ISBN 978-3-902842-33-6

CIE

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE
INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION
INTERNATIONALE BELEUCHTUNGSKOMMISSION

TECHNICAL REPORT

THE EFFECT OF SPECTRAL POWER DISTRIBUTION ON LIGHTING FOR URBAN AND PEDESTRIAN AREAS

CIE 206:2014

UDC:	628.971	Descriptor:	Exterior lighting
	628.971.6		Street lighting (fixed)
	612.843.362.3		Mesopic vision

Documents
Document Sharing Hub

Copyright International Commission on Illumination
Provided by IHS under license with CIE
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Full document details: CIE 206-2014

Licensee=Hong Kong Polytechnic University/9976803100, User=ertert, rtet
Not for Resale, 05/10/2015 03:07:09 MDT

THE INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION

The International Commission on Illumination (CIE) is an organization devoted to international co-operation and exchange of information among its member countries on all matters relating to the art and science of lighting. Its membership consists of the National Committees in about 40 countries.

The objectives of the CIE are:

1. To provide an international forum for the discussion of all matters relating to the science, technology and art in the fields of light and lighting and for the interchange of information in these fields between countries.
2. To develop basic standards and procedures of metrology in the fields of light and lighting.
3. To provide guidance in the application of principles and procedures in the development of international and national standards in the fields of light and lighting.
4. To prepare and publish standards, reports and other publications concerned with all matters relating to the science, technology and art in the fields of light and lighting.
5. To maintain liaison and technical interaction with other international organizations concerned with matters related to the science, technology, standardization and art in the fields of light and lighting.

The work of the CIE is carried on by seven Divisions each with about 20 Technical Committees. This work covers subjects ranging from fundamental matters to all types of lighting applications. The standards and technical reports developed by these international Divisions of the CIE are accepted throughout the world.
A plenary session is held every four years at which the work of the Divisions and Technical Committees is reviewed, reported and plans are made for the future. The CIE is recognized as the authority on all aspects of light and lighting. As such it occupies an important position among international organizations.

LA COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE

La Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) est une organisation qui se donne pour but la coopération internationale et l'échange d'informations entre les Pays membres sur toutes les questions relatives à l'art et à la science de l'éclairage. Elle est composée de Comités Nationaux représentant environ 40 pays.

Les objectifs de la CIE sont:

1. De constituer un centre d'étude international pour toute matière relevant de la science, de la technologie et de l'art de la lumière et de l'éclairage et pour l'échange entre pays d'informations dans ces domaines.
2. D'élaborer des normes et des méthodes de base pour la métrologie dans les domaines de la lumière et de l'éclairage.
3. De donner des directives pour l'application des principes et des méthodes d'élaboration de normes internationales et nationales dans les domaines de la lumière et de l'éclairage.
4. De préparer et publier des normes, rapports et autres textes, concernant toutes matières relatives à la science, la technologie et l'art dans les domaines de la lumière et de l'éclairage.
5. De maintenir une liaison et une collaboration technique avec les autres organisations internationales concernées par des sujets relatifs à la science, la technologie, la normalisation et l'art dans les domaines de la lumière et de l'éclairage.

Les travaux de la CIE sont effectués par 7 Divisions, ayant chacune environ 20 Comités Techniques. Les sujets d'études s'étendent des questions fondamentales, à tous les types d'applications de l'éclairage. Les normes et les rapports techniques élaborés par ces Divisions Internationales de la CIE sont reconnus dans le monde entier.
Tous les quatre ans, une Session plénière passe en revue le travail des Divisions et des Comités Techniques, en fait rapport et établit les projets de travaux pour l'avenir. La CIE est reconnue comme la plus haute autorité en ce qui concerne tous les aspects de la lumière et de l'éclairage. Elle occupe comme telle une position importante parmi les organisations internationales.

DIE INTERNATIONALE BELEUCHTUNGSKOMMISSION

Die Internationale Beleuchtungskommission (CIE) ist eine Organisation, die sich der internationalen Zusammenarbeit und dem Austausch von Informationen zwischen ihren Mitgliedsländern bezüglich der Kunst und Wissenschaft der Lichttechnik widmet. Die Mitgliedschaft besteht aus den Nationalen Komitees in rund 40 Ländern.

