

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS UN MATEMĀTIKAS FAKULTĀTE
OPTOMETRIJAS UN REDZES ZINĀTNES NODAĻA

**EKRĀNA RADĪTAS DISKOMFORTA ŽILBŠANAS
ATKARĪBA NO TELPAS APGAISMOJUMA**

BAKALaura DARBS

Autors: **Alise Belcāne**

Studenta apliecības Nr.: ab12223

Darba vadītājs: Dr.phys. Gatis Ikaunieks

RĪGA 2015

ANOTĀCIJA

Bakalaura darbs „Ekrāna radītas diskomforta žilbšanas atkarība no telpas apgaismojuma” ir uzrakstīts latviešu valodā uz 29 lappusēm. Tas satur 17 attēlus, 2 tabulas un 33 atsauces uz literatūras avotiem.

Darba mērķis: Novērtēt dažādu faktoru ietekmi uz diskomforta žilbšanu gados jauniem cilvēkiem.

Metode: Pētījumā piedalījās 24 dalībnieki, vecumā no 19 līdz 26 gadiem, kuriem tika noteikts fotopiskos un mezopiskos apstākļos patīkamākais ekrāna spožums, gan pie augsta, gan pie zema ekrāna stimula kontrasta.

Secinājumi: Diskomforta žilbšana pastiprinās, ja pieaug attiecība starp ekrāna un telpas apgaismojumiem. Mezopiskos apstākļos zema kontrasta stimula ekrāna spožums tiek izvēlēts lielāks, nekā pie augsta stimula kontrasta, jo pie zema kontrasta nākas izvēlēties starp redzēšanu un žilbšanu.

Atslēgvārdi: : Apgaismojums, datora ekrāns, spožums, diskomforta žilbšana, zīlītes diametrs.

ABSTRACT

Bachelor work „Display induced discomfort glare under various illumination conditions” is written in latvian on 29 pages. It contains 17 pictures, 2 charts and there are 33 references to literature.

The aim: to evaluate various factors effect on discomfort glare to younger subjects.

Method: In experiment participated 24 people, aged 19 to 26. They had to choose acceptable computer display brightness in photopic and mesopic illuminations while watching high and low contrast text.

Conclusion: Discomfort glare grow if computer display brightness and illuminance are very different from each other. In low contrast text presentation computer display brightness is chosen in grater level compared with high contrast display in mesopic illumination

Keywords: Illuminance, computer display, brightness, discomfort glare, pupil diameter.

SATURS

IEVADS	1
1. LITERATŪRAS PĀRSKATS	2
1.1 Tīklene	2
1.1.1 Tīklenes fizioloģija	2
1.1.2 Tīklenes apgaismojums	2
1.2 Ergonomika.....	3
1.2.1 Telpas apgaismojums.	3
1.2.2 Ekrāna spožums.....	4
1.3 Gaismas izkliede	5
1.4 Žilbšana un tās iedalījums.....	7
1.4.1 Redzes funkcijas pasliktinošā žilbšana.....	9
1.4.2 Diskomforta žilbšana.....	9
1.4.3 Adaptācijas žilbšana	10
1.4.4 Redzes funkciju pasliktinošās žilbšanas pamatprincipi un mehānisms.....	10
2 EKSPERIMENTĀLĀ DAĻA	13
2.1 Darba mērķis un uzdevumi	13
2.2 Pētījuma dalībnieki	13
2.3 Pētījumā izmantotās metodes un mērījumu apstākļi.....	13
2.4 Rezultāti un to analīze.....	18
2.4.1 Telpas apgaismojums	19
2.4.2 Kontrasts.....	21
2.4.3 Zilītes izmēri.....	22
SECINĀJUMI	24
NOBEIGUMS	25
PATEICĪBAS	26
IZMANTOTĀ LITERATŪRA UN AVOTI.....	27
PIELIKUMI	
1. pielikums. Anketa	

IEVADS

Mūsdienās dators un dažādi gaismu izstarojoši ekrāni ikdienā tiek izmantoti ar vien biežāk un lielākā skaitā. Gan ofisā, mācību iestādēs, ikdienas gaitās, gan mājās mēs regulāri vērojam kādu ekrānu. Ilgu laika brīdi strādājot pie datora ekrāna, cilvēks mēdz nepamanīt izmaiņas apkārt esošajā apgaismojumā. Šis mainīgais telpas apgaismojums var ietekmēt mūsu redzes sistēmu ar aprūtinātu skatīšanos uz ekrānu, kā rezultātā izjutot diskomforta sajūtu. Beidzot darbu pie datora, ir palielināts acu nogurums, kas ietekmē mūsu pašsajūtu, tādējādi veicinot palielinātu vispārējo ķermeņa nogurumu, kas arī ietekmē dienas turpmāko darbu kvalitatīvu rezultātu.

Viena no iespējām ir samazināt laika brīdi, cik daudz mēs veltām darbam ar datoru. Laba alternatīva – lietas, kuras iespējamas, paveikt bez datora palīdzības. Bet lielākoties, kā zināms, tas prasa gan vairāk laika, gan lielāku uzmanību un koncentrēšanos. Piedāvām, ļoti bieži ir sastopami arī tādi darbi, kas bez datora palīdzības mūsdienās liekās praktiski nepaveicami. Mudinot sevi uz labākas pašsajūtas iegūšanu, nenāktu par sliktu arī kāda aktīvāka nodarbe. Lai arī dienas beigās jūtamies noguruši, ir ieteicams laiku atlicināt kādai sportiskai aktivitātei. Ja ikdienā lielākoties ir ‘sēdošs’ darbs, vēlams arī jau dienas laikā ik pa brīdim tā kārtīgāk pastaipīties, izlocīties un izkustēties. Tāda veida aktivitātes palīdzēs uzturēt labu asinsriti, sirdsdarbību un ķermeņa kopējo muskuļu tonusu un balansu, tai skaitā saglabāt kvalitatīvu redzi.

Tieši tāpēc ir jāmeklē alternatīvas iespējas un faktori, ar kuriem mēs paši vēl vairāk spētu kontrolēt un kaut nedaudz ietekmēt pašsajūtas izmaiņas uz pozitīvo pusi, tādējādi atvieglojot arī mūsu redzi.

Darba mērķis: novērtēt dažādu faktoru ietekmi uz diskomforta žilbšanu gados jauniem cilvēkiem.

Darba uzdevumi:

1. Noteikt pētījuma dalībnieku subjektīvi izvēlēto patīkamāko ekrāna spožuma līmeni fotopiskos un mezopiskos telpas apgaismojuma apstākļos.
2. Noteikt dalībnieku subjektīvi izvēlēto patīkamāko augsta un zema stimula kontrasta izvēli mezopiskos telpas apgaismojuma apstākļos.
3. Novērtēt apkārtējās vides apgaismojuma spožuma ietekmi uz zīlītes izmēriem un tās ietekmi uz diskomforta žilbšanu.

Darbs tika veikts ar subjektīvo piespiedu izvēles psihofizikālo pētījuma metodi.

1. LITERATŪRAS PĀRSKATS

1.1 Tīklene

1.1.1 Tīklenes fizioloģija

Redzes sistēma sastāv no trīs daļām: (1) perifēriskās jeb uztverošās daļas, (2) informācijas pārvades ceļiem un (3) informācijas apstrādes centriem galvas smadzeņu pakauša daivā. Redzes sajūtas nodrošina informāciju par priekšmetiem, to formu un krāsu, kā arī priekšmetu novietojumu telpā un organisma novietojumu attiecībā pret tiem, lai nodrošinātu pilnvērtīgu orientēšanās spēju ārējās vides apstākļos. [1]

Redzes uztverošā daļa jeb tīklene ir iekšējais un svarīgākais acābola apvalks jeb redzes analizatora perifēriskais posms. Tā klāj visu acs vidējo jeb asinsvadu apvalku. Tīklene sastāv no triljons ļoti diferencētiem gaismjutīgiem nervaudiem jeb fotoreceptoriem – nūjiņām un vālitēm. Lai funkcionētu redzes uztvere tumšos apstākļos, noteiktā brīdī darbojās vairāki tūkstoši receptori. Bet gaišos apstākļos – vien vairāki simti gaismu uztverošie fotoreceptori. [1] [2] [3] [4]

Receptīvais lauks ir tīklenes funkcionālā pamatvienība. Tas sastāv no vairākiem fotoreceptoriem, un katrs no tiem sūta sevis uztverto informāciju uz vienu un to pašu redzes nerva šķiedru. No receptīvo lauku lieluma atkarīgs redzes asums. Tas ir, lai izšķirtu divus apskatāmā priekšmeta punktus telpā, tiem jābūt projicētiem dažādos tīklenes receptīvajos laukos. Foveā fotoreceptoru blīvums ir vislielākais. Savukārt receptīvie lauki – mazāki, nodrošinot augstāko redzes asuma vietu visā tīklenē. Apgaismojuma intensitāte ir viens no faktoriem, kas spēj ietekmēt receptīvo lauku lielumu, tādējādi arī redzes asumu. [1]

Neskaitot fotoreceptorus, tīklenē ir vairāki nervu šūnu slāņi, kuros noris pirmējā optiskās informācijas analīze – tiek novērtēta apgaismojuma intensitāte un pastiprināti robežvirsmu kontrasti. [1]

1.1.2 Tīklenes apgaismojums

Gaisma līdz tīklenei nokļūst, izejot caur acs ābola caurspīdīgajām vidēm – radzeni, priekšējās un mugurējās kameras šķidrums, lēcu, stiklveida ķermeni. Fizioloģiski normālā acī visas šīs vides sakopo gaismas starus un projicē tos tīklenes centrālajā daļā jeb foveā kā īstu, apgrieztu un samazinātu apskatāmā objekta attēlu. [1]

Tīklenes apgaismojums (E) tiek aprēķināts pēc formulas:

$$E = L * A,$$

kur

L-apskatāmā objekta spožums [cd/m^2];

A-zīlītes laukums [mm^2].

Tīklenes apgaismojuma mērvienības ir trolandi [Td].

Zīlītes laukums tiek aprēķināts pēc formulas:

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

kur

D-zīlītes diametrs [mm].

Tīklenes apgaismojums var mainīties gan no fiksējamā objekta spožuma, gan telpas apgaismojuma, kuru ietekmē izmainās acs zīlītes atvērums, tādējādi arī acī nonākušās gaismas daudzums.

