

DARBA AIZSARDZĪBAS PRASĪBAS, STRĀDĀJOT AR OPTISKO STAROJUMU



IEVADS

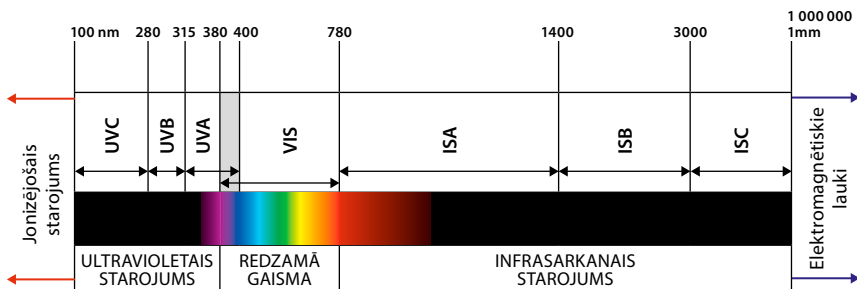
Darba vidē sastopami ļoti dažādi riska faktori, tomēr ne visi no tiem mums ir pietiekami labi pazīstami. No vienas puses, tādi faktori kā troksnis vai nelaimes gadījumu risks ir viegli identificējami un novēršami, no otras puses, ir virkne darba vides riska faktoru, kuri, neraugoties uz to, ka ir sastopami jebkurā darbavietā, ir mazāk zināmi. Tieši pie šādiem faktoriem pieskaitāms optiskais starojums, tas noteikti ir viens no izplatītākajiem darba vides riska faktoriem – ar to saskaras jebkurš, tomēr par tā noteikšanu un novērtēšanu ikdienā parasti neiedomājamies.

Šī materiāla mērķis ir informēt darba aizsardzības speciālistus un darba devējus par svarīgākajām darba drošības un veselības aizsardzības prasībām, saskaroties ar optisko starojumu.

Papildu informāciju iespējams meklēt Eiropas Komisijas publicētajā *Nesaistošajā labas prakses rokasgrāmatā par Direktīvas 2006/25/EK īstenošanu (maksīgais optiskais starojums)*, kas tiešsaistes versijā pieejama internetā arī latviešu valodā.

KAS IR OPTISKAIS STAROJUMS

Ar optisko starojumu (OS) saprot ne tikai redzamo gaismu, bet plašāku daļu no kopējā elektromagnētiskā (EM) starojuma spektra diapazona – ar viļņu garumu no 100 nm līdz pat 1 mm. Šo spektru iedala sīkāk mazākos diapazonos (1. attēls).



1. attēls. Optiskā starojuma iedalījums

Tomēr OS gadījumā atšķirības starp blakus esošiem diapazoniem nereti ir mazāk būtiskas nekā atšķirības starp koherentu starojumu (lāzestarojumu) un nekoherentu jeb nevienmērīgu starojumu (visiem citiem starojuma avotiem, kas nav lāzēri). OS ir viena no mūsu dzīvībai nozīmīgākajām plašā elektromagnētiskā spektra daļām, jo pasauli mēs galvenokārt uztveram ar redzi (redzamo gaismu), citi fizikālās iedarbības veidi pārsvarā ir mazāk nozīmīgi.

Optiskā starojuma iedalījums:

- infrasarkanais starojums (IS);
- redzamā gaismā (VIS);
- ultravioletais starojums (UV).

Kā redzams 1. attēlā, tad mazāka viļņu garuma un atbilstoši lielākas enerģijas virzienā OS robežojas ar jonizējošo EM starojumu, taču jāsaprot, ka šī robeža ir nosacīta un arī daļa no salīdzinoši enerģijas bagātā UVC starojuma noteiktos apstākļos arī var izraisīt dažu vielu jonizāciju. Elektromagnētisko starojumu optiskajā diapazonā parasti raksturo ar viļņa garumu, kas atšķiras no EM lauka, kur izmanto galvenokārt frekvenci un jonizējošo starojumu, un kur starojuma raksturošanai pierasts izmantot kvanta enerģiju, kas izteikta keV vai MeV. Viļņu garumu parasti izsaka nanometros (nm). 1000 nm atbilst metra miljonajai daļai jeb vienam mikrometram.

Savukārt zemo enerģiju un mazākas frekvences un lielāka viļņu garuma virzienā OS robežojas ar EM laukiem, kur arī robeža ir nosacīta.

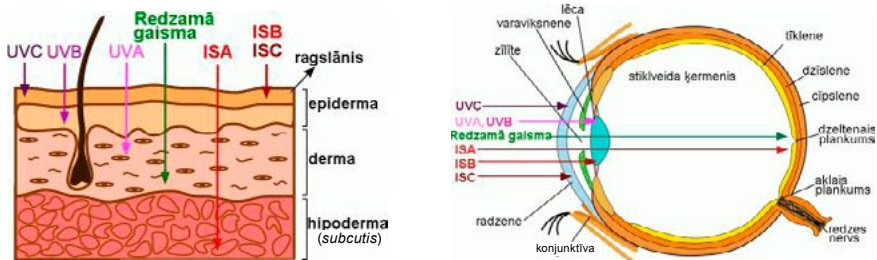
ES minimālās darba aizsardzības prasības, strādājot ar OS, ir noteiktas ar 2006. gada 5. aprīļa Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīvu 2006/25/EK *Par veselības un drošības minimālajām prasībām attiecībā uz darba ņēmēju pakļaušanu riskiem, ko izraisa fizikāli faktori (mākslīgais optiskais starojums)* (19. atsevišķā direktīva Direktīvas 89/391/EEK 16. panta 1. punkta nozīmē), kuras prasības Latvijā transponētas MK noteikumos Nr. 731 **“Darba aizsardzības prasības nodarbināto aizsardzībai pret mākslīgā optiskā starojuma radīto risku darba vidē”** (pieņemti 30.06.2009. (turpmāk **Noteikumi**)). Kā redzams no abu dokumentu nosaukumiem, tad tiek reglamentētas tikai prasības mākslīgajam OS, bet par dabisko OS (galvenokārt no Saules nākošo) direktīvā un Noteikumos netiek runāts, tāpēc aizsardzība no dabiskā OS jāveic, balstoties uz Darba aizsardzības likumu, kaut arī aizsardzības pamata pieeja, protams, ir vienota.

Mākslīgais OS jau sen vairs nav tikai apgaismojums, ko dod elektriskie gaismas ķermeņi (agrāk tika izmantotas arī gāzes lampas), izkausēti (metāli, stikls) vai degoši materiāli. Tehnoloģiju attīstība un inovācijas, piemēram, lāzeri, gaismu emitējošas diodes (LED), jau vairāk nekā 40 gadus ir padarījušas optisko starojumu par dažādu procesu būtisku sastāvdaļu.

Jebkura veida optiskais starojums, ja tā intensitāte un iedarbības laiks ir pietiekami liels, var radīt kaitējumu veselībai. Ir pierādīts, ka Saules UV starojums ir ar lielu kaitējuma potenciālu, un tāpēc pieņemts, ka bieža atrašanās Saulē bez aizsarglīdzekļiem palielina risku saslimt ar kādu no ādas vēža veidiem. Arī pārmērīga solāriju lietošana mākslīgā UV starojuma dēļ paaugstina ādas vēža risku. Taču, ja solārija klienta gadījumā tā ir viņa brīva izvēle – apzināti pakļaut savu ādu potenciāli kaitīgam UV starojumam, tad attiecībā uz solārijos nodarbinātajiem darba devējs ir atbildīgs, lai tiktu veikts darba vides riska novērtējums un nepieciešamības gadījumā atbilstoši preventīvie pasākumi. Dažu lāzeriekārtu starojuma intensitāte var būt tik liela, ka tā tieša iedarbība var radīt ne tikai akūtu acu vai ādas bojājumu, bet arī dziļāko audu bojājumus, tos gan izdedzinot, gan pat sagraujot, jo impulsu lāzeru jauda var būt tik liela, ka dzīvās šūnas tā iedarbībā burtiski uzsprāgst, to sastāvā esošajam ūdenim acumirkļīgi pārvēršoties tvaikos.

Taču jāatceras, ka parasti saimnieciskajā darbībā izmantotajam OS ir virspusēja iedarbība, tātad potenciāli apdraudētie orgāni, ja OS iedarbība pārsniegs Noteikumos norādītos lielumus (eksponēcijas robežvērtības vai t. s. aroda eksponēcijas robežvērtības (AER)), būs āda un acis (protams, ar nosacījumu, ja netiek izmantoti konkrētajai situācijai atbilstoši aizsardzības pasākumi). Tomēr, lai varētu spriest par to, kāda konkrēti būs OS iedarbība, ir jāzina, ka tā iespējamās dziļums ādā un acīs ir atkarīgi no viļņa garuma jeb konkrētā diapazona. 2. attēlā redzams, ka UVC un UVB viļņi ādā parasti netiek tālāk par epidermu un tikai UVA sasniedz arī īsto ādu jeb dermu. Savukārt redzamā gaisma caurstaro visu dermu, bet

visdziļāk ādā iespiežas ISA starojums, turpretī ISB un ISC absorbējas virskārtā. Arī acī UVC OS spēj ietekmēt tikai acs ārējos orgānus priekšējā daļā, UVB jau sasniedz lēcu, bet UVA spēj pat iziet cauri acs lēcai. Bez redzamās gaismas tiklīni sasniedz arī ISA starojums, bet problēma ir tā, ka to mēs neredzam un tāpēc varam arī nereaģēt, piemēram, ja acis pēkšņi iespīd pārāk spilgtā gaisma.



2. attēls. Optiskā starojuma iespīšanās dziļums audos (pa kreisi – ādā, pa labi – acī)

Savukārt OS radītie iespējamie bojājumi shematiski parādīti 3. attēlā.