Die Ziele der CIE sind:

1. Ein internationaler Mittelpunkt für Diskussionen aller Fragen auf dem Gebiet der Wissenschaft, Technik und Kunst der Lichttechnik und für den Informationsaustausch auf diesen Gebieten zwischen den einzelnen Ländern zu sein.
2. Grundnormen und Verfahren der Messtechnik auf dem Gebiet der Lichttechnik zu entwickeln.
3. Richtlinien für die Anwendung von Prinzipien und Vorgängen in der Entwicklung internationaler und nationaler Normen auf dem Gebiet der Lichttechnik zu erstellen.
4. Normen, Berichte und andere Publikationen zu erstellen und zu veröffentlichen, die alle Fragen auf dem Gebiet der Wissenschaft, Technik und Kunst der Lichttechnik betreffen.
5. Liaison und technische Zusammenarbeit mit anderen internationalen Organisationen zu unterhalten, die mit Fragen der Wissenschaft, Technik, Normung und Kunst auf dem Gebiet der Lichttechnik zu tun haben.

Die Arbeit der CIE wird in 7 Divisionen, jede mit etwa 20 Technischen Komitees, geleistet. Diese Arbeit betrifft Gebiete mit grundlegendem Inhalt bis zu allen Arten der Lichtanwendung. Die Normen und Technischen Berichte, die von diesen international zusammengesetzten Divisionen ausgearbeitet werden, sind auf der ganzen Welt anerkannt.
Alle vier Jahre findet eine Session statt, in der die Arbeiten der Divisionen überprüft, berichtet und neue Pläne für die Zukunft ausgearbeitet werden. Die CIE wird als höchste Autorität für alle Aspekte des Lichtes und der Beleuchtung angesehen. Auf diese Weise unterhält sie eine bedeutende Stellung unter den internationalen Organisationen.

Published by the

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE
CIE Central Bureau
Babenbergerstrasse 9, A-1010 Vienna, AUSTRIA
Tel: +43(1)714 31 87
e-mail: ciecb@cie.co.at
WWW: http://www.cie.co.at/

© CIE 2014 - All rights reserved

Documents
Document Sharing Hub

Copyright International Commission on Illumination
Provided by IHS under license with CIE
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Full document details: CIE 206-2014

Licensee=Hong Kong Polytechnic University/9976803100, User=ertert, rtet
Not for Resale, 05/10/2015 03:07:09 MDT

ISBN 978-3-902842-33-6

CIE

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE
INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION
INTERNATIONALE BELEUCHTUNGSKOMMISSION

TECHNICAL REPORT

THE EFFECT OF SPECTRAL POWER DISTRIBUTION ON LIGHTING FOR URBAN AND PEDESTRIAN AREAS

CIE 206:2014

UDC:	628.971	Descriptor:	Exterior lighting
	628.971.6		Street lighting (fixed)
	612.843.362.3		Mesopic vision

Documents
Document Sharing Hub

Copyright International Commission on Illumination
Provided by IHS under license with CIE
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Full document details: CIE 206-2014

Licensee=Hong Kong Polytechnic University/9976803100, User=ertert, rtet
Not for Resale, 05/10/2015 03:07:09 MDT

This Technical Report has been prepared by CIE Technical Committee 4-48 of Division 4 “Lighting and Signalling for Transport" and has been approved by the Board of Administration as well as by Division 4 of the Commission Internationale de l'Eclairage. The document reports on current knowledge and experience within the specific field of light and lighting described, and is intended to be used by the CIE membership and other interested parties. It should be noted, however, that the status of this document is advisory and not mandatory.

Ce rapport technique a été élaboré par le Comité Technique CIE 4-48 de la Division 4 "Eclairage et signalisation pour les transports" et a été approuvé par le Bureau et Division 4 de la Commission Internationale de l'Eclairage. Le document expose les connaissances et l'expérience actuelles dans le domaine particulier de la lumière et de l'éclairage décrit ici. Il est destiné à être utilisé par les membres de la CIE et par tous les intéressés. Il faut cependant noter que ce document est indicatif et non obligatoire.