1.2 Ergonomika

1.2.1 Telpas apgaismojums.

Galveno redzes funkciju – redzes asuma, krāsu un gaismas izšķirtspējas – kvalitatīva darbība galvenokārt ir atkarīga no pareiza apkārt esošā apgaismojuma. Telpas apgaismojums spēj ietekmēt cilvēka organisma pašsajūtu. Tas ir, pie laba jeb pareiza apgaismojuma tiek celts emocionālais tonuss, darbi veicās sekmīgāk, tādējādi radot mundruma sajūtu un, kopā ņemot, labu vispārīgo pašsajūtu. Savukārt, ja apgaismojums ir nepiemērots, nepietiekams, vai tieši pretēji, pārāk spožs, no piepūles virāk nogurst acis, tiek pazeminātas organisma fizioloģiskās, kā arī psihiskās funkcijas, kas rada kopēju organisma nogurumu, samazinās koncentrēšanās spēja, darbu veikšana vairs neris tik sekmīgi, un pat palielinās traumatisma iespējamība. [1] Apgaismojums (E) ir gaismas plūsma lūmenos [lm], kas krīt uz virsmas laukuma vienību [m^2]. Apgaismojums tiek mērīts luksos [lx] un aprēķināts pēc formulas:

$$E = \frac{\theta}{S}$$

kur

θ -gaismas plūsma [lm];

S-virsmas laukums [m^2].

Darba videi jābūt tādai, lai darbinieki maksimāli varētu izvairīties no ātras noguršanas, kļūdu pieļaušanas, negadījuma izraisīšanas, un justos komfortabli, pildot savus darba pienākumus. [5] Minimālā telpas apgaismojuma lielumi dažādos darba apstākļos, kādi ieteicami ergonomiskākai darba videi, atainoti *I.I.* tabulā. [6]

1.1.tabula.

Minimālie apgaismojuma līmeņi darba vietās birojos atkarībā no darba vietas un darba veida [6]

DARBA VIETAS, DARBA VEIDI	APGAISMOJUMA MINIMĀLAIS LĪMENIS VIRS DARBA ZONAS, LX
Dokumentu sistematizācija, kopēšana	300
Lasīšana, rakstīšana, mašīnrakstīšana, datu apstrāde	500
Tehniskā rasēšana (darbs pie rasējamā galda)	750
Datorizētās projektēšanas darba vietas	500
Sapulču, konferenču telpas	500
Klientu pieņemšanas vietas, reģistratūras	300
Noliktavas, arhīvu telpas	200

1.2.2 Ekrāna spožums

Spožums raksturo gaismas avota intensitāti. Ja gaismas avots ir kā spīdoša virsma, tad spožuma aprēķināšanai svarīgi ir zināt gaismas stipruma lielumu, ko izstaro gaismas avota virsmas viena laukuma vienība perpendikulārā virzienā. Spožumu (B) var aprēķināt pēc formulas:

$$B = \frac{I}{S}$$

kur

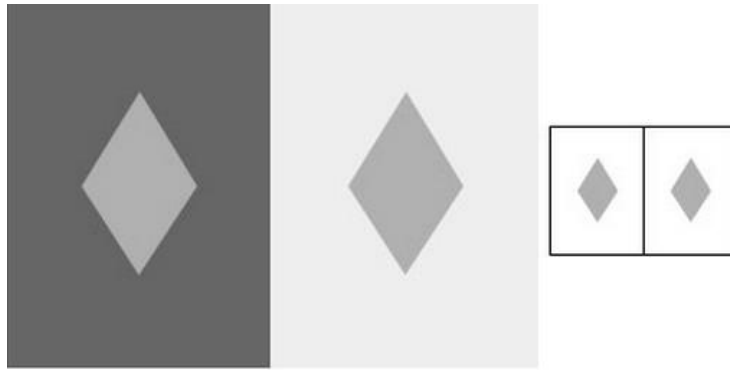
I-gaismas stiprums [cd];

S-avota virsmas laukums [m²].

Spožuma mērvienības ir kandelas uz kvadrātmetru [cd/m²].

Gan ekrāna spožumu, gan telpas apgaismojumu var nomērīt ar luksometra vai hromametra ierīcēm.

Spožuma sajūta ir subjektīvs rādītājs, kuru nevar nomērīt. To rada un var ietekmēt divu atšķirīgu blakus esošu objektu spožumi. Piemēram, ja ir dots galvenais objekts ar vienu spožuma lielumu, bet tā apkārtējais fons ir mainīgs, tad pie katra no fona stimuliem objekta spožuma sajūta arī ir atšķirīga (1.1 attēls).



1.1 attēls. Fiksētā objekta spožuma sajūta pie dažāda fona spožuma¹

Pētījumi pasaulē liecina, ka 90% cilvēku, kas ikdienā pie datora pavada vairāk par 2 stundām, saskarās ar redzi saistītām problēmām. [7] Tiem, kuri minimāli pavada 4 stundas pie datora, visi problēmu simptomi izpaužas smagākā pakāpē - ilglaicīgāk, asāk un izteiktāk. Šie simptomi var rasties saistībā ar darba vides ergonomikas problēmām, kā, piemēram, nepareizu apgaismojuma iekārtu un nepareizu to uzstādījumu, refraktīvajām kļūdām, akomodācijas noslogošanu, konverģences nogurumu, acs fizioloģisko uzbūvi, vai briļļu lēcu dizaina problēmām. Pētījuma autori paredz nozīmīgu multifokālo briļļu lietotāju skaita pieaugumu, kuri strādā ergonomiski nelabvēlīgā vidē. [8]

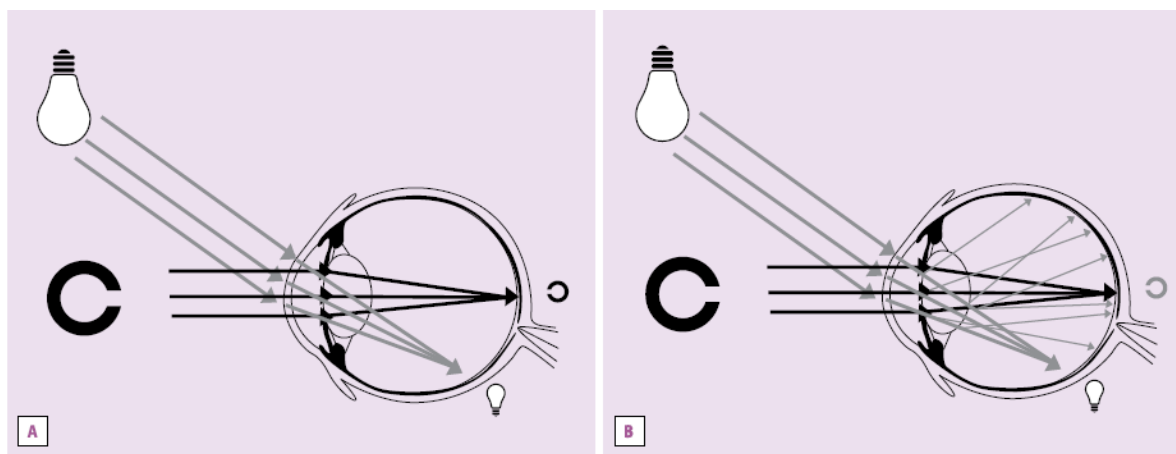
1.3 Gaismas izkliede

Redzi būtiski var pasliktināt gaismas izkliede (no angļu valodas ‘light scatter’), radot žilbšanas sajūtu.

Gaismas izkliede rodas, kad gaismas stars, nonākot nehomogēnā vidē, lūst vai atstarojās pret vidē esošajām daļiņām, kuru diametri ir daudzkārt lielāki par gaismas viļņa garumu. [9]

Intraokulārā gaismas izkliede skaidro, ka daļa no acī ienākošiem gaismas stariem uz tīklenes nepiedalās normāla attēla veidošanā. [10] Acī esošās vides nav ideāli dzidras, bet ir ar dažādiem apduļķojumiem. Rezultātā, aplūkojamā objekta fonā esošais gaismas avots ir spējīgs apgrūtināt fiksējamā objekta izšķiršanu, jo tā gaismas stari izkļūst pa tīklenes perifēro un centrālo daļu, (1.2. attēls), kas samazina attēla kontrastu. [11] Pēc kā var arī secināt – jo vairāk būs spoži un traucējoši apkārt esoši gaismas avoti, jo zemāks kļūst acī uztvertā attēla kontrasts, kā arī pazeminās acs izšķirtspēja.

¹ “*Lightness, brightness perception*” [tiešsaite] – [atsauce 24.04.2015.]. Pieejams: <http://www.purveslab.net/research/explanation/brightness/brightness.html#f1>



1.2. attēls. A – fiksācijas objekta un fonā esošā gaismas avota staru novietošanās uz tīklenes acī ar optiski ideāli dzidrām vidēm; B – fiksācijas objekta un fona gaismas staru veidošanās acī ar nedzidrām vidēm, kad gaismas avota stari ir izkliedējušies gandrīz pa visu tīklenes daļu to izgaismojot, tai skaitā foveolu, tādējādi apgrūtinot fiksējamā objekta uztveri²

Kontrasta samazinājumu fiksētajam objektam var aprēķināt ar Vēbera formulu:

$$C = \frac{(L_0 - L_f)}{L_f}$$

kur

C-stumula kontrasts;

L₀-objekta spožums;

L_f-fona spožums.

Bet, lai aprēķinātu objekta attēla kontrastu acī ar gaismas izkliedes klātbūtni, nepieciešams pieskaitīt noteiktu spožuma vērtību gan objekta spožumam, gan fona spožumam:

$$C' = \frac{(L_0 + L_i) - (L_f + L_i)}{L_f + L_i} = \frac{(L_0 - L_f)}{(L_f + L_i)}$$

kur

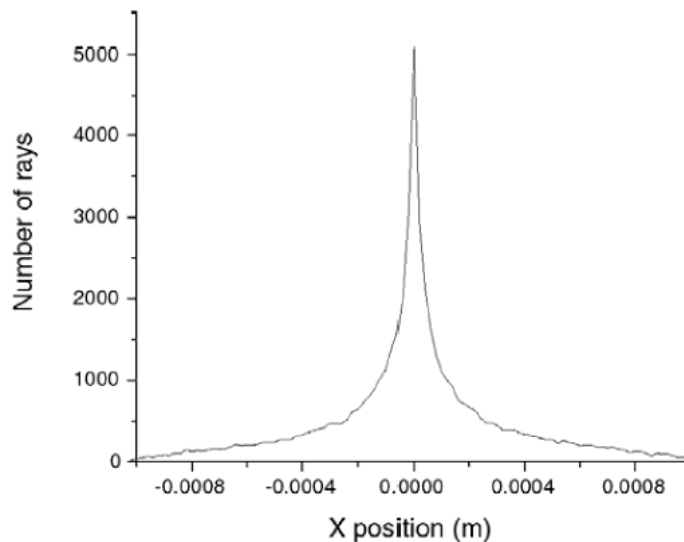
C'-kontrasts “noklīdušās” gaismas klātbūtnē;

L_i-“noklīdušās” gaismas radītais spožuma pieaugums tīklenē.