Spektra apgabals		UVC	UVB	UVA	Redzamā gaisma	ISA	ISB	ISC
Viļņu garums		100 nm		400 nm	700 nm	1400 nm	3000 nm	1 mm
Iedarbība		Fotoķīmiska;			Termiska			
Acs	Ciplene	Iekaisums			Apdegums			
	Radzene Lēca Tiklene	Iekaisums Katarakta			Katarakta			
Āda		Priekšlaicīga novecošanās Pastiprināta pigmentācija DNA bojājumi			Apdegums			

3. attēls. Optiskā starojuma nevēlamā iedarbība uz ādu un acīm

Noteikumos teikts, kā veicama OS iedarbības noteikšana un ar šo iedarbību saistītā riska novērtēšana un pamatprincipi, kas jāievēro, veicot optiskā starojuma radītā riska novērtēšanu vai samazināšanu, un ka darba devējam ir pienākums veikt to nodarbināto obligāto veselības pārbaudi, kuri pakļauti OS, kas pārsniedz AER. Noteikumos nav paredzēti izņēmumi kāda atsevišķa veida OS avotiem, tāpēc darba devējam darba vides riska novērtējumā ir jāiekļauj visi darba vidē esošie mākslīgā OS avoti. Tomēr vienlaikus jāatceras, ka OS mērījumi ir pats pēdējais solis, ja cita pieeja OS avotu bīstamības novērtēšanā ir izrādījusies nepietiekama.

2013. gadā Starptautiskā komisija aizsardzībai pret nejonizējošo starojumu (*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection – ICNIRP*) ir izdevusi jaunas vadlīnijas par lāzeru radiācijas iedarbības ierobežošanu viļņu garumu diapazonā starp 180 nm un 1000 μm un par iedarbības robežlīmeņiem nekoherentam redzamajam un infrasarkanajam

starojumam. Tomēr šajā materiālā nodarbināto aizsardzības jautājumi apskatīti, balstoties tikai uz Noteikumu pieeju, kurā vēl nav ņemtas vērā jaunākās ICNIRP vadlīnijas, jo tās nav ietvertas arī ES direktīvā 2006/25/EK.

Kā redzams 2. un 3. attēlā, OS iedarbība uz organismu ir atkarīga arī no viļņa garuma jeb optiskā starojuma kvantu (fotonu) enerģijas. Tāpēc Noteikumos OS iedarbības riska novērtēšanai tiek izmantotas dažādas bioloģiskās iedarbības relatīvās spektrālās efektivitātes funkcijas atbilstoši tam OS, kura ietekmei tiek pakļauta nodarbinātā āda vai acis.

UV starojuma novērtēšanai parasti tiek izmantotas vairākas bioloģiskās iedarbības relatīvās spektrālās efektivitātes funkcijas: pirmā no tām – $S(\lambda)$ – raksturo visu parastos apstākļos darba aizsardzībai nozīmīgā UV starojuma iedarbību (no 180 līdz 400 nm), bet pārējās tiek izmantotas, lai raksturotu UVA (no 315 līdz 400 nm) starojuma iedarbību uz acs lēcu. Lai novērtētu ultravioletā starojuma un redzamās gaismas diapazona fotoķīmisko iedarbību uz tīklieni, tiek izmantota tā saucamā “zilās gaismas” bioloģiskās iedarbības relatīvās spektrālās efektivitātes funkcija $B(\lambda)$, bet redzamās gaismas un tuvā infrasarkanā starojuma radītā fototermiskā riska novērtēšanai tiek izmantota bioloģiskās iedarbības relatīvās spektrālās efektivitātes funkcija $R(\lambda)$. Tāpat atsevišķi apskatīt redzamās gaismas iedarbību Noteikumu izpratnē nav korekti, jo parastajiem gaismas avotiem, kas nav lāzeri, gandrīz vienmēr līdz ar starojumu redzamajā diapazonā ir arī starojums vai nu UV, vai IS diapazonā, vai pat abos (izņēmums ir tikai gaismas diožu jeb LED avoti, kur iespējami gadījumi, kad cita diapazona starojumu var ignorēt).

Tā kā pie viļņu garumiem virs 1400 nm vienīgais būtiskais OS iedarbības mehānisms ir termiskā iedarbība, tad nekoherentajam (atbilstoši Noteikumos lietotajai terminoloģijai – “neviendabīgajam”) starojumam robežvērtības Noteikumos nav dotas, jo ISB un ISC starojuma izraisītā siltuma efekta dēļ pārmērīga apzināta tuvošanās ir izslēgta. Tomēr AER arī šajos diapazonos ir dotas lāzeriem, jo to starojums ir norobežots. Tāpēc cilvēks nav spējīgs novērtēt potenciālo bīstamību, kamēr nav nokļuvis lāzera starojuma iedarbības laukā, bet tad tas var būt jau par vēlu, ņemot vērā iespējamo tiešo lāzera stara iedarbību.

Noteikumos teikts, ka ikvienam darba devējam savā darba vides riska novērtējumā ir jāiekļauj informācija par iespējami bīstamajiem OS avotiem un jāizvērtē šo avotu radītā riska lielums. Noteikumos tiek minēti arī vispārīgie darba aizsardzības pasākumi gadījumiem, ja pastāv iespēja, ka AER varētu tikt pārsniegtas. Lai samazinātu vai pilnībā novērstu OS radīto risku, vispirms ir jāapsver, vai nav iespējams mainīt darba metodes vai izmantoto aprīkojumu. Ja tas nav iespējams, tad jāapsver, kādus **tehniskos pasākumus** iespējams veikt, piemēram, izmantot aizsargekrānus vai starojuma automātiskas izslēgšanas ierīces, ja ierīces tuvumā nonāk kāda persona. Savukārt, veicot metināšanas darbus, arvien plašāk izmanto sejšegus, kas ļoti ātri (dažās sekundes tūkstošdaļās) maina OS caurlaidību, ja starojuma intensitāte pieaug, tā droši pasargājot gan acis, gan arī sejas ādu, jo elektrometināšanā parasti darba procesā rodas visi OS veidi.

Ja tomēr ar tehniskajiem pasākumiem nepietiek, tad darba devējam ir jāapsver, kādi **organizatoriskie pasākumi** būtu iespējami, piemēram, darba vietu iekārtojuma uzlabojums, aprīkojuma apkopes, OS iedarbības ilguma un, ja iespējams, arī līmeņa ierobežošana. Veicot metināšanas darbus, darba devējam būtu jānodrošina, lai to tuvumā nebūtu neviena ar to ne-saistīta persona, bet citām klāt esošajām personām jābūt adekvātiem aizsardzības līdzekļiem tāpat kā metinātājam.

Jāsaprot, ka prioritāšu sarakstā individuālajiem aizsardzības līdzekļiem ir viszemākā prioritāte, tomēr darba devējam ir jānosaka to preventīva lietošanas kārtība, lai darbinieks

būtu pasargāts arī neparedzētās situācijās, piemēram, tehniska defekta vai avārijas gadījumā. Darba vietās, kur nav iespējams nodrošināt, ka netiek pārsniegta AER, jāizvieto atbilstošas drošības zīmes, nepieciešamības gadījumā papildinot tās ar paskaidrojošiem uzrakstiem. Piemēram, ja kādā telpā iespējama nokļūšana lāzera stara darbības zonā, tad pie telpas durvīm var izvietot piemērotas brīdinājuma un rīkojuma zīmes (4. attēls).



4. attēls. Brīdinājuma zīme 4.10. “Lāzera stars” (pa kreisi) un rīkojuma zīme 6.1. “Jālieto aizsargbrilles” (pa labi)

MK noteikumos Nr. 400 *Darba aizsardzības prasības drošības zīmju lietošanā* (pieņemti 03.09.2002.) nav noteiktas īpašas zīmes, lai brīdinātu tikai par optisko starojumu, tāpēc var lietot brīdinājuma zīmi 4.12. *Nejonizējoša radiācija vai starojums* ar informatīvu uzrakstu. Tomēr pastāv iespēja lietot arī tādas drošības zīmes, kas nav minētas šajos noteikumos, bet kas plaši tiek izmantotas citās ES valstīs (5. attēls).



5. attēls. Brīdinājuma zīmes “Nejonizējoša radiācija vai starojums” (pa kreisi), “Optiskais starojums” (vidū) un brīdinājuma zīme “Ultravioletais starojums” (pa labi)

Jāatceras, ka, lietojot jebkuru no šīm zīmēm, darba devējam ir jānodrošina, lai visas personas (nodarbinātie, apmeklētāji u. c.), kas varētu nonākt vietās, kur tiek izmantotas šīs drošības zīmes, būtu informētas par to nozīmi.

ULTRAVIOLETAIS STAROJUMS

UV starojums ir elektromagnētiskā spektra daļa, kas atrodas starp redzamās gaismas diapazonu un jonizējošo starojumu, daļēji pārklājoties ar tiem (1. attēls).

Sīkāk UV starojumu iedala trijās lielās grupās ar šādiem viļņu garumiem:

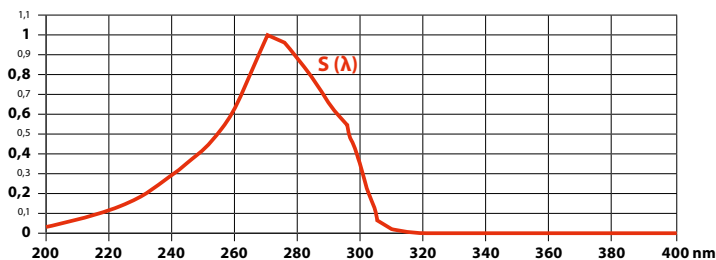
- UVA (viļņu garums $\lambda = 315\text{--}400$ nm);
- UVB (viļņu garums $\lambda = 280\text{--}315$ nm);
- UVC (viļņu garums $\lambda = 100\text{--}280$ nm).