Dieser Technische Bericht ist vom Technischen Komitee CIE 4-48 der Division 4 "Beleuchtung und Signale für den Verkehr" ausgearbeitet und vom Vorstand sowie Division 4 der Commission Internationale de l'Eclairage gebilligt worden. Das Dokument berichtet über den derzeitigen Stand des Wissens und Erfahrung in dem behandelten Gebiet von Licht und Beleuchtung; es ist zur Verwendung durch CIE-Mitglieder und durch andere Interessierte bestimmt. Es sollte jedoch beachtet werden, dass das Dokument eine Empfehlung und keine Vorschrift ist.

Any mention of organizations or products does not imply endorsement by the CIE. Whilst every care has been taken in the compilation of any lists, up to the time of going to press, these may not be comprehensive.

Toute mention d'organisme ou de produit n'implique pas une préférence de la CIE. Malgré le soin apporté à la compilation de tous les documents jusqu'à la mise sous presse, ce travail ne saurait être exhaustif.

Die Erwähnung von Organisationen oder Erzeugnissen bedeutet keine Billigung durch die CIE. Obgleich große Sorgfalt bei der Erstellung von Verzeichnissen bis zum Zeitpunkt der Drucklegung angewendet wurde, besteht die Möglichkeit, dass diese nicht vollständig sind.

© CIE 2014 - All rights reserved

Documents
Document Sharing Hub
Copyright International Commission on Illumination
Provided by IHS under license with CIE
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Full document details: CIE 206-2014
Licensee=Hong Kong Polytechnic University/9976803100, User=ertert, rtet
Not for Resale, 05/10/2015 03:07:09 MDT

The following members of TC 4-48 “White Light on Road Lighting“ took part in the preparation of this Technical Report. The committee comes under Division 4 “Lighting and Signalling for Transport”.

Authors:

Fotios, S.	United Kingdom
Goodman, T.	United Kingdom
Völker, S.	**Germany (Chair)**

Advisors:

van den Broek, A.	Netherlands
Knight, C.	Netherlands
Leetzow, L.	USA
Lin, Y.	China
Raynham, P.	United Kingdom

Documents
Document Sharing Hub
Copyright International Commission on Illumination
Provided by IHS under license with CIE
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Full document details: CIE 206-2014
Licensee=Hong Kong Polytechnic University/9976803100, User=ertert, rtet
Not for Resale, 05/10/2015 03:07:09 MDT

CONTENTS

Summary V
Resume VI
Zusammenfassung VII
1 Introduction 1
1.1 Road Lighting and Lamp Spectrum 1
1.2 Scope 2
1.3 Definitions 2
2 Purposes of Lighting in Residential Streets and Pedestrian Areas 3
2.1 Current Standards and Lighting Criteria 3
2.2 Obstacle Detection 5
2.3 Interpersonal Judgements 5
2.4 General Feeling of Safety 6
2.5 Summary: Purposes of Lighting in Residential Streets and Pedestrian Areas 6
3 Effect of Light Spectrum on Pedestrian Visual Tasks 6
3.1 Spectral Power Distribution 6
3.2 Spatial Brightness 7
3.2.1 Human Visual Response 7
3.2.2 Trials in Controlled Environments 8
3.2.3 Field Surveys 9
3.2.4 Predicting Spatial Brightness 10
3.2.5 Summary: Spatial Brightness 12
3.3 Acceptability 12
3.4 Colour Recognition 13
3.5 Facial Recognition 14
3.6 Obstacle Detection 17
3.7 Summary: Visual Effects of Lamp Spectrum 18
4 Accounting for the Relationship between Lamp Spectrum and Illuminance 18
4.1 Existing National Guidance 19
4.2 Scaled Method of Specification 19
5 Other Considerations Regarding the Choice of Lamp Spectrum 20
5.1 Sky Glow and Astronomy 20
5.2 Effects on the Natural Environment and Human Health and Well-Being. 21
5.3 Glare from Small Sources 21
5.4 Observer Age 22
6 Conclusion
Annex A Existing National Standards which permit a Step Reduction in Illuminance 23
Annex B Scaled Reduction in Illuminance adopted in the United Kingdom 24
References 26