Un C' vērtība vienmēr būs mazāka par C vērtību. [11]

Ja mūsu acīs nebūtu novērojama gaismas izkliede, tad acs modelis ar acī nonākošo gaismas staru sadalījumu uz tīklenes būtu kā attēlots grafikā (1.3. attēls). Redzams, ka bez izkliedes gaismas stari tiek koncentrēti mazā tīklenes apgabalā, radot labu un kvalitatīvu attēlu. [12]

²G. Ikaunieks un M. Ozoliņš, “Testi Redzes žilbšanas stipruma novērtēšanai un to pielietojums klīniskajā praksē”, Oftalmoloģijas žurnāls 14, pp. 23-25, 2010.



1.3. attēls. Gaismas staru projicēšanās uz tīklenes acs modelī bez gaismas izkliedes³

Intraokulārā gaismas izkliede var pieaugt organismam novecojot [13], ar dažādu slimību saslimšanu, piemēram, kataraktu vai acs lēcas mugurējās virsmas membrānas šūnu izmaiņām [12], kā arī no dažādām acs traumām, tai skaitā – operācijām [14].

1.4 Žilbšana un tās iedalījums

Žilbšanu izraisa acī nonākusī gaisma, kas izkļiedējās acī un nepiedalās attēla veidošanā, bet nelietderīgi ierosina citus fotoreceptorus. [15] Bieži rodas, kad apkārt esošajā vidē ir pārāk spožs, spilgts apgaismojums, vai redzes laukā tas ir mainīgs. [4] [16] Žilbšanu izraisa, piemēram, kad viļņojoša ūdens virsma spožā dienā atstaro saules starus.

Termins ‘žilbšana’ raksturojās dažādi dažādās profesijās. Ceļu apgaismojuma inženieri šo terminu lieto, lai aprakstītu petībraucošās mašīnas priekšējo lukturu vai ielu laternu apgaismojumu. Arhitekti to pielieto, aprakstot nevēlamu apgaismojumu, kas spēj izraisīt nogurumu, kļūdas un pat negadījumus būvobjektu vidē [3] [16], un tamlīdzīgi.

Pacientiem ar kataraktu, vai kuriem ir veikta tās operācija ar intraokulāru lēcas nomaiņu, var pieredzēt vēl vairāk dažādus un izteiktākus gaismas izkliedes fenomenus, kā: nevēlami gaismas atspīdumi, halo ap gaišiem objektiem, spoži vai tumši gaismas loki, centrāli gaismas žilbinājumi. [17] [18] Šiem pacientiem saskare ar konkrēta veida gaismu ir daudz nozīmīgāka.

Žilbšanas kategoriju klasifikācija uzskatāmi atainota 1.2. tabulā.

³ I. K. Perez, N. Bruce and L. B. Valdos; “*Study of Light Scattering in the Human Eye*”, AIP Conference Proceedings, México, 2008

1.2.tabula.

Žilbšanas kategoriju iedalījums, to aprakstošie mehānismi, novērtējums un iespējamais pretpasākums situācijas uzlabošanai⁴

Žilbšanas kategorija	Mehānisms	Novērtējums	Pretpasākums
Redzes funkcijas pasliktinošā žilbšana (no ang.v. - Disability glare) (fizioloģisks faktors), kas pavājina redzamību	Acī nonākusī gaisma izkliedējās, radot gaismas 'plīvuru' uz tīklenes, kas samazina attēla kontrastu	1) Klīniska redzes žilbšanas testēšana (iekļaujot redzes asuma un kontrasta jutības samazināšanos) vai 2) acī nokļīdušās gaismas mērījumi ar psihofizikālo (compensation comparison) vai optisko (double-pass or Hartmann-Shack) metodi	Ikdienas gaitās Krāsotas jeb tonētas lēcas vai filtri nesamazina redzes žilbšanu, jo tie nepalielina attēla kontrastu. Polarizētās lēcas vai filtri var daļēji apslāpēt saules gaismu spožā dienā, kas atstarojusies no vidē sastopamām gludām horizontālām virsmām
Diskomforta žilbšana (no ang.v. - Discomfort glare) (psiholoģisks faktors), kas apgrūtina redzamību	Tīklene sūta informāciju par apstādāto gaismas signālu uz redzes pauguriem (<i>thalamus</i>), somatosensoro sistēmu vai citiem ar redzi saistītiem smadzeņu centriem kā pārāk spožu signālu	1) Subjektīvie pētījumi, kur katrs dalībnieks pēc numurētas izjūtu skalas individuāli nosaka savu diskomforta sajūtu (De Boer indekss) vai 2) apgaismojuma inženieru iepriekš sastādīts algoritms, kurā tiek novērtēta iespējamā diskomforta vidējais līmenis automobiļos, uz ceļa braucamās daļas vai dažādos celtniecības projektos	Krāsotas jeb tonētas lēcas vai filtri var samazināt spožuma radīto diskomfortu, bet tie samazina redzes kvalitāti vājā apgaismojumā

⁴ Martin A. Mainster and Patricia L. Turner; “Glare’s Causes, Consequences, and Clinical Challenges After a Century of Ophthalmic Study”; American Journal of Ophthalmology 153: pp. 587-593; 2012

Apžilbinošā žilbšana (Dazzling glare; Adaption glare; Saturation or blinding glare), kas izraisa acu samiegšanu, redzes apgrūtinājumu, nepatiku un redzamības pavājināšanos spožos apstākļos; saukts arī par 1) adaptācijas spožumu, ja noris īslaicīgi, vai 2) piesātinājuma jeb žilbinošā žilbšana, ja noris ilglaicīgi	Žilbinošā vide rada augstu apgaismojuma līmeni lielā tīklenes rajonā un kopējā apstrādātā informācija tiek sūtīta uz redzes pauguriem (thalamus), somatosensoro sistēmu vai citiem ar redzi saistītiem smadzeņu centriem	1) Subjektīvie pētījumi, kur pēc individuālā novērtējuma izvēlās savu diskomforta līmeni uz numurētas izjūtu skalas (De Boer indekss) vai 2) elektromiogrāfiska acs ābola atbilde uz spožiem tīklenes apstarojumiem	Krāsotas jeb tonētas lēcas vai filtri var samazināt spožuma radīto diskomfortu, bet tie samazina redzes kvalitāti vājā apgaismojumā
Paliekošā žilbšana (no ang.v. - Scotomatic glare; Photostress; Flashblindness), kad rodas paliekoši žilbuma elementi, kas rada redzes pavājināšanos; saukts arī par 1) fotostresu vai 2) apžilbinošo aklumu	Žilbinoša fokusēta gaisma, kas nokļuvusi uz makulas fotoreceptoriem, nepastāvīgi pavājina redzi un rada paliekošus apžilbuma elementus	Klīniskie pētījumi, kuros pacienti cieši lūkojas intensīvā gaismas avotā (luktura pildspalvas, oftalmoskopa vai kvēldiega spuldzes gaismā), pēc tam tiek izmērīts redzes atgūšanās laiks	Normālās situācijās cilvēki cenšas izvairīties no skatīšanās uz spožiem gaismas avotiem. Pretpasākumi tiek plānoti un realizēti militāriem nolūkiem

1.4.1 Redzes funkcijas pasliktinošā žilbšana

Viens no diviem primārajiem žilbšanas veidiem ir redzes funkcijas pasliktinošā žilbšana (no angļu valodas ‘disability glare’). Šī žilbšana ir uz tīklenes veidojošā attēla kontrasta zudums, kas rodas acī nonākušās gaismas izkliedes dēļ. Tas ir aprakstāms arī kā redzes asuma samazinājums, gaismai nonākot vairākās vietās uz tīklenes [19], nevis fokusējoties centrāli foveolā. Piemēram, braucot naktī, pretī nakošā transportlīdzekļa gaismas var samazināt mūsu redzamību. [20] Redzes funkcijas pasliktinošā žilbšana ļauj saprast, kāpēc rodas redzes pavājināšanās šādos apstākļos. Izklidētā gaisma un tās aprakstošie vienādojumi [21] (sīkāk aprakstīti zem 1.4.4.tēmas) sniedz citādāku un vēl specifiskāku informāciju par acs optisko daļu kvalitāti. [22]

1.4.2 Diskomforta žilbšana

Daži pacienti izjūt īstu nepatiku no acī nonākušās gaismas daudzuma, zināmu kā diskomforta žilbšanu (no angļu valodas ‘discomfort glare’). [20] To var attiecināt kā radušos nepatiku vai pat bailes no gaismas jeb fotofobiju.

Diskomforta žilbšana ir otrs no diviem primārajiem žilbšanas veidiem. Tā ir

identificējama ar sūdzībām par traucētu attēla uztveri spožas gaismas klātbūtnē [23], bet nav saistīta ar redzes pazeminājumu.

Ja redzes funkciju pasliktinošo žilbšanu viegli iespējams gan noteikt, gan nomērīt, tad diskomforta žilbšana ir grūtāk definējama, tādējādi arī konstatējama un nomērāma. [24] Tomēr ir pastāvošās metodes diskomforta žilbšanas līmeņa novērtēšanai, kas balstās uz četriem galveniem faktoriem:

- Žilbšanas radītā gaismas avota spožums;
- Gaismas avota leņķiskais novietojums pret novērotāju;
- Apkārtējās vides apgaismojums;
- Gaismas avota pozīcija redzes laukā. [25]

Ir izveidota subjektīvās izvēles diskomforta žilbšanas vērtējuma sistēma jeb "de Boer vērtību skala", kas tika ieviesta ap 1960. gadu. Skalas vērtības ir no 1 līdz 9, pēc kurām var nomērīt dalīnkieka diskomforta žilbšanas līmeni pie konkrēta apgaismojuma. Skalas nepāra skaitļi ir noraksturoti ar žilbšanas izjūtām, lai uzturētu skalas konsekvensi (de Boer indeksi: 1=nepanesams; 3=traucējošs; 5=pieņemams; 7=apmierinošs; 9=nemanāms). [24]