Ja UV starojuma viļņa garums ir mazāks par 180 nm, tad tas gandrīz pilnībā absorbējas gaisā. No darba aizsardzības viedokļa OS, kura viļņa garums ir mazāks par 180 nm, parasti nerada būtisku risku, un gan direktīvā 2006/25/EK, gan Noteikumos novērtēšanas dati doti tikai OS ar $\lambda \geq 180$ nm. Tomēr jāatceras – ja UV viļņa garums ir mazāks par 250 nm, tad starojuma enerģija ir pietiekama, lai sagrautu oglekļa atomu saites, tāpēc galvenais uzdevums ir nepieļaut situācijas, kurās augsti enerģētiskais (ar mazu viļņa garumu) UV starojuma avots būtu novietots pārāk tuvu nodarbinātajiem, lai izslēgtu tā enerģētiskās daļas iedarbību.

UV starojums parasti tiek iegūts, vai nu termiski ierosinot atomus cietās vielās (izkausētā stiklā) un kausējumos vai arī saduroties elektroniem gāzēs (tvaikos).

Lai novērtētu UV starojuma iedarbību, parasti izmanto šādus lielumus:

- Izstarojumu E , kas ir OS avota jauda uz virsmas laukumu, uz kuru krīt šis OS. Izstarojuma mērvienība SI sistēmā ir W/m^2 (izstarojumu reizēm sauc arī par jaudas blīvumu, nevis enerģijas blīvumu).
- OS iedarbību jeb dozu H , kas ir izstarojuma reinājumus ar laiku. OS dozas mērvienība ir $W \times s/m^2$ jeb J/m^2 .
- Tā kā ir svarīgi, tieši kā OS iedarbojas uz cilvēku, tad izmanto lielumu $S(\lambda)$, kas raksturo relatīvo spektrālo jutību atkarībā no konkrētā viļņa garuma λ . Bet tiek izmantotas arī citas liknes, kas raksturo iedarbību atkarībā no viļņa garuma, piemēram, eritēmās iedarbības novērtēšanas likni, kas ir konservatīvi vienkāršota $S(\lambda)$, kā arī UVA novērtēšanas likni. Citiem OS diapazoniem izmanto arī citas spektrālās iedarbības novērtējuma funkcijas, piemēram, funkciju $B(\lambda)$ izmanto, lai novērtētu t. s. "zilās gaismas" iedarbību diapazonā no 300 līdz 700 nm, ietverot ne tikai redzamo gaismu, bet arī visu UVA un pat daļu UVB.



6. attēls. Spektrālā novērtējuma funkcija atbilstoši ICNIRP UV2004 (Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelengths between 180 nm and 400 nm (incoherent optical radiation)). $S(\lambda)$ vērtības viļņu garumiem no 180 līdz 400 nm, solis 1 nm (Noteikumu 1. pielikuma 1.2. tab.)

OS avota izmērtais spektrs ir jāizvērtē, ņemot vērā piemērojamo spektrālās jutības likni:

$$E_{\text{eff}}(\lambda) = E(\lambda) \times S_{\text{biol}}(\lambda), \quad (1)$$

kur

$E_{\text{eff}}(\lambda)$ – efektīvā OS avota jauda, ja viļņa garums ir λ ;

$E(\lambda)$ – OS starojuma jauda (izstarojums), ja viļņa garums ir λ ;

$S_{\text{biol}}(\lambda)$ – OS relatīvā bioloģiskā iedarbība, ja viļņa garums ir λ .

Kopējo efektīvo OS jaudu iegūst summējot visus konkrētajā gadījumā esošos viļņu garumus, piemēram:

$$E_{\text{eff}} = \sum_{\lambda = 180 \text{ nm}}^{\lambda = 400 \text{ nm}} E(\lambda) \times S_{\text{biol}}(\lambda) \times \Delta\lambda \quad (2) \quad \text{un} \quad H_{\text{eff}} = E_{\text{eff}} \times \Delta t \quad (3)$$

Tā kā UVA gadījumā relatīvā jutība visā diapazonā ir 1, tad izteiksme kļūst vienkāršāka:

$$\begin{aligned} \lambda &= 400 \text{ nm} \\ E_{\text{UVA}} &= \sum E(\lambda) \times \Delta\lambda \quad (4) \quad \text{un} \quad H_{\text{UVA}} = E_{\text{UVA}} \times \Delta t \quad (5) \\ \lambda &= 315 \text{ nm} \end{aligned}$$

UV starojuma iedarbības spektrālo novērtējuma funkciju $S(\lambda)$ izmanto, lai noteiktu iedarbību uz acīm un ādu diapazonā no 180 līdz 400 nm. Ja tiek pārsniegtas Noteikumos dotās ekspozīcijas robežvērtības, tad iespējami gan radzenes un cīpslenes bojājumi un iekaisumi, gan arī acs lēcas caurspīdīguma samazināšanās (saduļķošanās). Savukārt ādai var rasties apdegums (eritēma) kā akūta reakcija, bet ilgstošā laikā UV starojuma iedarbība var veicināt ādas novecošanos un izraisīt dažādus ādas audzējumus. Turklāt iespējamas arī fototoksiskas reakcijas un fotoalerģijas izveidošanās. Noteikumu 1. pielikuma 1.1. tabulā noteikta ekspozīcijas robežvērtība $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J/m}^2$. Tā kā tā attiecas uz 8 stundu darba dienu, tad, pieņemot, ka šajā laikā UV starojums visu laiku ir nemainīgs, var iegūt, ka izstarojums E_{eff} nedrīkst pārsniegt 1 mW/m^2 .

Savukārt spektrālo novērtējumu UVA izmanto acs lēcas aizsardzībai. Saņemtā doza darba dienas (8 stundu) laikā nedrīkst pārsniegt 10000 J/m^2 , tas nozīmē, ka starojuma jaudas blīvums E_{UVA} nedrīkst pārsniegt 347 mW/m^2 .

Noteikumos gan netiek pieprasīts, bet darba aizsardzības speciālistam tomēr, ievērojot piesardzības principu un to, ka nodarbināto reakcija uz OS var būt atšķirīga, būtu jāizvērtē kopējās H_{eff} ko darbinieks saņem ilgākā laika posmā, papildu normēšanas nepieciešamība, ja dienu no dienas tiek strādāts apstākļos, kur ekspozīcijas robežvērtība ERV gan nav pārsniegta, tomēr ir lielāka par trešo daļu no tās. Piemēram, Vācijā tiek izmantota H_{eff} gada robežvērtība 4000 J/m^2 , lai izvairītos no varbūtēja ilglaicīgas iedarbības kaitējuma ādai un acīm.

Biežākās darba vietas un darba veidi, kur sastopams UV starojums

Pēdējo gadu desmitu laikā aizvien pieaug UV starojuma izmantošana dažādās nozarēs. Piemēram, UV starojumu izmanto, lai paātrinātu laku, krāsu un saistvielu polimerizāciju. Šim nolūkam tiek izmantotas jaudīgas iekārtas, kas patērē līdz pat vairākiem kW enerģijas. Tomēr, raugoties no nodarbināto aizsardzības viedokļa, vēl aizvien lielāka nozīme ir tādām darbavietām, kurās UV starojums vienlaikus ir neatņemama un nevēlama blakusparādība, kā, piemēram, loka metināšana.

Skaistumkopšanas nozarē UV starojums tiek izmantots solārijos, kā arī nagu lakas un mākslīgo nagu cietināšanā. UV starojuma baktericīdās īpašības izmanto dezinfekcijas lampās. UV starojumu izmanto arī insektu pievilināšanai īpašās lamatās.

Tipiskākie darbi, darba procesi vai jomas, kurās nodarbinātie var tikt pakļauti UV iedarbībai:

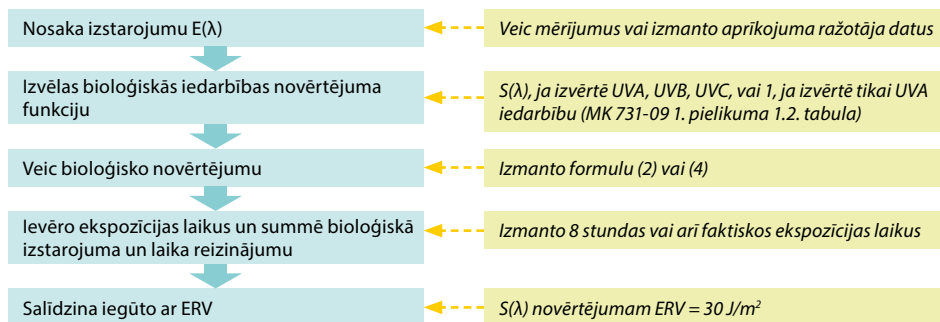
- Elektriskā loka metināšana un materiālu griešana ar elektrisko loku;
- Laku un krāsu žāvēšana (fiksācija) ar UV stariem;
- Tādu līmju izmantošana, kas sacietē UV staru iedarbībā;
- Plaisu pārbaude metāla detaļās;
- Darbs pie kopēšanas un apgaismošanas ierīcēm;
- Marķējumu vizualizācija;
- Gāzes liesmas izmantošana;
- Dezinfekcija ar UV stariem;

- Fotooksidācija;
- Zobārstniecība;
- Solāriji.

Tāpat kā vadlinijās, arī šeit jāuzsver, ka šis uzskaitījums nebūt nav uzskatāms par izsmelošu un var būt daudzas citas darbavietas un darba procesi, kurās UV starojums tiek lietots vai nu apzināti, vai arī tas ir tehnoloģiskā procesa sastāvdaļa.

UV starojuma radītā darba vides riska novērtējuma soļi un novērtējuma piemērs

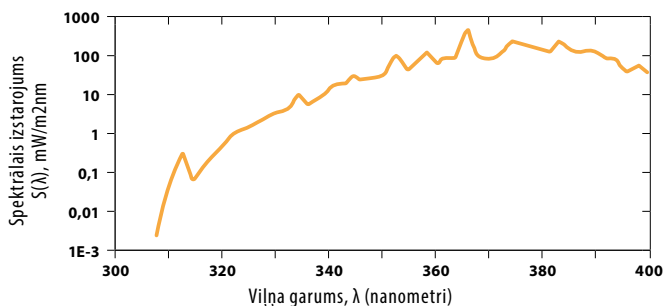
Lai veiktu darba vides riska – UV starojuma – novērtējumu, izšķirošs ir sākotnējais solis – jānoskaidro, kāds ir izstarojums pa viļņu garumiem diapazonā, kuram tiek veikts novērtējums.