Documents
Document Sharing Hub
Copyright International Commission on Illumination
Provided by IHS under license with CIE
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Full document details: CIE 206-2014
Licensee=Hong Kong Polytechnic University/9976803100, User=ertert, rtet
Not for Resale, 05/10/2015 03:07:09 MDT

THE EFFECT OF SPECTRAL POWER DISTRIBUTION ON LIGHTING FOR URBAN AND PEDESTRIAN AREAS

Summary

Lighting design for roads in urban and pedestrian areas considers primarily the needs of pedestrians rather than drivers. This report presents a summary of recent research on the implications of lamp spectrum for those tasks considered to be important for pedestrians. These tasks include detection of pavement obstacles, interpersonal judgements such as facial recognition, and judgement of brightness. For pedestrians, brightness is important because brighter lighting tends to produce higher levels of perceived safety in a particular location.

It has been found that in the mesopic region lamps with a higher scotopic/photopic (S/P) ratio appear brighter, and permit better detection of peripheral obstacles, than do lamps with lower S/P-ratios at the same illuminance. This means that lamps with a high S/P-ratio can be used either at the same illuminance to create a higher brightness and better detection of peripheral obstacles or at a lower illuminance but the same brightness and obstacle detection ability, the latter leading to a reduction in energy consumption. The CIE recommended system of mesopic photometry can be used to predict brightness and peripheral obstacle detection under lamps having different spectra.

Further visual needs include facial recognition and that the appearance of the environment is acceptable. How light spectrum affects the ability to recognize the identity of other people is still uncertain, but there is a suggestion that chromatic information can be of benefit. As for the acceptability of the appearance of the environment, this is more consistently related to the colour rendering of the light source. For these visual needs colour rendering is important in addition to the S/P-ratio, but there are insufficient data with which to fully characterize the effects.

Given these findings it is possible to modify the illuminances used in residential roads when using different light sources. These illuminances should be chosen based on two characteristics of the light source, S/P-ratio and colour rendering index (CRI). The report includes new guidance in the United Kingdom (UK) in which a reduction in the illuminance from the levels recommended in the S-series of lighting classes can be considered when using lamps which have a CIE general colour rendering index greater than or equal to 60; the reduction is calculated using the CIE recommended system of mesopic photometry. The UK guidance assumes that low pressure sodium lighting is the reference for the S-series of lighting classes. Other countries that choose to follow the system adopted in the UK can modify the approach to take account of different benchmark lighting. For example, if the high pressure sodium lamp (which is in widespread use in Europe) is used as the benchmark, the allowed reduction in illuminance will be less than that allowed in the UK.

Other factors, in addition to the influence of lamp spectrum on vision, may also need to be considered when selecting the most appropriate lighting. These are discussed in the final section of the report, and include effects of lighting on the natural environment, glare, and the impact of changes in the eye that occur with age. The increase in visual effectiveness offered by lamps optimized for use in the mesopic region (i.e. higher S/P ratio) may be lower for older persons than for the rest of the population, and such lamps may lead to increased discomfort glare effects for these older observers. In general, the use of ‘white’ light in street lighting applications is beneficial, provided that these other factors are also taken into account and are not significantly impacted (e.g. provided glare is not significantly increased).

Documents
Document Sharing Hub

Copyright International Commission on Illumination
Provided by IHS under license with CIE
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Full document details: CIE 206-2014

Licensee=Hong Kong Polytechnic University/9976803100, User=ertert, rtet
Not for Resale, 05/10/2015 03:07:09 MDT

L'EFFET DE LA REPARTITION SPECTRALE ENERGETIQUE SUR L'ECLAIRAGE DES ZONES URBAINES ET PIETONNES

Résumé

Dans les zones urbaines et piétonnes, les projets d'éclairage public sont conçus pour répondre en premier lieu aux besoins des piétons plutôt qu'à ceux des conducteurs. Ce rapport présente un résumé des recherches récentes à propos des effets du spectre des lampes sur les tâches jugées importantes pour les piétons. Parmi ces tâches figurent la détection des obstacles sur le trottoir, les appréciations inter-personnelles telles que la reconnaissance du visage, et l'appréciation de la luminosité. La luminosité est importante pour les piétons, car le sentiment de sécurité qu'ils perçoivent tend à augmenter avec la luminosité de l'éclairage à un endroit donné.

