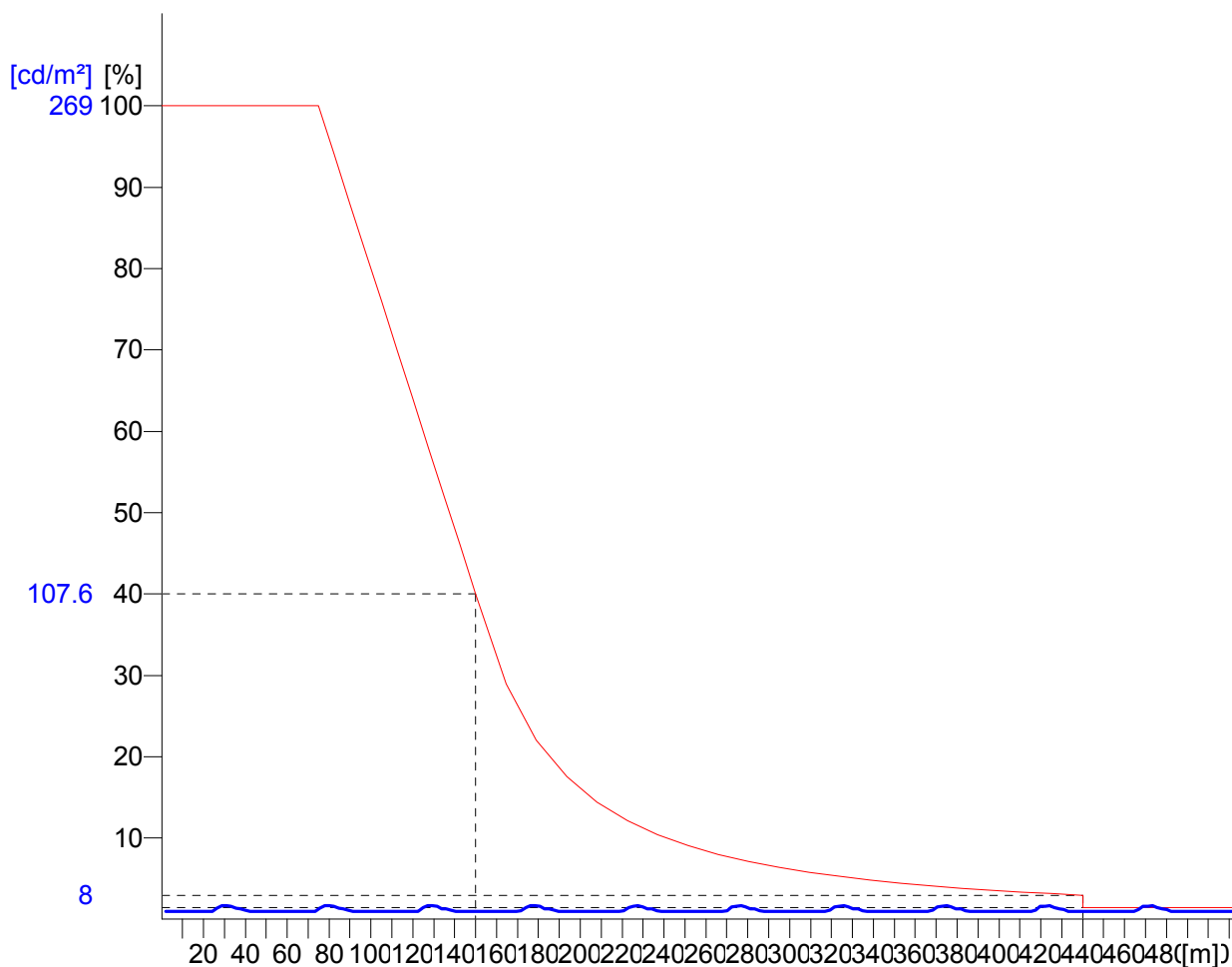
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.20 Evolution, Adaptation (L), Int.2, Obs. 1



Observer location 1 : x = -84, y = 2, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