7. attēls. UV starojuma novērtēšanas soļi ar paskaidrojumiem

Jāteic, ka 7. attēlā dotā shēma ir vienkāršāka, ja mērījumiem izmanto nevis spektrometrisku iekārtu, bet gan integrējošu aparatūru, kas parasti rezultātu rāda kā bioloģiski novērtētu izstarojumu (jaudas blīvumu) mēriekārtas darbības diapazonā. Tad, aparāta uzrādīto izstarojumu pareizinot ar ekspozīcijas laiku, uzreiz var iegūt ar AER salīdzināmu rezultātu. Tādā gadījumā ar mēraparātu iegūto rezultātu var salīdzināt arī ar attiecīgajam diapazonam aprēķināto izstarojuma maksimāli pieļaujamo vērtību, kas visa UV gadījumā ir aptuveni 1 mW/m^2 .

Izmantojot 7. attēlā doto shēmu, piemērā aprakstīts novērtējums darba vietai, kurā nodarbinātais tiek pakļauts tiešai UV starojuma ietekmei, kuru rada 100 W solārija lampa. Pieņemsim, ka ir veikts izstarojuma spektrālais mērījums (8. attēls).



(Avots: www.atvva.at)

8. attēls. 100 W solārija lampas spektrālais izstarojums

Izmantojot iegūto spektrālo 100 W solārija lampas izstarojumu un $S(\lambda)$ novērtējuma funkciju (Noteikumu 1. pielikuma 1.2. tabula) un UVA novērtējuma funkciju (kas vienāda ar 1 visā UVA diapazonā), iespējams iegūt, ka E_{eff} ir $0,637 \text{ mW/m}^2$, savukārt E_{UVA} ir $5,98 \text{ W/m}^2$.

Pieņemot, ka faktiskais UV apstarojumam pakļautais laiks darba dienas laikā ir divas stundas jeb 7200 s, sareizinot iegūstam $H_{\text{eff}} = 4,59 \text{ J/m}^2$, bet $H_{\text{UVA}} = 43056 \text{ J/m}^2$.

Salīdzinot ar Noteikumu 1. pielikuma 1.1. tabulā dotajām AER, iespējams konstatēt, ka pēc izvērtējuma $S(\lambda)$ AER, kas ir 30 J/m^2 , nav pārsniegta, toties pēc izvērtējuma UVA AER, kas ir 10000 J/m^2 , ir pārsniegta. Tātad darba devējam jāveic aizsardzības pasākumi, lai panāktu, ka AER netiek pārsniegta, lai izslēgtu UV starojuma inducētas kataraktas veidošanos. Viena no iespējām ir samazināt ekspozīcijas laiku.

Maksimālo pieļaujamo ekspozīcijas laiku (laiku, kurā nodarbinātais drīkst atrasties tiešā 100 W UV solārija lampas ietekmē) var noteikt, izmantojot sakarību:

$$t_{\text{max}} = \text{ERV}/E_{\text{biol}} \quad (6),$$

kur E_{biol} – izstarojuma bioloģiskais ekvivalents, kas iegūts, izmantojot atbilstošu bioloģiskās iedarbības relatīvo spektrālās efektivitātes funkciju.

Tāpēc situācijā, kad UVA apstarojuma dēļ (iedarbība uz acs lēcu) tiek konstatēts robežvērtību pārsniegums, jāizmanto E_{UVA} . Ievietojot atbilstošās vērtības formulā (6), varam iegūt, ka maksimālais nodarbinātā atrašanās ilgums konkrētās solāriju lampas iedarbības zonā ir 1672 sekundes jeb 27,9 minūtes.

Aizsardzības pasākumi pret UV iedarbību

Atbilstoši darba aizsardzības pamatprincipiem, kolektīvie aizsardzības pasākumi ir primāri, salīdzinot ar individuālajiem, kas ir vērsti tikai uz vienu konkrētu personu. No tā izriet, ka UV apstarojuma gadījumā vispirms ir jāapsver tehniskie pasākumi, piemēram, pilnīga vai daļēja ekranēšana vai UV avota automātiska izslēgšanās, ja starojumam pakļautajā zonā nonāk kāda persona. Tikai pēc tam jāizvērtē organizatorisko darba aizsardzības pasākumu lietderība, piemēram, ekspozīcijas laika samazināšana, attāluma palielināšana līdz UV avotam vai drošības zīmju izmantošana. Ja tehniskie un organizatoriskie pasākumi nenodrošina AER ievērošanu, tad jāizmanto atbilstoši individuālās aizsardzības līdzekļi (IAL). Acu aizsardzībai lietojamas piemērotas aizsargbrilles (ja jānodrošina tikai aizsardzība no UV starojuma, var izmantot standartiem EN 170 vai EN 172 atbilstošas aizsargbrilles), sejsēgi, kas vienlaikus kalpo sejas ādas un acu aizsardzībai, piemēram, automātiskie metinātāju sejsēgi, kā arī visu ķermeni nosedzošs UV necaurļaidīgs apģērbs un apavi. Savukārt roku aizsardzībai jālieto atbilstoši (piemēram, metinātāju) cimdi. Veicot darbus, kur tiek izmantoti parasti darba cimdi, ir jānovērtē, vai tie pietiekami absorbē UV starojumu.

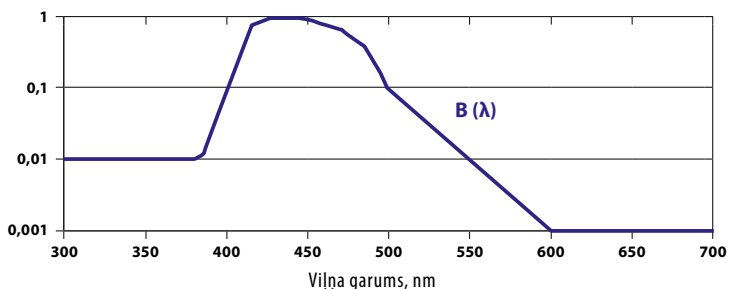
Ja darba devējs konstatē, ka, neskatoties uz veiktajiem pasākumiem, uz nodarbināto ir iedarbojies OS, kas pārsniedz robežvērtības, tad papildus pasākumiem šādas situācijas novēršanai nodarbinātie ir jānosūta uz veselības pārbaudi, lai pēc iespējas agrāk noteiktu iespējamus OS izraisītos veselības traucējumus un nodrošinātu situācijai atbilstošu nodarbināto veselības aizsardzību. Ja arodslimību ārsts pieprasa, darba devējam ir jānodrošina OS radītā riska novērtējuma rezultātu pieejamība. Savukārt arodslimību ārstam, ja viņš veselības pārbaudē konstatē tādus veselības traucējumus, kas uzskatāmi par OS iedarbības sekām, jāinformē darba devējs un jāsniedz nodarbinātajam ieteikumi turpmākai veselības aprūpei saistībā ar

šo iedarbību, arī pēc OS iedarbības izbeigšanas. Darba devējam, saņemot šādu informāciju, jāizvērtē, vai arī citi nodarbinātie nav tikuši pakļauti līdzīgam OS, un jānosūta arī tie uz atbilstošu veselības pārbaudi. Vienlaikus darba devējs veic nepieciešamās izmaiņas darba vides riska novērtējumā un papildina darba aizsardzības pasākumu plānu ar veicamajiem darbiem OS iedarbības samazināšanai.

Tāpat darba devējam ir jānodrošina atbilstoša nodarbināto apmācība un instruktāža, jāinformē par darba vides riska novērtējuma rezultātiem, piemēram, skaidri jāuzsver, ka arī vasarā, kad darba vietās temperatūra ir virs 25 °C, strādājot ar UV starojuma avotiem, nedrīkst būt atsegtas ķermeņa daļas (piemēram, ja paredzēts, ka darba veikšanai nepieciešamas aizsargbrilles pret UV starojumu, tad nedrīkst strādāt šortos un kreklā ar īsām piedurknēm).

Redzamā gaisma

Eiropas standartā LVS EN 12464-1 un MK noteikumos Nr. 359 *Darba aizsardzības prasības darba vietās* (pieņemti 28.04.2009.) noteikts minimālais apgaismojuma līmenis darba vietās, savukārt Noteikumos noteikts, ka darba devējam jāveic visu optiskā starojuma avotu radītā riska novērtējums, un tas attiecas arī uz parasto darba vietas apgaismojumu. Redzamās gaismas avotu iedarbība ir jāaplūko no diviem aspektiem: pirmkārt, jāvērtē iespējamā nevēlamā fotoķīmiskā iedarbība, kas galvenokārt iespējama tikai redzamās gaismas enerģētiskākajā spektra daļā. Diapazons, kuram ir jāveic šāda izvērtēšana, ir visai plašs – tas ietver ne tikai gandrīz visu redzamo gaismu, bet arī visu UVA un pat daļu no UVB (300–700 nm). Lai izvērtētu OS fotoķīmisko iedarbību (pirmām kārtām uz acs tīklieni), izmanto spektrālās efektivitātes funkciju $B(\lambda)$ (9. attēls).



9. attēls. Tā saucamās “zilās gaismas” bioloģiskās iedarbības spektrālās efektivitātes funkcija (funkcijas vērtības dotas Noteikumu 1. pielikuma 1.2. tabulā)

Izvērtēšana notiek daļā no UVB, visā UVA un lielākajā daļā no redzamās gaismas diapazona, kur ir arī šīs funkcijas maksimums (435–440 nm). Tā kā maksimums ir zilās gaismas reģionā, tad visu šo fotoķīmiskās iedarbības risku parasti sauc arī par zilās gaismas risku.