Dans le domaine mésopique, il a été observé que les lampes caractérisées par un rapport scotopique/photopique (S/P) plus élevé paraissent plus lumineuses et permettent une meilleure détection des obstacles périphériques, en comparaison à des lampes dont le rapport S/P est plus faible pour le même niveau d'éclairement. Il s'ensuit que les lampes avec un rapport S/P élevé peuvent être utilisées soit au même niveau d'éclairement pour augmenter la luminosité et améliorer la détection des obstacles périphériques, soit à un niveau d'éclairement plus faible pour réduire la consommation d'énergie en maintenant la luminosité et la capacité de détection périphérique. Le système de photométrie mésopique recommandé par la CIE peut servir à prédire la luminosité et la détection d'obstacles périphériques pour des lampes ayant différents spectres.

Parmi les autres besoins visuels figurent la reconnaissance du visage et le fait que l'apparence de l'environnement soit acceptable. La façon dont le spectre de la lumière affecte la capacité à identifier d'autres individus n'est pas encore bien connue, mais l'information chromatique semble jouer un rôle positif. Quant à l'acceptabilité de l'apparence de l'environnement, elle est plus clairement liée au rendu des couleurs de la source lumineuse. Pour ces besoins visuels, le rendu des couleurs a son importance en complément du rapport S/P, mais les données sont insuffisantes pour en caractériser complètement les effets.

D'après ces résultats, il est possible de modifier les éclairements utilisés dans les rues résidentielles en fonction des différentes sources lumineuses installées. Les éclairements doivent être établis sur la base de deux caractéristiques des sources lumineuses : le rapport S/P et l'indice de rendu des couleurs (IRC). Une nouvelle orientation mise en place au Royaume Uni, décrite dans ce rapport, permet d'envisager une diminution de l'éclairement par rapport aux niveaux recommandés pour les classes d'éclairage de la série S lors de l'utilisation de lampes dont l'indice général de rendu des couleurs CIE est supérieur ou égal à 60 ; la diminution est calculée à l'aide du système de photométrie mésopique recommandé par la CIE. Le Royaume Uni considère l'éclairage au sodium basse pression comme référence pour les classes d'éclairage de la série S. D'autres pays qui envisageraient de suivre le système adopté par le Royaume Uni peuvent adapter l'approche en prenant d'autres éclairages comme référence. A titre d'exemple, en prenant la lampe au sodium haute pression (largement utilisée en Europe) comme référence, la diminution potentielle de l'éclairement sera moindre qu'au Royaume Uni.

Outre l'influence du spectre lumineux sur la vision, d'autres facteurs devraient également être pris en considération pour choisir l'éclairage le plus approprié. Ces facteurs sont abordés dans la dernière partie du rapport. Il s'agit des effets de l'éclairage sur l'environnement naturel, de l'éblouissement, et de l'impact des changements oculaires liés à l'âge. Le gain d'efficacité visuelle offert par les lampes optimisées pour l'utilisation dans le domaine mésopique (i.e. dotées d'un rapport S/P plus élevé) peut être moindre pour les personnes âgées que pour le reste de la population, et ces lampes sont susceptibles de causer plus d'éblouissement inconfortable pour ces observateurs plus âgés. En général, l'utilisation de lumière « blanche » dans les applications d'éclairage public est favorable, à condition de prendre en compte ces autres facteurs et de vérifier qu'ils ne sont pas affectés de manière significative (e.g. à condition qu'il n'y ait pas d'augmentation significative de l'éblouissement).