1.4.3 Adaptācijas žilbšana

Pastāv arī adaptācijas žilbšana. Piemēram, pametot tumšu kino zāli un ieejot gaišā telpā vai dienas gaismā, kādu laika periodu ir novērojama nosacīta redzes pavājināšanās. Tīklenes vai zīlītes refleksa patoloģiskais stāvoklis var palielināt šo redzes disfunkcijas formu. [26] Redzes adaptācija pielāgojas tam, kāds ir apkārt esošais apgaismojums un cik liels apgabals no tīklenes būs nostrādināts. Ārējā apgaismojuma līmenis būtiski ietekmē adaptācijas ātrumu: jo spožāks apgaismojums, jo adaptācijas laiks būs īsāks, pat sākot no dažām sekundēm (gaismas adaptācija); jo tumšāks apgaismojums, jo ilgāks laiks nepieciešams pielāgoties videi, mērāms minūtēs (tumsas adaptācija). [2] [3] [4] [27] Šādas pēkšņi apgaismojumu mainošas vides var apgrūtināt ikdienā veicamas darbības, par piemēru minot iebraukšanu vai izbraukšanu no tuneļa gaišajā diennakts laikā. [3] [16]

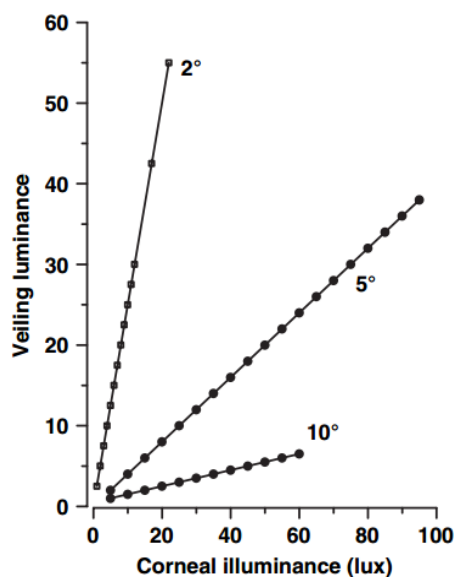
1.4.4 Redzes funkciju pasliktinošās žilbšanas pamatprincipi un mehānisms

Šī žilbšana ir saistīta ar tādu kā gaismas 'plīvura' parādīšanos cilvēka redzes priekšā. Tas vairākumā ir novērots tieši skatoties uz tuviem gaismas avotiem, nekā atrodoties tālāk no tiem. Šo žilbšanu izraisa optisko vižu defekti, kas rada barjeru no gaismas avota nākošiem

taisnajiem stariem, tādējādi mainot gaitu un aizvirzot tos prom no acs tīklenes centrālās daļas. [28]

Ir divu veidu gaismas izkliedes teorijas. Gaismas izkliedes modelis ar nosaukumu ‘Mie gaismas izkliedes teorija’ (zināma arī kā ‘Lorenz-Mie solution’) nebalstās uz gaismas viļņa garumu, un turp ejošo staru izkliede nav vienāda ar atpakaļ nākošo staru izkliedes lielumu, kā tas tiek pieņemts ‘Rayleigh gaismas izkliedes’ teorijā. [29]

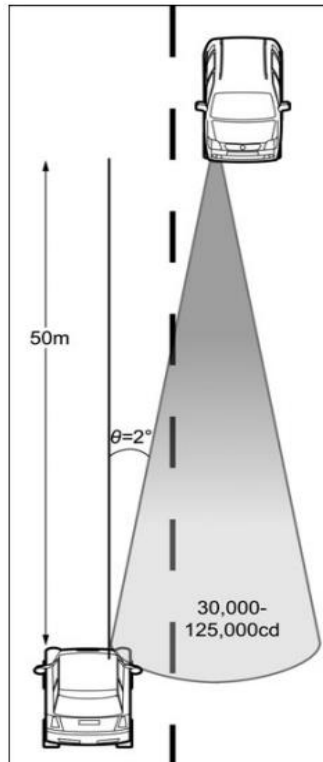
Gaisma, kas jau ir izkliedēta pirms tā nonākusi acī, var radīt redzes pazeminājumu. Piedāvām, ja ir papildus gaismas avots, kas novietots kādā leņķī no acs redzes ass, redze pavājinās vairāk, jo acī nokļuvusī gaismas izkliede arī palielinās (1.4. attēls.). Šis efekts



1.4. attēls. Gaismas ‘plīvura’ lieluma izmaiņas (lx) pēc žilbināšanas avota leņķiskā novietojuma, Θ [29]

vislabāk apraksta redzes žilbšanu. Līdzīgs efekts ir novērojams, kā jau tika minēts, ar gaismas ‘plīvuru’, kad acī ir samazināts attēla vispārējais kontrasts.

Eksperimentālie pētījumi parāda, ka gaismas ‘plīvura’ lielums [L_V] veselās acīs var tikt aprēķināts un izmantojams kā žilbšanas izmērs. Tā lielums ir atkarīgs gan no gaismas avota leņķiskā novietojuma (Θ) pret apskatāmo objektu, gan uz acs plakni krītošā gaismas daudzuma (‘plīvura’ radītais apgaismojums jeb ‘veiling luminance’). (1.5. attēls) [28]



1.5. attēls Tipiska aina ar automobiļa priekšējo lukturu izraisītu redzes žilbšanu pretī braucošajam vadītājam [29]

Formula ‘plīvura’ lieluma aprēķināšanai pēc gaismas leņķiskā novietojuma:

$$L_V(\Theta) = \frac{10E}{\Theta^2}$$

kur

E-apgaisojums no pretī nākošā automobiļa [lx],

Θ - leņķis starp redzes asi un pretī nākošā automobiļa apgaisojumu, un $1^\circ < \Theta < 30^\circ$.

Jo mazāks šis leņķis Θ , jo lielāks būs ‘plīvura’ apgaisojums. (1.4. attēls) [29]

2 EKSPERIMENTĀLĀ DAĻA

2.1 Darba mērķis un uzdevumi

Darba mērķis: novērtēt dažādu faktoru ietekmi uz diskomforta žilbšanu gados jauniem cilvēkiem.

Darba uzdevumi:

1. Noteikt pētījuma dalībnieku subjektīvi izvēlēto patīkamāko ekrāna spožuma līmeni fotopiskos un mezopiskos telpas apgaismojuma apstākļos.
2. Noteikt dalībnieku subjektīvi izvēlēto patīkamāko augsta un zema stimula kontrasta izvēli mezopiskos telpas apgaismojuma apstākļos.
3. Novērtēt apkārtējās vides apgaismojuma spožuma ietekmi uz zīlītes izmēriem un tās ietekmi uz diskomforta žilbšanu.

2.2 Pētījuma dalībnieki

Kopumā pētījumā piedalījās 40 dalībnieki. Tā daļa, kas nebija emetropi, uzdevumu veica ar savu ikdienā nēsāto korekciju (brilles vai kontaktlēcas). Daļa no iegūtajiem rezultātiem nebija nozīmīgi rezultātu atainošanā. Tie ir rezultāti no dalībniekiem, kuri nežilba un visos testos izvēlējās augstāko ekrāna spožumu, vai kuru redzes asums nebija pietiekošs uzdevuma veikšanai. Tādēļ tika atlasīti un atainoti 24 dalībnieku iegūtie mērījumu rezultāti, kuri bija vecumā no 19 līdz 26 gadiem (vidējais vecums 22,75 gadi).

2.3 Pētījumā izmantotās metodes un mērījumu apstākļi

Pirms katra eksperimenta posma dalībniekam tika paskaidrots veicamais uzdevums, izpilde un tālākā norise.

Kopumā tika veikti šādi mērījumi:

- Redzes asuma noteikšana ar standarta un apgriezta kontrasta polaritāšu stimuliem fotopiskos apstākļos.
- Augsta kontrasta stimula spožuma subjektīvā izvēle fotopiskos un mezopiskos apstākļos.
- Zema kontrasta stimula spožuma izvēle mezopiskos apstākļos.
- Acs zīlītes atvēruma fotogrāfēšana fotopiskos un mezopiskos apstākļos.

Eksperiments vienam dalībniekam ilga no 25 līdz 40 minūtēm.

Kā datora ekrāns tika izvēlēts 23 collu DELL (U2312HM) šķidro kristālu (LCD) platekrāna monitors.

Lai eksperimentā iegūtie dati būtu lietderīgi un savstarpēji salīdzināmi, tika veikta dalībnieku atbilstības atlase pēc redzes asuma noteikšanas, lai *Visus* būtu vismaz 0.5 decimālajās vienībās (0.30 logMAR). Dalībniekiem fotopiskos apstākļos monokulāri un ar nepieciešamo refrakcijas korekciju tika noteikts redzes asums ar datorprogrammas Freiburg Visual Acuity and Contrast Test (FrACT) standarta jeb negatīva Vēbera kontrasta (melns optotips uz balta fona) un apgriezta jeb pozitīva Vēbera kontrasta (balts burts uz melna fona) Landolta optotipiem (2.1. attēls). Testos Landolta gredzeni pēc atvēruma vietas tika atveidoti četros ortogonālajos virzienos (pa labi, pa kreisi, uz augšu, uz leju) un rādīti, izmantojot adaptīvo trepjveida metodi. To lielumi logaritmiski samazinājās vai palielinājās pēc pareizi vai nepareizi sniegtajām atbildēm. Viens testa cikls sastāvēja no 24 optotipiem.



2.1. attēls. Landolta optotipi (no kreisās): standarta polaritātes jeb negatīva un apgrieztas polaritātes jeb pozitīva Vēbera kontrastiem

Dalībnieki, atrodoties 3 metru attālumā perpendikulāri pret ekrānu, ar datora klaviatūras virzienu taustiņiem noteica gredzena virzienu. Piemēram, Landolta gredzena atvērums uz leju atbilda uz leju vērstajam klaviatūras bultiņas virziena taustiņam. Katrs dalībnieks veica 3 līdz 5 mērījuma ciklus katrā no testiem. Iegūtais vidējais redzes asums apgriezta kontrasta testā bija $-0,12 \pm 0,02$ logMAR un standarta kontrasta testā $-0,10 \pm 0,03$ logMAR vienībās, kas atbilda atlases nosacījumiem.