Zilās gaismas riska izvērtēšanai līdz ar faktisko zilās gaismas izstarojumu lieto arī faktisko spožumu (zilā gaisma) L_B :

$$L_B = \sum_{\lambda=300}^{\lambda=700} L(\lambda) \times B(\lambda) \times \Delta\lambda \quad (7)$$

$$E_B = \sum_{\lambda=300}^{\lambda=700} E(\lambda) \times B(\lambda) \times \Delta\lambda \quad (8)$$

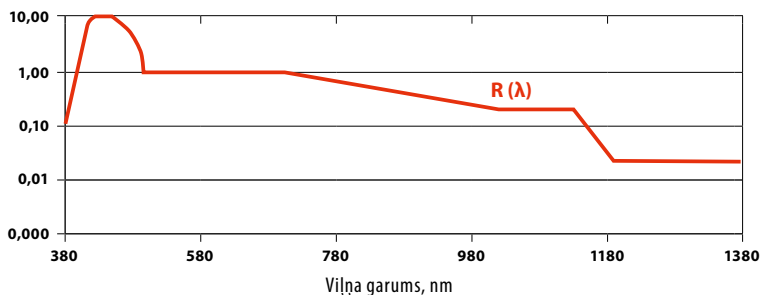
kur

$L(\lambda)$ – OS avota spektrālais spožums pie viļņa garuma λ ;

$B(\lambda)$ – zilās gaismas bioloģiskās iedarbības spektrālās efektivitātes funkcija.

Robežvērtības zilās gaismas gadījumā ir diferencētas atkarībā no starojuma iedarbības ilguma un OS avota leņķiskā pretnostatījuma α . Vairumā praktisko gadījumu darbā, kad $\alpha \geq 11$ mrad, robežvērtības ir dotas faktiskajam spožumam, kura aprēķināšana jāveic pēc (7) formulas. Ja zilās gaismas OS iedarbības ilgums nepārsniedz 10 000 s (~ 2 stundas un 47 minūtes), tad $ERV L_B = 1\,000\,000/t$, bet, ja iedarbības laiks ir lielāks, tad tā ir vienāda ar 100 W/(m² × sr) (sk. Noteikumu 1. pielikuma 1.1. tabulu).

Otrs novērtējums, kas attiecas arī uz redzamo gaismu, tiek veikts kopīgi visam redzamajam un ISA diapazonam, t. i., no 380 līdz 1400 nm. Ja novērtējums pēc zilās gaismas riska jāveic, lai izslēgtu fotoķīmiskus tīklenes bojājumus (fotoretinītu), tad šī novērtējuma mērķis ir pārliecināties, vai ir izslēgta tīklenes termiska apdeguma iespējamība. Arī šajā gadījumā jāņem vērā, ka starojuma termiskā iedarbība uz tīkleri ir atkarīga no starojuma viļņa garuma. Tāpēc izmanto redzamā un ISA starojuma termiskās iedarbības uz radzeni relatīvās spektrālās efektivitātes funkciju $R(\lambda)$ (10. attēls).



10. attēls. Redzamā un ISA starojuma relatīvās spektrālās efektivitātes funkcija (funkcijas skaitliskās vērtības dotas Noteikumu 1. pielikuma 1.2. tabulā)

Funkciju $R(\lambda)$ izmanto divu veidu novērtējumiem – gan avotiem ar skaidri saredzamu gaismu (sk. (9) aprēķinu formulu), gan arī avotiem, kuru vizuālais spožums ir mazāks par 10 cd/m² (sk. (10) formulu vai tikai ISA apgabalu).

$$\lambda = 1400 \text{ nm}$$

$$L_R = \sum L(\lambda) \times R(\lambda) \times \Delta\lambda \quad (9)$$
$$\lambda = 380 \text{ nm}$$

$$\lambda = 1400 \text{ nm}$$

$$L_R = \sum L(\lambda) \times R(\lambda) \times \Delta\lambda \quad (10)$$
$$\lambda = 780 \text{ nm}$$

AER ir atkarīgas ne tikai no ekspozīcijas laika, bet arī no leņķiskā pretnostatījuma. Ilgai apstarošanai, piemēram, pie $t > 10$ s, vissliktākais variants ir tad, ja avots ir ļoti liels, t. i., ja leņķiskais pretnostatījums ir lielāks par 100 mrad. Redzamās un ISA gadījumā $AER L_R = 2,8 \times 10^5$ W/(m² × sr), bet tikai ISA starojuma iedarbības gadījumā $L_R = 6 \times 10^4$ W/(m² × sr).

Lai ierobežotu OS iedarbību uz ādu, redzamā un ISA un ISB diapazonā (no 380 līdz 3000 nm) tiek izmantota AER H_{ada} , kas tiek aprēķināta, izmantojot (11) un (12) formulu:

$$\lambda = 3000 \text{ nm}$$

$$E_{\text{āda}} = \sum E(\lambda) \times \Delta\lambda \quad (11)$$

$$\lambda = 380 \text{ nm}$$

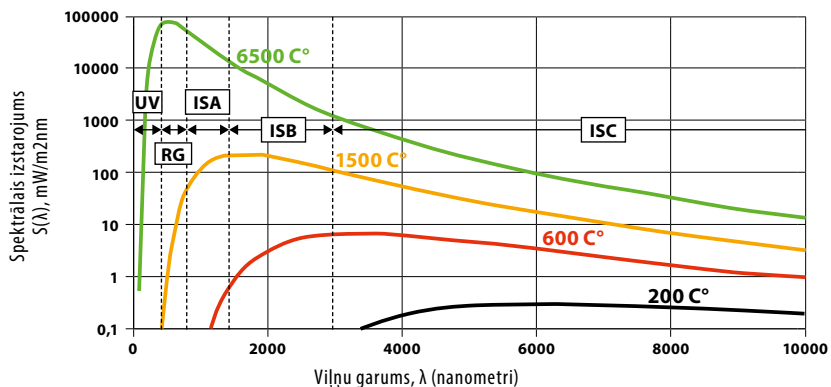
$$H_{\text{āda}} = E_{\text{āda}} \times \Delta t \quad (12)$$

Šajā diapazonā tiek pieņemts, ka iedarbības lielums uz ādu nav atkarīgs no viļņa garuma λ . AER ir atkarīga no iedarbības laika un ir šāda: $20\,000 \text{ t}^{0,25} \text{ [J/m}^2\text{]}$.

INFRASARKANAIS STAROJUMS

Infrasarkano starojumu reizēm sauc arī par siltuma starojumu, jo mēs to neredzam, bet izjūtam kā siltumu. AER E_{is} lieto, lai novērtētu, vai ISA un ISB starojums nerada radzenes apdeguma un kataraktas draudus. Ekspozīcijai, kas ilgāka par 17 minūtēm, tā ir 100 W/m^2 .

Veicot novērtējumu t. s. temperatūras starotājiem (tādiem OS avotiem, kas nav lampas un lāzeri), kuri izstaro OS vienkārši savas temperatūras dēļ, iespējams izmantot saistību starp temperatūru un izstarotā OS spektru (11. attēls).

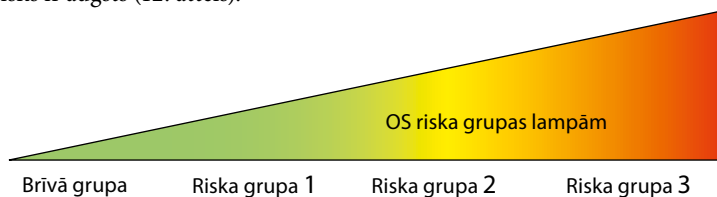


11. attēls. Ideālu temperatūras starotāju spektri pie dažādām temperatūrām

11. attēlā redzams, ka, temperatūrai nepārsniedzot $200 \text{ }^\circ\text{C}$, no Noteikumu viedokļa šādu OS avotu var uzskatīt par drošu (novērtējuma iespējas ir dotas tikai līdz viļņu garumam, kas nepārsniedz 3000 nm). Tomēr jāatceras, ka nelielas distances (vai tieša kontakta) gadījumā ir iespējami apdegumi, tomēr no OS novērtējuma viedokļa, piemēram, parastu maizes krāsni var uzskatīt par drošu. Sākot apmēram no $500 \text{ }^\circ\text{C}$, karstie ķermeņi sāk kvēlot. Tāpēc praksē var uzskatīt, ka, ievērojot distanci, lai izslēgtu tiešu kontaktu, karsti ķermeņi, kas vēl nav sākuši kvēlot, no OS īslaicīgas iedarbības viedokļa ir droši, bet, temperatūrai pārsniedzot $500 \text{ }^\circ\text{C}$ (piemēram, pie elektriskā grila), tā kļūst bīstama acs priekšējiem orgāniem. Arī tad, ja sakarsētais priekšmets vai viela kvēlo sarkani vai dzeltenīgi (temperatūra nepārsniedz $1200\text{--}1400 \text{ }^\circ\text{C}$), var uzskatīt, ka tiklenes bojājumi ir gandrīz izslēgti, tomēr, ja ilgstoši jāstrādā šādos darba apstākļos (piemēram, stikla pūtējiem), tad var attīstīties IS starojuma inducēta katarakta (stikla pūtējiem raksturīga arodslimība). Sākot ar $1500 \text{ }^\circ\text{C}$ (kad metāls kvēlo spoži balts), ir jāveic

bīstamības novērtēšana gan attiecībā uz tiklences bojājumiem, gan arī attiecībā uz ādu un acs priekšējiem orgāniem. No darba aizsardzības viedokļa ir svarīgi, ka temperatūras starotāju dzinošā karstuma dēļ cilvēki izvairīsies nonākt pārāk tuvu šādiem OS avotiem, izņemot gadījumus, ja persona atrodas tādu medikamentu iespaidā, kas nomāc siltuma receptoru funkciju.