Documents
Document Sharing Hub

Copyright International Commission on Illumination
Provided by IHS under license with CIE
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Full document details: CIE 206-2014

Licensee=Hong Kong Polytechnic University/9976803100, User=ertert, rtet
Not for Resale, 05/10/2015 03:07:09 MDT

DIE AUSWIRKUNGEN DER SPEKTRALEN LICHTVERTEILUNG AUF DIE BELEUCHTUNG VON WOHNGEBIETEN UND FUßGÄNGERZONEN

Zusammenfassung

Die Beleuchtungsplanung für Wohngebiete und Fußgängerzonen berücksichtigt primär die Bedürfnisse der Fußgänger und weniger die der Kraftfahrer. Dieser Bericht beinhaltet eine Zusammenfassung jüngster Forschungsergebnisse zur Auswirkung des Lampenspektrums auf Sehaufgaben, die für Fußgänger als wichtig erachtet werden. Diese Sehaufgaben umfassen die Erkennung von Hindernissen auf dem Gehweg, zwischenmenschliche Beurteilungen wie z.B. Gesichtserkennung, sowie die Beurteilung von Helligkeit. Für Fußgänger ist Helligkeit wichtig, weil hellere Beleuchtung üblicherweise einen höheren Grad an empfundener Sicherheit an einem bestimmten Ort mit sich bringt.

Es wurde festgestellt, dass im mesopischen Bereich Lampen mit einem höheren skotopisch/photopisch(S/P)-Verhältnis heller erscheinen und eine bessere Erkennung von Hindernissen im peripheren Sehbereich ermöglichen als Lampen mit niedrigeren S/P-Verhältnissen bei gleicher Beleuchtungsstärke. Dies bedeutet, dass Lampen mit einem hohen S/P-Verhältnis eingesetzt werden können, um bei gleichem Beleuchtungsstärkeniveau ein höheres Helligkeitsniveau und bessere Erkennung von Objekten im peripheren Bereich zu erzielen, oder bei niedrigerem Beleuchtungsstärkeniveau dasselbe Helligkeitsniveau und Objekterkennungsvermögen, wobei Letzteres mit einer Reduzierung des Energieverbrauchs einhergeht. Das von der CIE empfohlene System der mesopischen Photometrie kann angewandt werden, um Helligkeit und periphere Objekterkennung bei Verwendung von Lampen unterschiedlicher Spektren vorherzusagen.

Weitere Seherfordernisse umfassen Gesichtserkennung und Annehmbarkeit der Umgebungserscheinung. Es ist weiterhin unklar, wie das Lichtspektrum die Fähigkeit beeinflusst, die Identität anderer Menschen zu erkennen, aber es gibt eine Empfehlung, die besagt, dass farbliche Information vorteilhaft sein kann. Was die Akzeptanz der Umgebungserscheinung angeht, so ist diese offensichtlicher mit der Farbwiedergabe der Lichtquelle verknüpft. Für diese Seherfordernisse ist die Farbwiedergabe neben dem S/P-Verhältnis von Bedeutung, aber es sind nicht genügend Daten vorhanden, mit denen diese Effekte vollständig beschrieben werden können.

Mit diesen Ergebnissen ist es möglich, die Beleuchtungsstärken in Anliegerstraßen durch Verwendung verschiedener Lichtquellen zu modifizieren. Diese Beleuchtungsstärken sollten basierend auf zwei Charakteristika der Lichtquelle ausgewählt werden: S/P-Verhältnis und Farbwiedergabeindex. Der Bericht beinhaltet eine neue britische Richtlinie, welche eine Absenkung der Beleuchtungsstärke bei Verwendung der S-Beleuchtungsklassen ermöglicht für den Fall, dass Lampen verwendet werden, deren allgemeiner Farbwiedergabeindex einen Wert von 60 oder größer beträgt. Die entsprechende Reduzierung wird unter Verwendung des CIE-Systems der mesopischen Photometrie berechnet. Die britische Richtlinie setzt dabei voraus, dass Natriumdampfniederdrucklampen die Referenz für die S-Beleuchtungsklassen darstellen. Andere Länder, die dem britischen System folgen wollen, können den Ansatz anpassen, um eine andere Referenzbeleuchtung zu berücksichtigen. Zum Beispiel wird die zulässige Beleuchtungsstärkereduktion geringer als die in Großbritannien zulässige sein, wenn die Natriumdampfhochdrucklampe (die in Europa weit verbreitet ist) als Bezug verwendet wird.