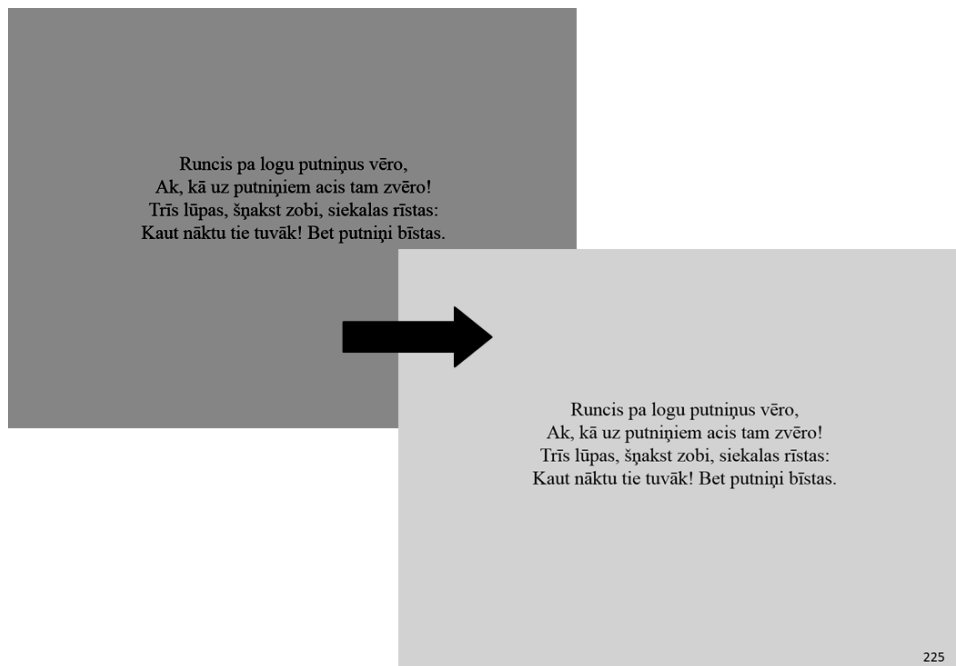
Telpas apgaismojums fotopiskos apstākļos acs plāknē bija 220 lx, mezopiskos apstākļos 1.35 lx. Apgaismojums tika mērīts ar Konica Minolta T-10 luksometru. Telpas apgaismojuma spožums fotopiskos apstākļos bija $53,0 \text{ cd/m}^2$, mezopiskos apstākļos $0,1 \text{ cd/m}^2$. Apgaismojuma spožums tika mērīts ar Minolta CS-100 hromometru.



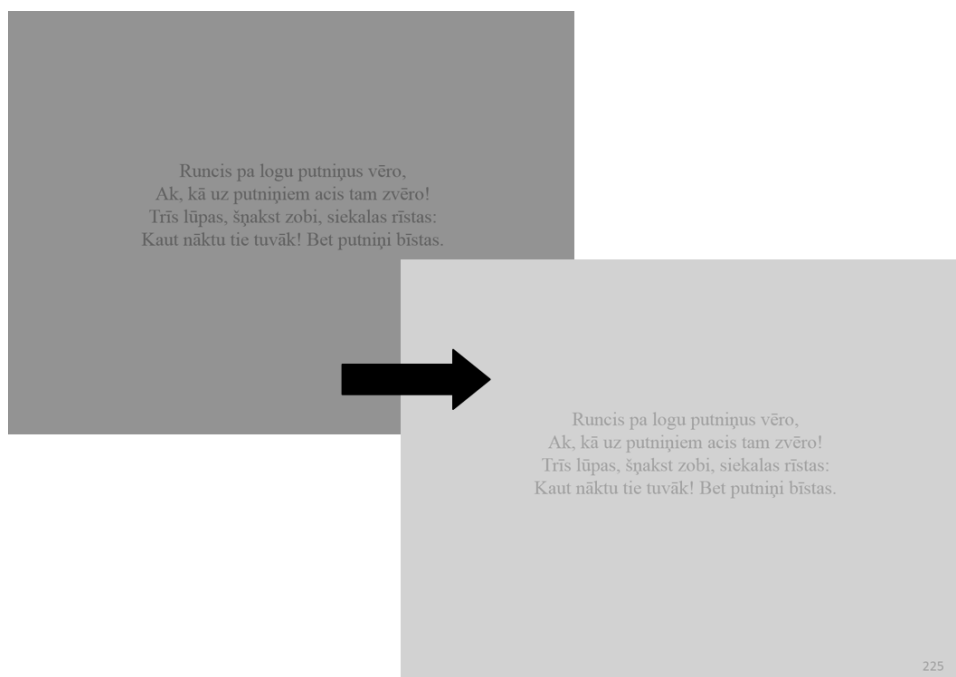
2.2. attēls. Konica Minolta T-10 luksometrs, ar kuru tika mērīts eksperimenta telpas apgaismojums fotopiskos un mezopiskos apstākļos⁵

Lai novērtētu dalībnieku diskomforta žilbšanu, tika uztaisītas divu veidu Microsoft Office PowerPoint prezentācijas – ar augstu stimula kontrastu (99%) un zemu stimula kontrastu (40%) (2.3. attēls un 2.4. attēls). Abu prezentāciju slaidi tika sakārtoti pēc ekrāna spožuma pieaugošā secībā no 0 līdz 300 cd/m^2 , ar 15 cd/m^2 soli. Slaida vidū tika centrēts pantiņš („Runcis prātnieks” dzejoļa autors: Rainis), kas sastāvēja no 4 rindiņām, rindiņā 4 līdz 7 vārdi, un burtu lielums tika izvēlēts tāds, lai *Visus* būtu vienāds ar 0.5 decimālajā sistēmā. Spožuma vērtības bija ierakstītas slaida apakšējā labajā stūrī, bet eksperimenta veikšanas laikā tas tika aizklāts, un pirms katras subjektīvi patīkamākā izvēlēta ekrāna spožuma noteikšanas prezentācijas demonstrācija tika uzsākta no cita slaida, tādā veidā mazinot iegaumēšanas varbūtību. Viss eksperiments tika veikts monokulāros apstākļos.

⁵ Konica Minolta Sensing, Singapore Pte Ltd, 2015. [Tiešsaite] - [Citēts: 27.04.2015.]. Pieejams: <http://sensing.konicaminolta.asia/products/t-10-t-10m-illuminance-meter/>



2.3. attēls. Augsta stimula kontrasta (99%) prezentācijas slaidu piemēri



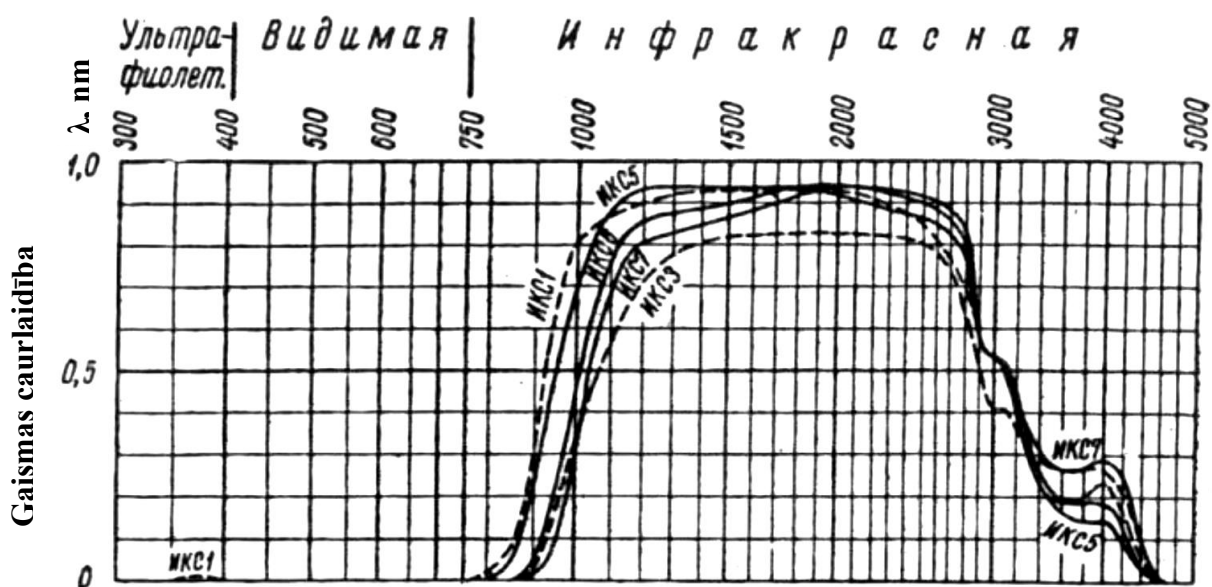
2.4. attēls. Zema stimula kontrasta (40%) prezentācijas slaidu piemēri

Augsta stimula kontrasta prezentācijā burti (99% jeb 0,99 Vēbera vienības) bija konstantais lielums, ekrāna spožums - mainīgais. Šī prezentācija tika demonstrēta gan fotopiskos, gan mezopiskos apstākļos.

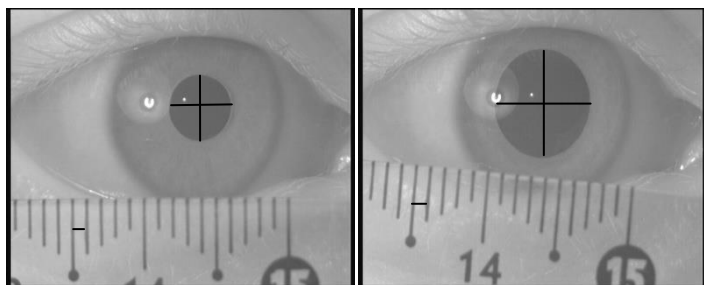
Zema stimula kontrasta prezentācijā kontrasts starp ekrāna fonu un burtiem bija konstantais lielums (40% jeb 0,4 Vēbera vienības), ekrāna spožums – mainīgais.

Dalībnieki vairākkārt (3 līdz 6 reizes) izskatīja gan augsta, gan zema kontrasta Microsoft Office PowerPoint prezentācijas, atrodoties 3 metru attālumā perpendikulāri pret ekrānu. Katram dalībniekam bija noteikts subjektīvi izvēlēties pēdējo slaidu, kas vēl neizlībina. Respektīvi, pārslēdzot nākošo slaidu, tā spožums jau liksies traucējošs.

Pēc mērījumu veikšanas gan fotopiskos, gan mezopiskos telpas apgaismojuma apstākļos pie augsta stimula kontrasta ekrāna un viena spožuma lieluma (75cd/m^2) tika fotogrāfēta acs, pie tās novietojot metriskās sistēmas lineālu (2.6. attēls) zīlītes lieluma mērīšanai, ar CCD kameru un IKS5 filtru, kas uztver gaismas viļņus infrasarkanā starojuma diapazonā (2.5. attēls) un uzlabo attēla kvalitāti, galvenokārt, tumšos apstākļos.



2.5. attēls. Filtra IKS5 infrasarkanās gaismas caurlaidība (y ass) atkarībā no viļņa garuma (nm) (x ass). Filtrs absorbē absolūti visu redzamās gaismas starojuma spektru (no 400 – 750 nm), taču laiž cauri infrasarkanās staru diodes starojumu. [30] CCD kameras no citām kamerām galvenokārt atšķiras ar tehniskiem parametriem, sensoru un procesora ātrumu. [31] Tas ļauj iegūt zīlītes kvalitatīvus acs zīlītes attēlus, galvenokārt, tumšos apstākļos



2.6. attēls. Ar CCD kameru uzņemtie eksperimenta dalībnieku acs attēli (no kreisās) fotopiskos un mezopiskos apstākļos, un šo attēlu apstrāde Paint programmā

Zīlītes izmēru aprēķināšanai milimetros tika izmantota Paint datorprogramma. Attēlā tika nomērīts taisnā virzienā horizontālais un vertikālais zīlītes platums pikseļos (px), aprēķināta vidējā vērtība, un tā izdalīta ar lineāla 1 milimetra izmēru pikseļos.