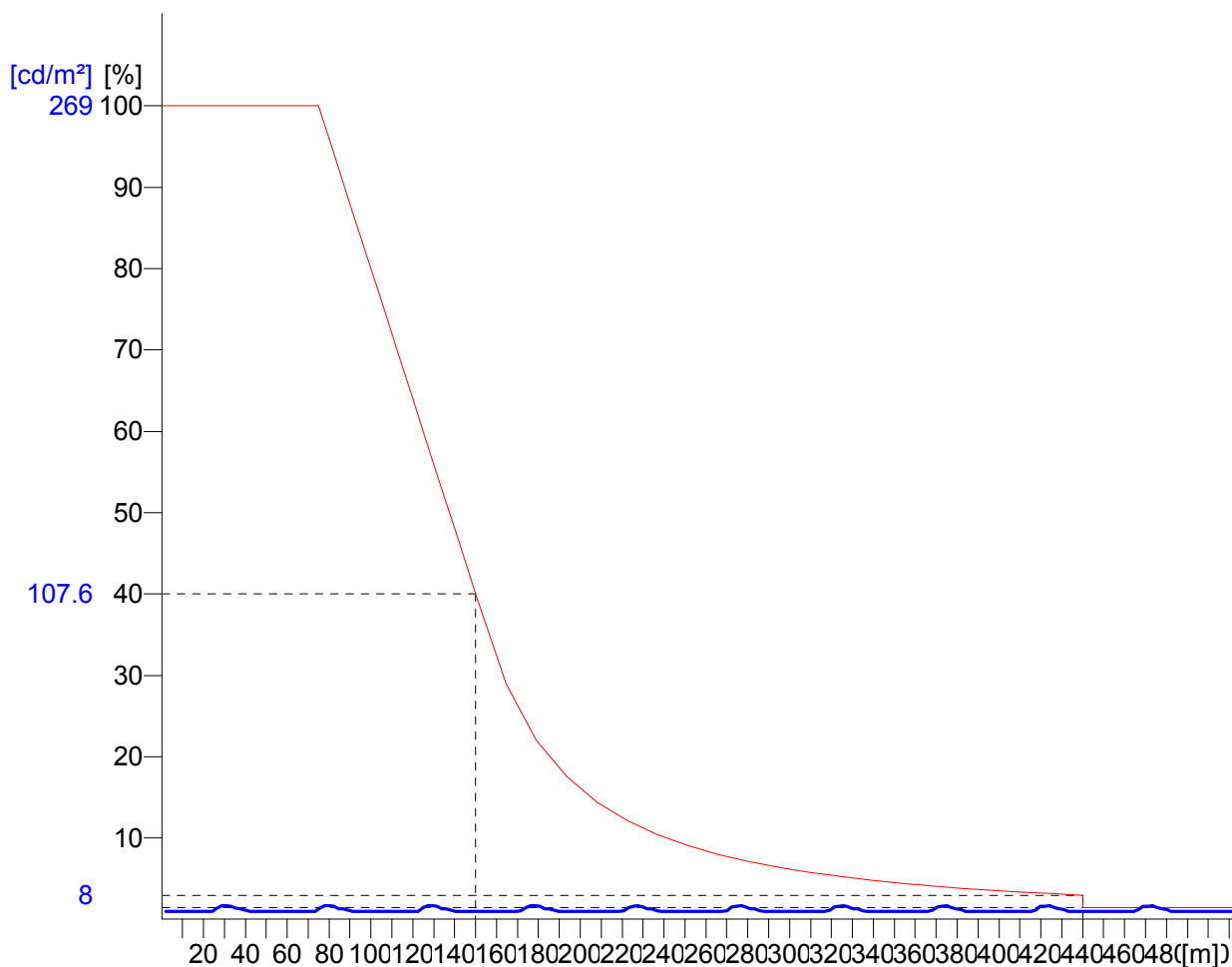
-please put your own address here-

Object : S2_LEFT BOUND 1_(275CD)
Installation : Nicosia Bypass
Project number :
Date : 30.06.2011



2.2 Calculation results, Tunnel

2.2.21 Evolution, Adaptation (L), Int.2, Obs. 2



Observer location 2 : x = -84, y = 6, z = 1.5 (dx = 85.93)
Evaluation of L on whole width of road

-please put your own address here-