Andere Faktoren, zusätzlich zum Einfluss des Lampenspektrums auf das Sehvermögen, können ebenfalls bei der Auswahl der geeigneten Beleuchtung berücksichtigt werden. Diese werden im abschließenden Kapitel dieses Berichts diskutiert und umfassen Effekte der Beleuchtung auf die natürliche Umwelt, Blendung und den Einfluss von altersbedingten Änderungen des Auges. Der Zuwachs visueller Leistungsfähigkeit durch Lampen, die für die Nutzung im mesopischen Bereich optimiert sind (d.h. größeres S/P-Verhältnis), kann für ältere Menschen geringer ausfallen als für den Rest der Bevölkerung, und solche Lampen können zu erhöhter psychologischer Blendung für diese älteren Menschen führen. Im Allgemeinen ist die Nutzung ‚weißen Lichts' in Straßenbeleuchtungsanwendungen vorteilhaft, vorausgesetzt

Documents
Document Sharing Hub
Copyright International Commission on Illumination
Provided by IHS under license with CIE
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Full document details: CIE 206-2014
Licensee=Hong Kong Polytechnic University/9976803100, User=ertert, rtet
Not for Resale, 05/10/2015 03:07:09 MDT

diese anderen Faktoren werden ebenfalls berücksichtigt und nicht maßgeblich beeinflusst (z.B. Blendung wird nicht maßgeblich erhöht).

Documents
Document Sharing Hub
Copyright International Commission on Illumination
Provided by IHS under license with CIE
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Full document details: CIE 206-2014
Licensee=Hong Kong Polytechnic University/9976803100, User=ertert, rtet
Not for Resale, 05/10/2015 03:07:09 MDT

1 Introduction

1.1 Road Lighting and Lamp Spectrum

Road lighting consists of a light source within a luminaire, usually mounted on a pole, with an optical arrangement within the luminaire to guide the light to where it is needed; a series of these are placed at regular intervals along the road or footpath and switched on (or lit) after dark. There are three main purposes of road lighting (CIE, 2010a):

1) To allow the users of motor cars, motor cycles, pedal cycles, and other motor and animal drawn vehicles to proceed safely;
2) To allow pedestrians to see hazards, orientate themselves, recognize other pedestrians, and give them a sense of security;
3) To improve the night-time appearance of the environment.

This report investigates lighting for roads in residential and urban areas. In these areas, it is normal to provide lighting that focuses more, but not exclusively, on the needs of pedestrians compared to those of drivers (CIE, 2010a). Lighting should enhance the visual tasks of pedestrians to aid safe movement and to improve their perception of safety: the key visual tasks include detection of pavement obstacles and recognizing the intent of other pedestrians.

The benefits of road lighting need to be balanced against the increasing global desire to reduce energy consumption and/or use energy more effectively. For example, in 2007, road lighting and traffic signals in the UK consumed 2,5 TWh of electricity annually (DEFRA, 2008). Although for the UK this represents only 0,73 % of the total annual electricity consumption (ONS, 2008) it is of considerable symbolic significance for energy conservation being both conspicuous and financed by taxes (similar considerations apply in other countries). The choice of design parameters to maintain the benefits of lighting, such as illuminance uniformity, colour temperature and colour rendering, will affect equipment choice such as the lamp type, and this will affect the energy consumed by the installation. Minimizing energy consumption reduces operating costs, may increase installation life and, depending on the fuel mix used to generate the electricity consumed, may reduce carbon emissions

In recent years there have been many developments in technology and knowledge related to road lighting. One key development in knowledge has been the characterization of visual response at mesopic light levels, culminating in the CIE recommended system for visual performance based mesopic photometry (CIE, 2010b), and there has been much applied research regarding lighting and pedestrians. Developments in technology include a greater range of light sources and improvements in optical and electronic control. These developments together offer approaches by which the energy consumed by street lighting may be reduced.