Redzams, ka iedarbības novērtējums, veicot OS spektra mērījumus un izmantojot Noteikumu dotās relatīvās spektrālās efektivitātes funkcijas $S(\lambda)$, $B(\lambda)$ un $R(\lambda)$, ir visai sarežģīts un tā veikšanai nepieciešami OS avota spektrālā sadalījuma dati, taču to iegūšanai nepieciešama komplicēta un dārga aparatūra, kā arī pietiekami kvalificēts speciālists, kas prastu šo aparatūru situācijai adekvāti izmantot un pēc tam veikt visus nepieciešamos aprēķinus un izvērtēt iegūtos rezultātus, ņemot vērā ierobežojumus un arī iespējamās nestandarta (avārijas) situācijas. Tomēr ir iespējams arī viēglāks ceļš, izmantojot to izvērtējumu, ko darba devēja vietā ir veikuši OS avotu (spuldžu, lampu un mašīnu ražotāji). Latvijas standartā LVS EN 62471 *Spuldžu un lampu fotobioloģiskais drošums (IEC 62471:2006, modificēts)* visas spuldzes un lampas ir sadalītas četrās riska grupās (RG): brīvā grupa jeb RG0 nozīmē, ka OS avoti nerada risku vai arī tas ir minimāls; RG1 nozīmē, ka risks ir neliels; RG2, ka risks ir mērens; bet RG3, ka risks ir augsts (12. attēls).



12. attēls. OS riska grupas lampām un spuldzēm. Risks pieaug, palielinoties grupas numuram

Līdz ar to parasti OS izraisītā riska novērtējums lielai daļai darba devēju kļūst vienkāršāks – tikai jānorāda, ka tiek lietotas parastās luminoforās apgaismošanas spuldzes vai kvēlspuldzes, kas ir ierindojamas brīvajā grupā, un citu OS avotu nav. Taču, ja tiek izmantotas citu tipu lampas, tad vēlams no ražotāja iegūt informāciju par to, kurai grupai tās atbilst, un, ja tā nav brīvā grupa, tad palūgt arī informāciju par spektrālo sadalījumu. Savukārt mašīnu ražotājiem, ja mašīnas izdala OS, nepieciešams tās klasificēt pēc LVS EN 12198 *Mašīnu drošums. Mašīnu starojuma radītā riska novērtēšana un samazināšana. 1. daļa: Vispārīgie principi* (1. tabula).

1. TABULA. MAŠĪNU IEDALĪJUMS RISKĀ KATEGORIJĀS PĒC TO EMITĒTĀ OS

Kategorija pēc EN 12198	E_{eff} (180–400 nm)	L_b ($\alpha \geq 11$ mrad) (300–700 nm)	E_b ($\alpha < 11$ mrad) (300–700 nm)	E_r (380–1400 nm)
0	$\leq 0,1 \text{ mW/m}^2$	$\leq 10 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{sr})$	$\leq 1 \text{ mW/m}^2$	$\leq 33 \text{ W/m}^2$
1	$\leq 1 \text{ mW/m}^2$	$\leq 100 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{sr})$	$\leq 10 \text{ mW/m}^2$	$\leq 100 \text{ W/m}^2$
2	$>1 \text{ mW/m}^2$	$> 100 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{sr})$	$>10 \text{ mW/m}^2$	$> 100 \text{ W/m}^2$

Savukārt 2. tabulā, balstoties uz standarta EN 62471 prasībām, ir apkopota informācija par risku acīm un ādai visos OS diapazonos četrām riska grupām.

2. TABULA. INFORMĀCIJA PAR RISKU ACĪM UN ĀDAI VISOS OS DIAPAZONOS

OS diapazons, starojuma avotu raksturojoši parametri un ERV	Bīstamība 1) un lielākais pieļaujamais ekspozīcijas ilgums 2) t, ja referenes attālums 3) ir Ra	Vai iespējams, ka tiek pārsniegta ERV? (Pārsniegšanas gadījumā jāveic riska novērtējums pēc Noteikumiem)
RG 0: Brīvā grupa, riska nav vai arī tas ir niecīgs		
UVA, UVB un UVC Eeff ≤ 1 mW/m ²	≥ Ra: acīm drošas arī ilgstošas apstārošanas gadījumā	Nē, izņemot gadījumus, kad lampa atrodas tuvāk par Ra
UVA EUVA ≤ 10 W/m ²	≥ Ra: acīm drošas, ja t ≤ 1000 s (~ 16,5 min)	Nē, izņemot gadījumus, kad lampa atrodas tuvāk par Ra vai tiek pārsniegts t
“Zilā gaisma”, α ≥ 0,11 rad LB ≤ 100 W/(m ² × sr)	≥ Ra: acīm drošas arī ilgstošas apstārošanas gadījumā	Nē, izņemot gadījumus, kad lampa atrodas tuvāk par Ra
“Zilā gaisma”, α < 0,11 rad EB ≤ 1 W/m ²	≥ Ra: acīm drošas arī ilgstošas apstārošanas gadījumā	Nē, izņemot gadījumus, kad lampa atrodas tuvāk par Ra
Redzamā gaisma un ISA LR ≤ 28 × 103/α W/(m ² × sr)	≥ Ra: acīm drošas arī ilgstošas apstārošanas gadījumā	Nē, izņemot gadījumus, kad lampa atrodas tuvāk par Ra
ISA, ja Lv 4) < 10 cd/m ² LR ≤ 6 × 103/α W/(m ² × sr)	≥ Ra: acīm drošas arī ilgstošas apstārošanas gadījumā	Nē, izņemot gadījumus, kad lampa atrodas tuvāk par Ra
ISA un ISB EIS ≤ 100 W/m ²	≥ Ra: acīm drošas arī ilgstošas apstārošanas gadījumā	Nē, izņemot gadījumus, kad lampa atrodas tuvāk par Ra
RG 1: Risks ir mazs		
UVA, UVB un UVC Eeff ≤ 3 mW/m ²	≥ Ra: acīm un ādai drošas, ja t ≤ 10 000 s (2,8 stundas)	Nē, izņemot gadījumus, tuvāk par Ra vai tiek pārsniegts t
UVA EUVA ≤ 33 W/m ²	≥ Ra: acīm drošas, ja t ≤ 300 s (jeb 5 min)	Nē, izņemot gadījumus, tuvāk par Ra vai tiek pārsniegts t
“Zilā gaisma”, α ≥ 0,11 rad LB ≤ 104 W/(m ² × sr)	≥ Ra: acīm drošas, ja t ≤ 100 s (~ 1,6 min)	Nē, izņemot gadījumus, kad tuvāk par Ra vai tiek pārsniegts t
“Zilā gaisma”, α < 0,11 rad EB ≤ 1 W/m ²	≥ Ra: acīm drošas, ja t ≤ 100 s (~ 1,6 min)	Nē, izņemot gadījumus, kad tuvāk par Ra vai tiek pārsniegts t
Redzamā gaisma un ISA LR ≤ 28 × 103/α W/(m ² × sr)	≥ Ra: acīm drošas arī ilgstošas apstārošanas gadījumā	Nē, izņemot gadījumus, kad tuvāk par Ra vai tiek pārsniegts t
ISA, ja Lv 4) < 10 cd/m ² LR ≤ 6 × 103/α W/(m ² × sr)	≥ Ra: acīm drošas arī ilgstošas apstārošanas gadījumā	Nē, izņemot gadījumus, kad tuvāk par Ra vai tiek pārsniegts t
ISA un ISB EIS ≤ 570 W/m ²	≥ Ra: acīm drošas arī ilgstošas apstārošanas gadījumā	Nē, izņemot gadījumus, kad tuvāk par Ra vai tiek pārsniegts t
RG 2: Risks ir vidējs		
UVA, UVB un UVC Eeff ≤ 30 mW/m ²	≥ Ra: acīm un ādai drošas, ja t ≤ 1000 s (~ 16,5 min)	
UVA EUVA ≤ 100 W/m ²	≥ Ra: acīm drošas, ja t ≤ 100 s (līdz 1,6 min)	
“Zilā gaisma”, α ≥ 0,11 rad LB ≤ 4 × 106 W/(m ² × sr)	≥ Ra: acīm drošas, ja t ≤ 0,25 s (novēršanās reakcija)	

“Zilā gaisma”, $\alpha < 0,11$ rad $EB \leq 400$ W/m ²	$\geq Ra$: acīm drošas, ja $t \leq 0,25$ s	
Redzamā gaisma un ISA $LR \leq 71 \times 103/\alpha$ W/(m ² × sr)	$\geq Ra$: acīm drošas, ja $t \leq 0,25$ s	
ISA, ja Lv4) < 10 cd/m ² $LR \leq 6 \times 103/\alpha$ W/(m ² × sr)	$\geq Ra$: acīm drošas, ja $t \leq 10$ s	
ISA un ISB $EIS \leq 3200$ W/m ²	$\geq Ra$: acīm drošas, ja $t \leq 10$ s	
RG 3: Risks ir liels		
Slīktāka situācija, salīdzinot ar RG 2	Var būt bistamas sekas gan acīm, gan ādai pat īslaicīgas apstarošanas gadījumā	Jā

¹⁾ Bioloģiskā drošība references attālumā.

²⁾ Ja netiek pārsniegts 2. kolonnā norādītais ekspozīcijas laiks, tad, ievērojot 1. kolonnā dotos emisijas limitus, tiek nodrošināts, ka netiek pārsniegtas ERV, ja vien nenokļūst tuvāk par Ar.

³⁾ References vai novērtējuma attālums Ra lampā ir 20 cm, izņemot vispārlietojamās lampas (apgaismojumam), kurām Ra ir attālums, kurā apgaismojums ir 500 lx.

⁴⁾ Tikai apstākļos, kad redzamais apgaismojums ir niecīgs, t. i., ja acs zīlītes ir paplašinātas apgaismojuma trūkuma dēļ.

LĀZERI

Nosaukums “lāzers” ir latviskojums no angļu valodas abreviatūras LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, kas tulkojumā nozīmē *gaismas pastiprināšana ar stimulētu radiācijas emisiju*). Ar gaismu ir domāts viss optiskais diapazons, tātad lāzera starojums (LS) var būt gan neredzamais UV un IS starojums, gan arī redzamā gaisma. Līdz ar jau pierastajiem faktoriem – viļņa garumu vai starojuma jaudu – lāzerus raksturo un atšķir no pārējiem optiskās gaismas avotiem apstākļi, ka tie ir koherentas gaismas avoti. Parasti optiskā starojuma avoti izstaro plašā diapazonā, daudzos virzienos, un to viļņi attiecībā viens pret otru ir haotiski.