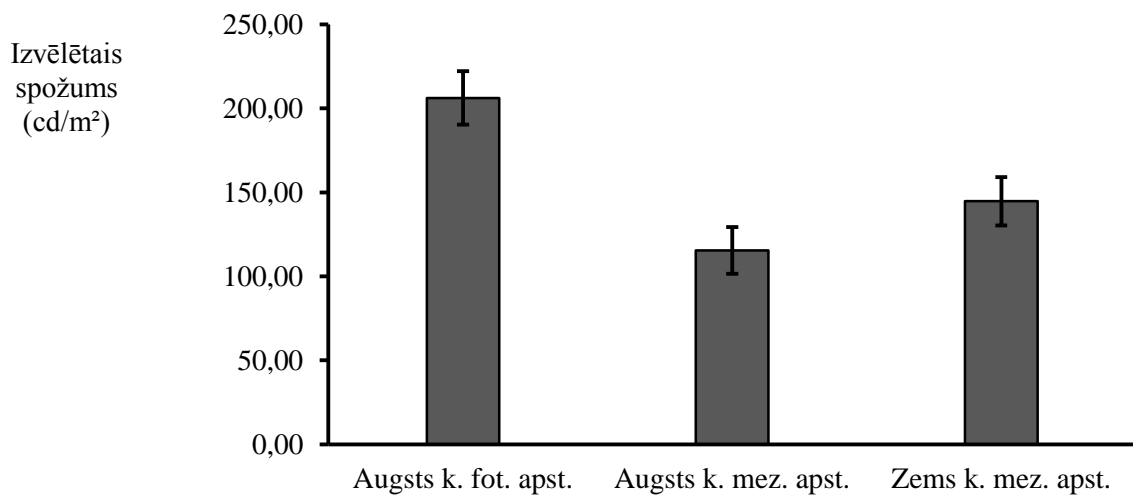
2.4 Rezultāti un to analīze

Pētījuma dalībnieki monokulāros apstākļos subjektīvi izvēlējās patīkamāko gan augsta (99%), gan zema (40%) stimula kontrasta ekrāna fona spožumu dažādos apkārtējās vides apgaismojuma spožumos (fotopiskos apstākļos 53 cd/m^2 jeb 220 lx un mezopiskos apstākļos $0,1 \text{ cd/m}^2$ jeb 1.35 lx).

Parādās tendence, ka samazinoties apkārt esošās vides apgaismojumam, pētījuma dalībnieki izvēlās zemāku ekrāna fona spožumu. Tas rāda, ka diskomforta žilbšana pastiprinās, ja atšķirība starp ekrānu un apkārtējo apgaismojumu palielinās. Vidējā vērtība subjektīvi izvēlētam augsta kontrasta (99%) stimula ekrāna spožumam fotopiskos apstākļos ir $206,19 \pm 15,89 \text{ cd/m}^2$, un mezopiskos apstākļos vidējā vērtība ir $115,42 \pm 13,90 \text{ cd/m}^2$, savukārt zema kontrasta (40%) stimula mezopiskos apstākļos iegūtā vidējā vērtība ir $144,76 \pm 14,39 \text{ cd/m}^2$ (2.7. attēls).

Ar T testu tika noteikts, ka pastāv statistiski būtiska atšķirība ($p < 0,001$) starp iegūtajiem augsta kontrasta stimula datiem fotopiskos un mezopiskos apstākļos. Vidējo vērtību starpība starp šiem lielumiem ir $90,77 \text{ cd/m}^2$. Statistiski būtiska atšķirība ir arī starp subjektīvi izvēlēto augsta kontrasta stimula fona spožumu fotopiskos apstākļos un zema kontrasta stimula fona spožumu mezopiskos apstākļos ($p = 0,0017$)

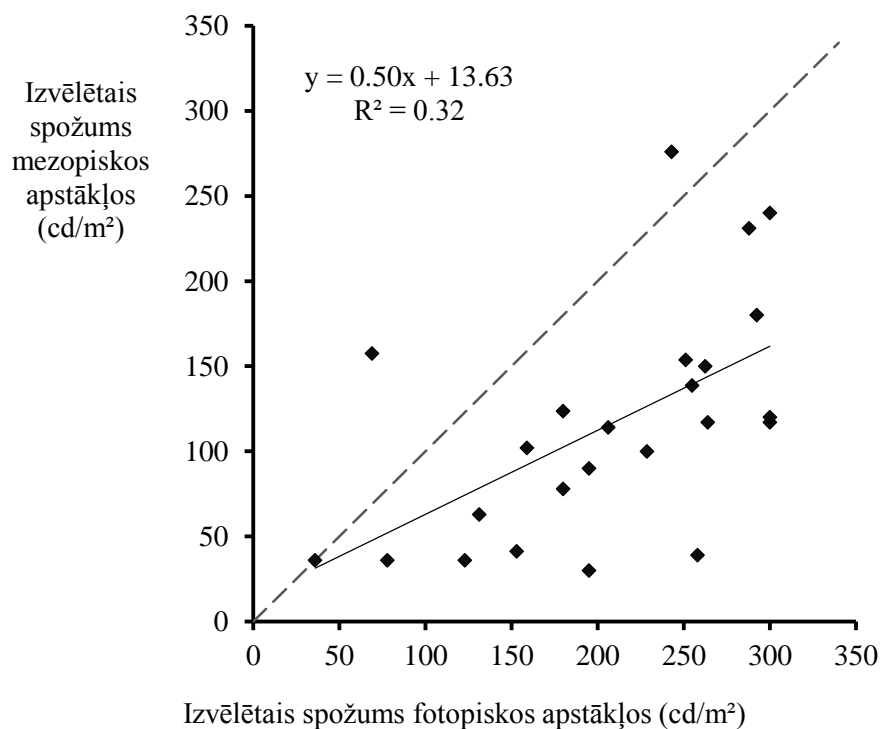
Salīdzinot mezopiskos apstākļos augsta kontrasta (99%) stimula prezentācijā iegūtos datus ar zema kontrasta (40%) stimula prezentācijas datiem, ir novērojams vidējās vērtības pieaugums zema kontrasta stimula datiem. T tests uzrāda statistiski būtisku atšķirību šiem abiem mērījumu datiem ($p < 0,01$). (sīkāk skaidrots zem tēmas 2.4.2.Kontrasts)



2.7. attēls. Iegūtās dalībnieku vidējās vērtības subjektīvi izvēlētam augsta kontrasta (99%) stimula ekrāna spožumam fotopiskos ($206,19 \pm 15,89 \text{ cd/m}^2$) un mezopiskos ($115,42 \pm 13,90 \text{ cd/m}^2$) apstākļos, un zemā kontrasta ekrāna spožuma vidējā vērtība ($144,76 \pm 14,39 \text{ cd/m}^2$) mezopiskos apstākļos. Telpas apgaismojuma spožums acs plaknē fotopiskos apstākļos 53 cd/m^2 , mezopiskos apstākļos $0,1 \text{ cd/m}^2$

2.4.1 Telpas apgaismojums

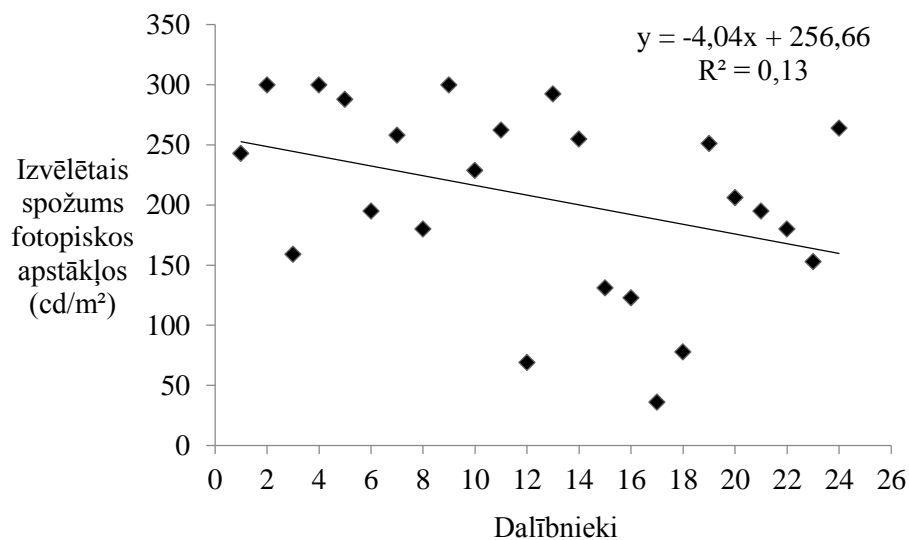
Vidējā vērtība augsta kontrasta (99%) stimula subjektīvajā izvēlē lielākai daļai dalībnieku ir augstāka fotopiskos apstākļos (53 cd/m^2). Determinācijas koeficients ($R^2=0,32$) parāda, ka pastāv vidēji liela savstarpējā korelācija ($R=0,57$), un tā ir pozitīva. Tas ir, palielinoties cilvēka izvēlētam ekrāna spožumam fotopiskos apstākļos, palielināsies arī izvēlētais spožums mezopiskos apstākļos. Grafikā attēlota lineārā funkcija ($y=0,50x+13,63$) un rezultātu uzskatāmībai arī novilkta bisektrise ($x=y$), kas rāda perfektu sakritību starp abiem lielumiem. (2.8. attēls)



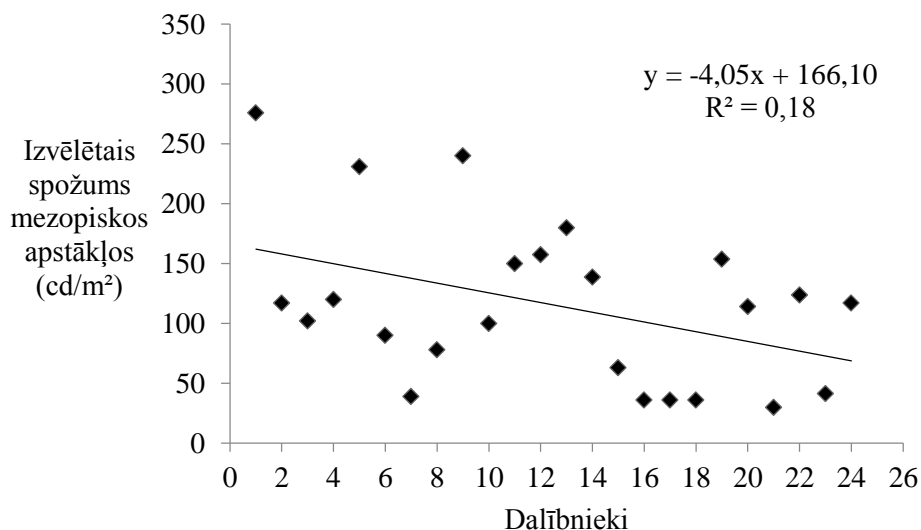
2.8. attēls. Katra dalībnieka subjektīvi izvēlēta augsta stimula kontrasta (99%) patīkamākā ekrāna spožums, gan mezopiskos (0,1 cd/m²), gan fotopiskos (53 cd/m²) apstākļos (R = 0,57; R>0; p <0,001, T tests)

Pēc 2.8.grafika var spriest, ka lielākoties dalībnieki cenšas izvēlēties mazāku spožuma atšķirību starp apkārtējo vidi un ekrāna fona spožumiem, lai mazinātu diskomforta žilbšanas rašanos un citas iespējamās negatīvās sekas ilgtermiņā.