One route to reducing energy consumption is by choice of lamp spectral power distribution (SPD). Recent investigations of SPD and the performance of tasks considered to be important for pedestrians have suggested that lamp SPD affects performance, and this gives designers the opportunity to select the lamp type that improves performance, allowing illuminance to be reduced for the same performance, and thus a potential energy saving.

Such a trade-off between lamp type and illuminance has already been included in two national standards (BS 5489-1:2003; UNI 11248:2012). However, these use CIE general colour rendering index as the only metric by which to characterize the visual effectiveness of a light source, with a single threshold value of colour rendering, and the illuminance is reduced by a fixed amount regardless of the margin by which the threshold is exceeded. This report presents evidence to suggest that a further metric, the S/P-ratio of the light source, is needed in addition to colour rendering index to more completely characterize the lighting, and also that the reduction in illuminance varies according to the S/P-ratio rather than being a fixed reduction. The S/P-ratio is the ratio of the luminous output of a light source evaluated

Documents
Document Sharing Hub
Copyright International Commission on Illumination
Provided by IHS under license with CIE
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Full document details: CIE 206-2014
Licensee=Hong Kong Polytechnic University/9976803100, User=ertert, rtet
Not for Resale, 05/10/2015 03:07:09 MDT

according to the CIE scotopic spectral luminous efficiency function, $V'(\lambda)$, to the luminous output evaluated according to the CIE photopic spectral luminous efficiency function, $V(\lambda)$. This report illustrates the new approach that has been adopted in the UK (BSI, 2012), a proposal which assumes that low pressure sodium lamps provide the benchmark light source for illuminances recommended in UK lighting guidance (Fotios and Goodman, 2012).

1.2 Scope

This report focuses on street lighting for residential streets and pedestrian areas (i.e. cycling, walking and running paths) in which public lighting is designed predominantly to meet the needs of pedestrians. Therefore the recommendations made regarding the desired lamp spectrum are relevant only for these areas. This report does not address trunk routes and motorways where public lighting is designed predominantly to meet the needs of drivers. The report examines the interaction between spectral power distribution and illuminance, but does not examine the effects of spatial distribution or uniformity of lighting.

1.3 Terms and Definitions

The terms used in this report are as defined in the International Lighting Vocabulary (CIE S 017/E:2011 *ILV: International Lighting Vocabulary*, 2011), together with the following additional definitions.

1.3.1
spatial brightness
brightness sensation relating to the visual response of a large part of the visual field

Note 1 to entry: Generally the ambient lighting creates atmosphere and facilitates larger visual tasks such as safe circulation and visual communication. The percept of spatial brightness encompasses the overall sensation based on the response of a large part of the visual field extending beyond the fovea. It may be sensed or perceived while immersed within a space or when a space is observed remotely but fills a large part of the visual field. Spatial brightness does not necessarily relate to the brightness of any individual objects or surfaces in the environment, but may be influenced by the brightness of these individual items.

1.3.2
spectral power distribution
SPD
relative distribution of power emitted from a light source as a function of wavelength.

Unit: 1

Note 1 to entry: The SPD influences the photometric (e.g. luminous flux, intensity, illuminance, luminance) and colorimetric (e.g. chromaticity, colour temperature, colour rendering) quantities of the light source. Sources can have a continuous spectrum, whereby all wavelengths are present to a greater or lesser extent, a discontinuous spectrum, whereby only selected wavelengths are present, or even (in the extreme) a monochromatic spectrum.

1.3.3
facial recognition
identification of the identity of another person (or people) through visual observation of their face(s)

Note 1 to entry: This is one aspect of the interpersonal judgements that may be made by pedestrians, along with interpretation of the intent.

1.3.4
obstacle detection (by a pedestrian)
visual detection, typically using peripheral vision, of an approaching object or irregularity that may cause a pedestrian to trip, or that is not noticed in time to avoid collision

Documents
Document Sharing Hub
Copyright International Commission on Illumination
Provided by IHS under license with CIE
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Full document details: CIE 206-2014
Licensee=Hong Kong Polytechnic University/9976803100, User=ertert, rtet
Not for Resale, 05/10/2015 03:07:09 MDT