Turpretī lāzeri parasti (bet ne vienmēr) izstaro viena viļņa garuma starojumu, tātad ir mohromatiski, to starojums ir labi kolimēts, respektīvi, tas tiek izstarots vienā virzienā un gandrīz paralēls, tāpēc pat vairākus metrus no izstarošanas punkta tas tikpat kā nav zaudējis sākotnējo intensitāti, jo stara izplešanās jeb diverģence ir niecīga. Tas, ka LS ir paralēls, nozīmē arī to, ka acs to var ļoti labi fokusēt – tātad, ja uz neaizsargātu aci kritīs tiešs lāzera stars, tad fokusēšanās rezultātā uz ļoti maza tīklenes laukuma būs koncentrēta liela starojuma jauda, kas var izraisīt neatgriezeniskus šī tīklenes apgabala bojājumus. Visbūtiskākā atšķirība no parastajiem optiskā starojuma avotiem ir tā, ka LS ir koherents – tas nozīmē, ka atsevišķie starojuma viļņi viens pret otru visu laiku ir ar konstantu fāzu nobīdi, tāpēc LS gadījumā būtiska kļūst interference, kas nav novērojama, ja fāzu nobīdes ir haotiskas. Tāpēc LS dažreiz sauc arī par koherento starojumu atšķirībā no visa pārējā OS, kas nav koherents.

Noteikumos nekoherentais starojums tiek dēvēts par nevienmērīgu, lai arī no tīri fizikālā viedokļa tas nav īsti korekti, jo, piemēram, ir lāzeri, kas vienlaikus izstaro dažāda viļņu garuma – tātad no šī aspekta nevienmērīgu – starojumu. Taču arī šādu lāzeru starojums ir

koherents, jo katra viļņu garuma starojuma viļņu fāzu nobīde ir fiksēta. Tāpēc labāk lietot terminu nekoherents, jo arī atsevišķu nekoherentā starojuma avotu starojums var būt viendabīgs (piemēram, LED starojums).

Lāzeru starojums nereti var būt arī polarizēts, t. i., tā viļņi var svārstīties noteiktā plaknē vai arī šī plakne var griezties (cirkulāras polarizācijas gadījumā). Lāzera starojums var būt gan nepārtraukts (ilgstošs), gan arī impulsveida. Lai apzīmētu nepārtrauktā (ilgstošā) lāzera starojuma avotus, lieto saīsinājumu no angļu valodas – *cw* (*continuous wave*). Atkarībā no impulsa iegūšanas veida to ilgums var mainīties no ms līdz pat ps. Savukārt impulsu biežumu mēra hercos, iespējami pat vairāki simti MHz bieži impulsi. Lai gan no lāzeru atklāšanas nav pagājuši pat 60 gadu, tomēr mūsdienās tos izmanto aizvien plašāk, piemēram, datoru optisko disku iekārtās, bet ne tikai.

Dažas lāzeru lietošanas jomas:

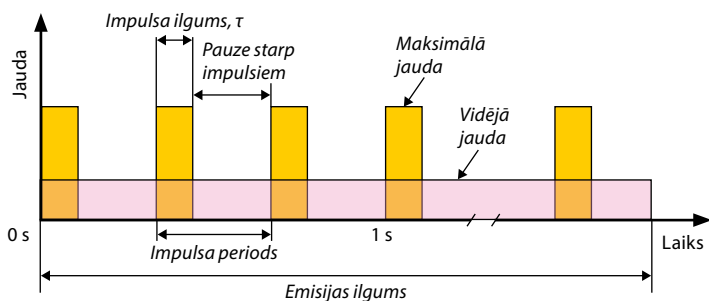
- Ražošanā: griešanai, uzrakstiem, metināšanai.
- Medicīnā: lāzerķirurģijā, lāzerakupunktūrā.
- Izklaidē: CD un DVD atskaņotājos, lāzeršovos, lāzerdisplejos.
- Mērtehnikā: attāluma mērierīcēs, spektroskopijā.
- Tirdzniecībā, birojos: lāzerdrukas iekārtās, lāzerskeneros.
- Satiksmē: distances noteikšanā, lidojumu brīdināšanas sistēmās.
- Komunikācijā: modulēts lāzera stars tiek izmantots sarunu un datu pārraidei gan optiskajos kabeļos, gan arī bezvadu iekārtās.

Ikvienu jaunu tehnoloģiju, t. sk. lāzeri, sniedz ne tikai pārsteidzošas, agrāk neiedomājamas iespējas (piemēram, hologrāfiju), bet slēpj sevī arī jaunus riskus, kas galvenokārt saistīti ar to spēju koncentrēt lielu jaudu uz maza virsmas laukuma īsā laika sprīdī (piemēram, izmantošanai militāriem mērķiem). Parasti nopietnākie nelaimes gadījumi var būt saistīti ar redzes orgāna (acs) bojājumiem vai pat pilnīgu aklumu, ja lāzera stars izdedzina tīkleni.

Parasti lāzera starojumam ir raksturīgi, ka tam ir viens noteikts viļņa garums, ko nosaka lāzera vide, kurā notiek gaismas pastiprināšanas process (tomēr ir arī lāzeri, kuriem ir vairāki vienlaicīgi viļņu garumi). Lāzera vide var būt gan cieta (kristāliska), gan pusvadītāju (lai arī cieti, tomēr pusvadītāju lāzerus izdala atsevišķi, jo parasti to elektriskais ierosmes veids atšķiras no kristālisko lāzeru ierosmes veida (ar optisko starojumu), gan šķidra un gāzveida.

Lāzera enerģija un jauda

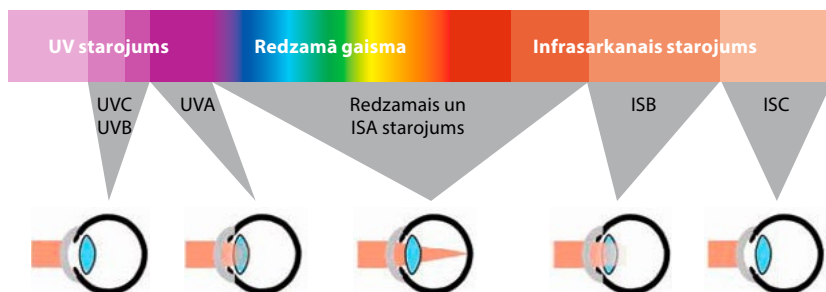
Ir ļoti būtiski atšķirt šos jēdzienus, it īpaši impulsveida lāzeriem. Jauda ir enerģija laika vienībā. Tātad $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$. Savukārt *cw* jeb nepārtraukti starojošiem lāzeriem līdz ar viļņa garumu kā otru svarīgāko parametru parasti norāda to maksimālo jaudu. Piemēram, ja ir 5 W Ar-jonu lāzers, tad tas nozīmē, ka izejošā lāzera stara maksimālā jauda sasniedz 5 W. To nevajadzētu jaukt ar lāzeriekārtas elektriskā pieslēguma jaudu, kas var būt daudzreiz lielāka. Savukārt impulsveida lāzeriem parasti norāda impulsa enerģiju, jo impulsa maksimālā jauda var būt daudzkārt lielāka par vidējo jaudu (13. attēls).



13. attēls. Lāzera impulsa parametri

Maksimālā jauda ir vienāda ar impulsa enerģijas dalījumu ar impulsa ilgumu, bet vidējā jauda – ar impulsa enerģijas dalījumu ar impulsa periodu. Ja vienu un to pašu enerģiju izstaro aizvien īsākos impulsos, tad maksimālā jauda pieaug. Tas ir būtiski, jo vienādas enerģijas, bet dažāda ilguma impulsu ietekme uz audiem var būtiski atšķirties. Noteiktas enerģijas ilgstošs impulss var būt gandrīz nekaitīgs, bet, ja šī pati enerģija ir sakoncentrēta izteikti īsā laika sprīdī, tad tā var nodarīt nopietnus bojājumus. Tāpēc ar impulsu lāzera vidējās enerģijas lieluma zināšanu var nepietikt, jo bioloģisko iedarbību noteiks maksimālā jauda, kas var būt ļoti atšķirīga, kaut arī vidējā jauda būtu vienāda.

Lāzera starojuma un bioloģisko audu mijiedarbības raksturošanai svarīgi arī tas, cik liels ir ar noteiktu enerģiju apstarotais laukums. Lāzera gadījumā nereti terminu *izstarojums* un *optiskā starojuma iedarbība* vietā lieto arī jēdzienus *jaudas blīvums* un *enerģijas blīvums* (jāatzīmē, ka šeit Noteikumu tulkojumā ir ieviesies tulkošanas kļūda, jo direktīvas angļu tekstā ir minēti termini *irradiance* (E) or *power density*, kas latviski būtu tulkojams kā *izstarojums* (E) jeb *jaudas blīvums*, nevis *enerģijas blīvums*). Principā lāzera starojuma bioloģiskā iedarbība vienādas absorbētās enerģijas apstākļos neatšķiras no nekoherentā starojuma iedarbības. Tipiskākā dažādu diapazonu lāzera iedarbība uz aci un tās orgāniem ir atspoguļota 14. attēlā. Redzams, ka visbīstamākais ir redzamais un ISA lāzera starojums, jo tas (safokusēts) var nonākt uz tīklenes. ISB un UVA var izraisīt bojājumus acs lēcā – kataraktu, bet UVC un ISC var nelabvēlīgi ietekmēt acs priekšējos orgānus.