2.9.attēlā un 2.10.attēlā atainoti dalībnieku rezultāti pie augsta kontrasta stimula fotopiskos un mezopiskos apstākļos. Grafikos izvēlētajam spožumam tendence ir kristies, ko uzrāda grafiku raksturlīknes vienādojuma slīpuma koeficients (2.9.attēls) (fotopiskos apstākļos -4,04x; mezopiskos apstākļos -4,05x), un abos grafikos korelācija ir vāja (fotopiskos apstākļos R=0,36; p<0,001; mezopiskos apstākļos R=0,42; p<0,001, T tests).



2.9.attēls. Katra dalībnieka subjektīvi izvēlētais patīkamākais augsta kontrasta (99%) stimula spožums fotopiskos (53 cd/m²) apstākļos ($R = 0,36$; $R < 0$; $p < 0,001$ T tests)

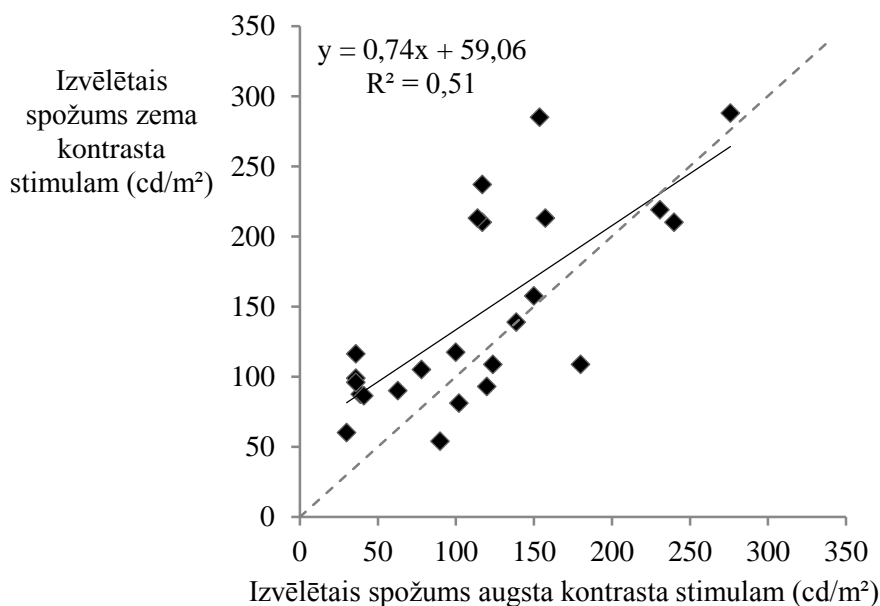


2.10. attēls. Katra dalībnieka subjektīvi izvēlētais patīkamākais augsta kontrasta(99%) stimula spožums mezopiskos (0,1 cd/m²) apstākļos ($R = 0,42$; $R < 0$; $p < 0,001$ T tests)

2.4.2 Kontrasts

Normā cilvēkam gaišā telpā kontrastjutība ir laba. Tumšā telpā tā samazinās, paliek arvien grūtāk uztvert abus stimulus, jo sevišķi zema kontrasta stimulus. Tādējādi, lai atvieglotu šo situāciju, kopējais telpas un ekrāna fona apgaismojums būtu jāpalielina (ko eksperimentā varēja paveikt ar ekrāna fona spožumu - mainīgo lielumu). Bet, palielinot

kopējo apgaismojumu, palielinās arī žilbšana, radot lielāku atšķirību starp abiem spožumiem. Ilgstoši šādi strādājot, palielinātā diskomforta sajūta var radīt palielinātu nogurumu.

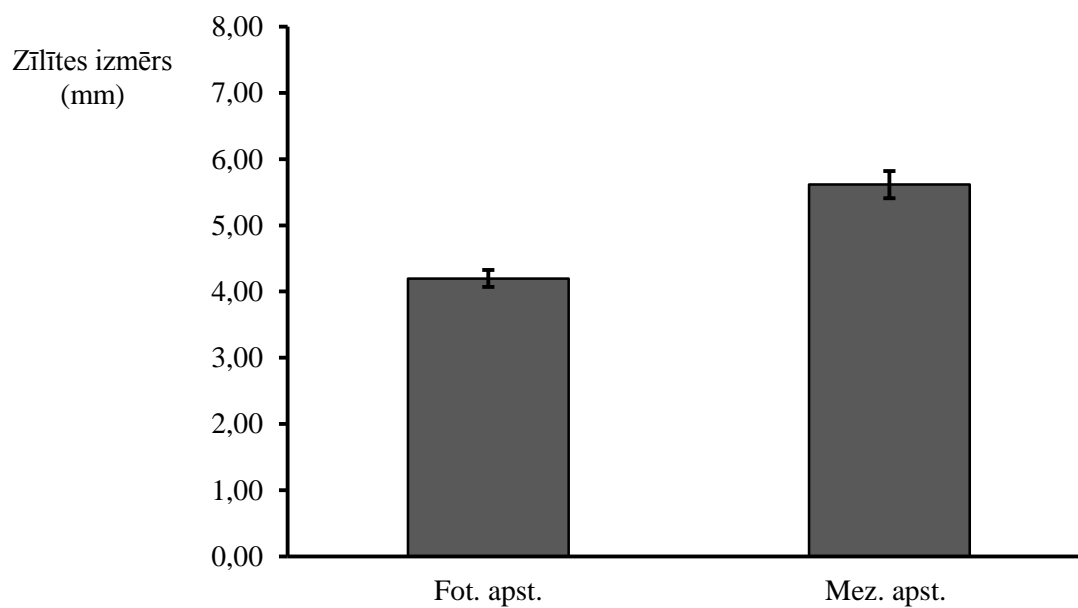


2.11.attēls. Augsta kontrasta (99%) stimula (uz x ass) un zema kontrasta (40%) stimula (uz y ass) subjektīvi patīkamākā ekrāna spožuma izvēle katram dalībniekam mezopiskos (0,1 cd/m²)apstākļos (R=0,71; R>0; p=0,01)

Tā kā žilbšana stimula uztveri ietekmē vairāk pie zema kontrasta (40%) stimula fona, attiecīgi tas parādās eksperimenta dalībnieku vidū (2.11.attēls). Pastāv augsta korelācija (R=0,71) starp augsta un zema kontrasta stimulu datiem. Grafikā attēlota lineārā funkcija ar nepārtrauktu līniju ($y=0,74x + 59,06$) un rezultātu uzskatāmībai arī novilkta bisektrise ar pārtrauktu līniju ($x=y$). Tā kā lineārā funkcija un grafika bisektrise krustojās, tiek atainots, ka daļa no dalībniekiem izvēlējās vai tādu pašu spožumu, vai tomēr lielāku spožuma vērtību pie augsta kontrasta stimuliem. Tumšās telpas apgaismojuma spožuma un zema kontrasta stimula spožuma vidējās vērtības attiecība 0,1 : 144,76.

2.4.3 Zīlītes izmēri

Mezopiskos apstākļos (1.35 lx) dalībnieku zīlītes izmēri vidēji ir $5,62 \pm 0,21$ mm, un fotopiskos apstākļos (220 lx) vidēji $4,20 \pm 0,13$ mm (2.12. attēls). Savstarpējā zīlītes izmēru korelācija ir ļoti vāja (R=0,16). Korelācija starp spožuma izvēli un zīlīti praktiski nepastāv (fotopiskos apstākļos ļoti vāja korelācija R=-0,05; mezopiskos apstākļos vāja korelācija R=0,27). Tāpēc zīlītes izmērs nav būtiskākais faktors diskomforta žilbšanas novērtēšanā.



2.12. attēls. Dalībnieku zīlītes diametra vidējais lielums fotopiskos ($4,20 \pm 0,13$ mm) un mezopiskos ($5,62 \pm 0,21$ mm) apstākļos ($p < 0,001$, T tests). Ekrāna spožums acs plaknē fotopiskos apstākļos bija 53 cd/m^2 , mezopiskos apstākļos $0,1 \text{ cd/m}^2$

SECINĀJUMI

1. Samazinot vides apgaismojumu (no 380 lx uz 0.06 lx), pētījuma dalībnieki izvēlējās zemāku ekrāna fona spožumu. Tas rāda, ka diskomforta žilbšana pastiprinās, ja ir lielāka atšķirība starp ekrāna un apkārtējās vides spožumiem.
2. Mezopiskos apstākļos (vides fona spožums $0,1 \text{ cd/m}^2$) dalībnieki pie zemāka stimula kontrasta (40%) izvēlējās augstāku ekrāna fona spožumu, nekā pie lielāka stimula kontrasta (99%). Lielāka spožuma attiecība ($0,1 : 144,76$) starp ekrānu un apkārtni palielina diskomforta žilbšanu. Līdz ar to, lasot zema kontrasta tekstu, redze nogurs ātrāk, nekā lasot pie optimāla ekrāna fona spožuma. [32]
3. Samazinoties vides apgaismojumam, palielinās zīlītes izmēri. Rezultāti starp izvēlēto optimālo ekrāna spožuma līmeni un zīlītes diametru uzrāda zemu korelāciju (fotopiskos apstākļos $R=-0,05$; mezopiskos apstākļos $R=0,27$). Zīlītes diametrs nav galvenais faktors, kurš ietekmē dalībnieku optimālo spožuma līmeni.

NOBEIGUMS

Gan mērķis, gan galvenie bakalaura darba uzdevumi tika izpildīti veiksmīgi. Darbā apstiprinājās literatūrā minētie fakti par diskomforta žilbšanu dažādu faktoru ietekmē. Šī tēma ir ļoti nozīmīga darba vides ergonomikā, un apstrādātie dati var palīdzēt labākas darba vides pilnveidošanā. Kā arī, turpmākos eksperimentos ieteiktu iegūtos mērījumu rezultātus papildināt ar dalībnieku lielāku apjomu, lai redzētu iespējamo citādāku rezultātu izskatu, vai apvienot ar citu veidu mērījumiem. Kā piemēru var minēt vēl vienu mūsu nodaļā izstrādāto darbu, kurā ir apskatīts cilvēka vecums kā faktors uz diskomforta žilbšanu. [33]

Darbs ir izstrādāts ESF projekta „Redzes pārslodzes fizioloģijas pētījumi un redzes stresa diagnostikas metodikas izstrāde” Nr.2013/0021/1DP/1.1.1.2.0/13/APIA/VIAA/001 ietvaros.

PATEICĪBAS

Izsaku pateicību bakalaura darba vadītājam Gatim Ikauniekam par piedāvāto ideju darba tēmas izvēlē, kā arī ar noderīgiem ieteikumiem un vērtīgiem padomiem, gan informācijas meklēšanā, gan rezultātu apstrādē. Paldies.

Izsaku pateicību Evijai Gulbinskai par izpalīdzēšanu datu apjoma pieaudzēšanā.

Lielu paldies veltu saviem kursabiedriem un draugiem par sava brīvā laika veltīšanu un atsaucīgu piedalīšanos manā eksperimentā, kā arī ģimenei par atbalstu un izpalīdzību.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA UN AVOTI

1. **Baumane, Kristīne.** “Redze un brilles”. Rīga : SIA “Nacionālais medicīnas apgāds”, 2002.
2. **Porkorny J, Smith VC.** *Visual acuity and contrast sensitivity*. London : Elsevier Publishers, 2006, Retina , Vols. 4th ed, Chapter 10, pp. 209-225.
3. **DA, Schreuder.** *Outdoor Lighting: Physics, Vision and Perception*. Berlin : bez nos., 2008. gada, Springer Science + Business Media, lpp. 250-311.
4. **Wordenweber B, Wallaschek J, Boyce P, Hoffman D.** *Automotive Lighting and Human Vision*. Berlin : s.n., 2010, Springer Verlag, pp. 265-300.
5. **Kim, Wonwoo, Han, Hyunjoo and Kim, Jeong Tai.** The position index of a glare source at the borderline between comfort and discomfort (BCD) in the whole visual field. 2008, *Building and Environment*, Vol. 44, pp. 1017–1023.
6. **Latvijas Brīvo arodbiedrību savienība. Labklājības ministrija.** [Tiešsaiste] Valsts Darba Inspekcija, 2010. gada. [Citēts: 2015. gada 7. maijā.] <http://www.vdi.gov.lv/files/osha/ergonomikadarba.pdf>.
7. **C, Salibello and E., Nilsen.** Is there a typical VDT patient? A demographic analysis. 66, 1995, *Journal of the American Optometric Association*, pp. 479–83.
8. **HAYES, John R., et al.** Computer Use, Symptoms, and Quality of Life. 8, 2007, *Optometry and Vision Science*, Vol. 84, pp. 739-745.
9. **V.Branka, J.Krūņš, P. Puķītis.** *Fizika 12.klasei; 2.Optika*. Rīga : bez nos., 1997. lpp. 57.
10. **Van den Berg, T. J.** Importance of pathological intraocular light scatter for visual disability. 1986, *Documenta Ophthalmologica* 61, pp. 327–333.
11. **Ikaunieks, G. un Ozoliņš, M.** Testi Redzes žilbšanas stipruma novērtēšanai un to pielietojums klīniskajā praksē. 2010. gada, *Oftalmoloģijas žurnāls* 14, lpp. 23-25.
12. **Perez, I. Kelly, Bruce, N.C. and Valdos, L.R. Berriel.** Study of Light Scattering in the Human Eye. México : American Institute of Physics, 2008. AIP Conference Proceedings. Vol. 992, pp. 75-80.
13. **Mellerio, J.,** *Vision Research*, 1971,11, pp. 129-141.
14. **U.S. Food and Drug Administration.** Products and Medical Procedures. What are the risks and how can I find the right doctor for me? [Online] September 6, 2014. <http://www.fda.gov/MedicalDevices/ProductsandMedicalProcedures/SurgeryandLifeSupport/LASIK/ucm061354.htm>.

15. **Luckiesh M, Holladay LL.** Glare and visibility: a resume of the results obtained in investigations of visual and lighting conditions involving these factors. New York : s.n., 1925, *Transactions of the Illuminating Engineering Society* 20(3), pp. 221-247.
16. **PR, Boyce.** Lighting for Driving: Roads, vehicles, Signs and signals. Florida : s.n., 2009, *CRC Press*, pp. 1-371.
17. **JA, Davison** Positive and negative dysphotopsia in patients with acrylic intraocular lenses.. 2000, *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 26, pp. 55-1346.
18. **Aslam TM, Dhillon B, Tallentire VR, Patton N & Aspinal P.** Development of a forced choice photographic questionnaire for photic phenomena and its testing – repeatability, reliability and validity. 2004, *Ophthalmologica* 218, pp. 10-402.
19. **DD, Koch.** Glare and contrast sensitivity testing in cataract patients. 1989, *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 15, pp. 64 - 158.
20. **TJ, Van der Berg.** On the relation between glare and straylight., 1991, *Documenta Ophthalmologica* 78, pp. 81-177.
21. **J, Westheimer G & Liang.** Influence of ocular light scatter on the eye's optical performance. 1995. gada, *Journal of the Optical Society of America A-Optics & Image Science* 12, lpp. 24-1417.
22. **TJ, Van der Berg.** Analysis of intraocular straylight, especially in relation to age. 1995, *Optometry & Vision Science* 72, pp. 9-52.
23. **P., Boyce.** Human Factors in Lighting. New York: *Taylor and Francis*. 2, 2003.
24. **Sweater-Hickcox, K, et al.** Effect of different coloured luminous surrounds on LED discomfort glare perception. 45, New York : *Lighting Research & Technology*, 2013.
25. **CE, Waters, RG, Mistrick and CA, Bernecker.** Discomfort glare from sources of nonuniform luminance. 24, 1995, *Illuminating Engineering Society*, Vol. 2, pp. 73-85.
26. **Van der Berg TJ, JK IJ & de Waard PW.** Dependence of intraocular stray light on pigmentation and light transmission trough the ocular wall. 1991. gada, *Vision Reasearch* 31, lpp. 7-1361.
27. **DW, Kline.** Light, ageing and visual performance. ed. *The Susceptible visual Apperatus*. London: : s.n., 1991, Macmillian Press, pp. 150-161.
28. **JJ, Vos.** On the cause of disability glare and its dependence on glare angle, age and ocular pigmentation. 2003. gada, *Clinical and Experimental Optometry* 86, lpp. 70-363.
29. **Aslam TM, Haider D and Murray IJ.** Principles of disability glare measurement: an ophthalmological perspective. 2007. gada, *Acta Ophthalmologica Scandinavica* 85, lpp. 355.
30. **Piskunovs, V.** Tīklenes apgaismojuma izmaiņas atkarībā no stimula izmēra un krāsas. Rīga : LU Fizikas un matemātikas fakultāte, 2009, *darbs sagatavots publicēšanai*.

31. **Ieskaties.lv.** Teleskopu piederumi; CCD kameras. [Tiešsaiste] SIA "Omicron", 2015. gada. [Citēts: 2015. gada 20. Maijā.]
http://www.ieskaties.lv/category/Teleskopu_piederumi/CCD__Kameras_/10/98/1.
32. **Sheedy, James E., Smith, Rob and Hayes, John.** Visual effects of the luminance surrounding a computer display. 9, Columbus : Taylor & Francis, July 15, 2005, *Ergonomics*, Vol. 48, pp. 1114-1128.
33. **Gulbinska, E.** Subjektīvi patīkamākais ekrāna spožuma līmenis atkarībā no vecuma un telpas apgaismojuma. LU Fizikas un matemātikas fakultāte. Rīga: Latvijas Universitāte, *darbs sagatavots publicēšanai*.

PIELIKUMI

1. pielikums. Anketa

LABORATORIJAS DARBS SPOŽUMA UZTVERE UN ACS ZĪLĪTE

Datums _____

Students: _____

Darba uzdevums

Novērtēt, cik lielā mērā acs zīlītes diametrs ietekmē komfortablāko ekrāna spožuma līmeni pie dažādiem telpas apgaismojumiem un kā mainās tīklenes apgaismojums, mainoties telpas apgaismojumam

Tīklenes apgaismojumu T (mēra trolandos (td)) aprēķina:

$$T=L*A$$

L - spožums objektam, uz kuru skatās (cd/m^2)

A - zīlītes laukums ($A=\pi r^2$) (mm^2)

Rezultāti

Telpas apgaismojums gaismā lx

Telpas apgaismojums tumsā lx

1.prezentācija (const=burtu krāsa)

2.prezentācija (const=kontrasts)

Zīlītes diametrs

Zīlītes diametrs

Tīklenes apgaismojums

Tīklenes apgaismojums

N.P.K.	Spožums cd/m^2
	tumsā
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
	gaismā
1	
2	
3	
4	
5	

N.P.K.	Spožums cd/m^2
	tumsā
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
	gaismā
1	
2	
3	
4	
5	

Secinājumi (secinājumos norādiet, vai patīkamākā spožuma līmeni ietekmē acs zīlītes diametra izmaiņas un kā mainās tīklenes apgaismojums, mainoties telpas apgaismojumam).

Bakalaura darbs “Ekrāna radītas diskomforta žilbšanas atkarība no telpas apgaismojuma” izstrādāts LU Fizikas un matemātikas fakultātē.

Ar savu parakstu apliecinu, ka pētījums veikts patstāvīgi, izmantoti tikai tajā norādītie informācijas avoti un iesniegtā darba elektroniskā kopija atbilst izdrukai.

Autors: Alise Belcāne

Rekomendēju/nerekomendēju darbu aizstāvēšanai

Vadītājs: docents, Dr. phys. Gatis Ikaunieks

Recenzents: docents, Dr. phys. Vitolds Grabovskis

Darbs iesniegts Optometrijas un redzes zinātnes nodaļā _____

Dekāna pilnvarotā persona: metodiķe Dzintra Holsta

Darbs aizstāvēts bakalaura gala pārbaudījuma komisijas sēdē

_____. protokola Nr. _____

Komisijas sekretārs, docents, Dr.phys. Pēteris Cikmačs