14. attēls. Dažāda diapazona lāzeru iedarbība uz acīm

Atstarošanās

Lai novērtētu lāzera starojuma potenciālo bīstamību, ir jāievēro arī iespējamā stara atstarošanās no priekšmetiem, uz kuriem krit lāzera stars, kā arī tas, ka lāzera starojums darba vietās var nokļūt arī caur logiem, stiklotām durvīm vai atvērumiem lāzeriekārtas izmantošanas telpā. Jāatceras, ka arī caurspīdīgu virsmu gadījumā uz virsmas vienmēr notiek daļēja atstarošanās, ja vien virsma nav īpaši apstrādāta. Noteiktā starojuma krišanas robežleņķī iegūst pilnīgu starojuma atstarošanu. Šo efektu izmanto optiskajos viļņvados jeb optiskajos kabeļos liela apjoma informācijas pārraidei. Piemēram, no stikla priekšējās virsmas tiek atstaroti ap 4% tam virsū krītošās gaismas, un no aizmugures virsmas atkal tiek atstaroti 4%. Tāpēc pirmajā tuvinājumā no caurspīdīgas stikla plāksnes kopā tiek atstaroti apmēram 8% uz to krītošās gaismas. Atstarošanās atkarībā no virsmas var notikt gan kā spoguļatstarošanās, gan kā difūza atstarošanās vai arī kā atstarošanās, kas ir pa vidu starp pirmajām divām iespējām. Jāatceras, ka spoguļatstarošanās ir visbīstamākā, jo tad atstarotais stars ir gandrīz tikpat bīstams kā tiešais, un IS starojuma lāzera (piemēram, CO₂ lāzera) gadījumā pat relatīvi raupjas virsmas var atstarot līdzīgi spogulim.

Lāzerstara kvalitāte

Lāzerstara kvalitāti nosaka enerģijas sadalījums lāzera starā. Tā atkarīga no rezonatora uzbūves un to raksturo ar t. s. TEM režīmiem. Viskonzentrētākais lāzera stars ir TEM₀₀ režīmā jeb pamatrežīmā. Attiecība starp konkrēto enerģijas sadalījumu lāzera starā un ideālo pamatrežīmu ir starojuma kvalitātes mērs, un to sauc par K faktoru. K faktors var būt lielums starp nulli un 1. Ja enerģijas sadalījums starā atbilst Gausa sadalījumam, tad K = 1. Tomēr parasti no darba aizsardzības viedokļa pieņem, ka lāzери darbojas pamatrežīmā, jo tad stars ir viskonzentrētākais, tātad ar vislielāko bīstamību.

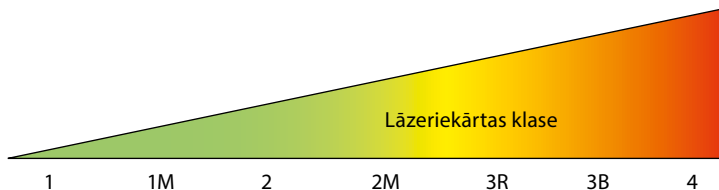
Stara paplašināšanās un bīstamā zona

Lai gan nereti saka, ka lāzери ir paralēlu staru kūlis, tomēr gluži tā nav, jo tas tomēr mazliet paplašinās, attālinoties no avota. Diverģenci kopā ar jaudu izmanto, lai noteiktu lāzera stara drošības attālumu. Parasti to sauc par **NOHD** (saisinājums no angļu valodas *Nominal Ocular Hazard Distance*), kas nozīmē nominālo bīstamības distanci līdz acīm. Parasti to ir norādījis lāzeriekārtas ražotājs, bet to var arī aprēķināt, zinot lāzera izejas jaudu un diverģenci.

Lāzeriekārtu klasifikācija atkarībā no bīstamības

Līdzīgi kā lampas un spuldzes, arī lāzeriekārtas tiek iedalītas atkarībā no to potenciālās bīstamības. Lāzeru gadījumā ir jāpiemēro standarts EN 60825-1.

Visas lāzeriekārtas tiek iedalītas septiņās klasēs, un bīstamība pieaug līdz ar klases apzīmējuma ciparu (15. attēls).



15. attēls. Lāzeriekārtu iedalījums klasēs atkarībā no potenciālā riska

1. klase. Tās ir drošas lāzerekārtas vai nu tāpēc, ka to jauda ir ļoti maza, vai arī tās atrodas aizsargapvalkā, kas normālas lietošanas gadījumā pilnībā ekranē lāzera staru. Tomēr ir risks, ja, veicot apkopi, aizsargapvalks tiek noņemts. 1. klases lāzerekārtām nav bīstamās zonas.

1.M klase. Tās ir lāzerekārtas, kas ir drošas neapbruņotai acij, bet kuras var būt potenciāli bīstamas, ja lāzera stars acī nokļūst caur optiskiem instrumentiem. Burts “M” klases apzīmējumā nāk no angļu valodas termina *Magnifying instruments* un apzīmē iekārtas, kas palielina.

Parasti uz šīs klases lāzerekārtām ir izvietots brīdinājums, visticamāk, ražotājvalsts valodā:

**Neskatīties tieši starā ar
optiskiem instrumentiem**

2. klase. Šī klase ir noteikta tikai redzamajam LS diapazonā no 400 līdz 700 nm. Acu aizsardzība tiek nodrošināta ar dabisko aizsargreakciju, novēršot skatienu un aizverot acis. Piemēram, LS rādāmo kociņu jauda nepārsniedz 1 mW. Novēršanās reakcija notiek apmēram ceturtdaļsekundē. Tāpēc 2. klases lāzerekārtas ir drošas, ja vien nav nomākta dabiskā aizsargreakcija, un tām nav bīstamās zonas.

Parasti tiek izmantots šāds brīdinājums:

Neskatīties tieši starā

2.M klase. Šīs klases (līdzīgi kā 2. klases) lāzerekārtas ir paredzētas tikai redzamajai gaismai no 400 līdz 700 nm. Atšķirība ir tikai tā, ka 2.M klases gadījumā dabiskā novēršanās ir pietiekama redzes orgānu aizsardzībai, ja skatās ar neapbruņotu aci, bet, lietojot papildu optiskos instrumentus, pastāv potenciāla bīstamība.

Brīdinājuma uzraksts analogs 1.M klasei:

**Neskatīties tieši starā ar
optiskiem instrumentiem**

3.R klase. Šo klasi var uzskatīt kā pārejas klasi no praktiski drošās 2. klases uz “bīstamo” 3.B klasi.

Lai gan 3.R klases gadījumā pastāv iespēja, ka ERV tiek pārsniegtas, tomēr dabiskās skatiena novēršanas dēļ un tāpēc, ka ERV jau ir ietverta zināma drošības rezerve, šādu iekārtu radītais risks nav liels. Svarīgi, lai personāls būtu informēts par risku un to, ka nedrīkst pakļaut acis tiešai stara iedarbībai (attiecas arī uz reflektētu staru) ilgāk par sekundi. Šīs klases iekārtu jauda var būt līdz pat 5 reizes lielāka nekā 2. klases iekārtām redzamajā diapazonā vai 5 reizes

lielāka nekā 1. klases iekārtām citos diapazonos. Brīdinājumi var būt dažādi atkarībā no tā, vai stars ir redzams vai neredzams, taču jēga vienmēr ir vienāda:

Neskatīties tieši starā

3.B klase. Bīstamajā zonā (jānoskaidro iekārtas NOHD!) pastāv reāls risks acīm un potenciāls risks ādai (parasti gan tikai specifiskos gadījumos). Kaitējums acīm var tikt nodarīts tik īsā laikā, ka dabiskās novēršanās reakcijas var nepasargāt. Parasti nav bīstamības difūzas (izkliedētas) atstarošanas gadījumā.

Brīdinājums:

Nepakļaut stara iedarbībai

4. klase. Šajā klasē ietilpst visas lāzerekārtas, kuru ārpus iekārtas izejošā stara jauda pārsniedz 0,5 W. Pastāv bīstamība gan acīm, gan ādai, turklāt bīstamas ir arī šādas jaudas lāzerekārtas izkliedēti atstarotais starojums. Ja šādas jaudas lāzerstarojums tieši (vai spoguļatstarojumā) krīt uz degošiem materiāliem, tad pastāv aizdegšanās (ugunsgreka izcelšanās) risks.

Brīdinājuma uzrakstā jābūt norādītam, ka bīstams ir gan tiešais, gan atstarotais starojums:

**Nepieļaut acu un ādas apstarošanu
ar tiešu un izkliedētu starojumu**



RĪGAS STRADIŅA
UNIVERSITĀTE



DARBA DROŠĪBAS un
VIDES VESELĪBAS INSTITŪTS
RSU aģentūra

NR. 157-2013

PAPILDU INFORMĀCIJA

LABKLĀJĪBAS MINISTRIJAS DARBA ATTIECĪBU UN DARBA AIZSARDZĪBAS POLITIKAS DEPARTAMENTĀ

Skolas ielā 28, Rīgā, LV-1010
Tālrunis 67021526
www.lm.gov.lv

VALSTS DARBA INSPEKCIJĀ

K. Valdemāra ielā 38, k-1, Rīgā, LV-1010
Tālrunis 67186522, 67186523
www.vdi.gov.lv

LATVIJAS DARBA DEVĒJU KONFEDERĀCIJĀ

Baznīcas ielā 25-3, Rīgā, LV-1010
Tālrunis 67225162
www.lddk.lv

RSU DARBA DROŠĪBAS UN VIDES VESELĪBAS INSTITŪTĀ

Dzirciema ielā 16, Rīgā, LV 1007
Tālrunis: 67409139
www.rsu.lv/ddvvi

INFORMĀCIJU PAR DARBA AIZSARDZĪBAS JAUTĀJUMIEM MEKLĒJIET MĀJAS LAPĀS

www.osha.lv
www.stradavesels.lv



LATVIJAS REPUBLIKAS
LABKLĀJĪBAS MINISTRIJA



VALSTS SOCIĀLĀS APRODZINĀŠANAS AĢENTŪRA



VALSTS DARBA INSPEKCIJA

Šis materiāls ir izdots ar Valsts Sociālās apdrošināšanas aģentūras atbalstu kā daļa no Darba aizsardzības preventīvo pasākumu plāna.

Materiālu sagatavoja: Rīgas Stradiņa universitātes Darba drošības un vides veselības institūts, 2013.
Bezmaksas izdevums.