

FOTOBIOLOŠKA VARNOST NEKOHERENTNIH OPTIČNIH SEVANJ – DOLOČILA NOVE UREDBE

Marta Klanjšek Gunde

Kemijski inštitut, Hajdrihova 19, 1001 Ljubljana

STROKOVNI ČLANEK

POVZETEK

Maja 2010 je začela veljati Uredba o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti umetnim optičnim sevanjem. Ta uredba je uskladičevala naše zakonodaje z evropsko (Direktiva 2006/25/EC), ki določa metodologijo za ugotavljanje stopnje ogroženosti zaradi škodljivih učinkov optičnih sevanj na delovnem mestu. Določene so najvišje dopustne vrednosti izpostavljenosti umetnim optičnim sevanjem, obveznosti delodajalca v zvezi z varovanjem zdravja zaposlenih in kazenske določbe. V tem prispevku so podrobneje opisane zahteve za nekoherentna optična sevanja. Takšna sevanja se pogosto uporabljajo pri različnih tehnoloških postopkih in raziskavah.

Ključne besede: umetna nekoherentna optična sevanja, fotobiološka varnost, škodljivi učinki optičnih sevanj, funkcije tveganja, mejne vrednosti izpostavljenosti

Photobiological safety of non-coherent optical radiation – about the new regulation

ABSTRACT

In May 2010 entered into force the Regulation on the protection of workers from risks related to exposure to artificial optical radiation. It provides the way of determination how to assess the degree of risk to exposure to optical radiation on working places. The largest acceptable exposures to optical radiation are determined, the obligations of employers to protect the health of employees and penalties. In this paper the requirements dedicated to protect against incoherent optical radiation are described in some details. Such radiation is frequently applied in technological processes and in research.

Keywords: artificial non-coherent optical radiation, photobiological safety, adverse effects of optical radiation, hazards functions, exposure limits

1 UVOD

Evropski parlament in Svet sta 5. aprila 2006 izdala *Direktivo 2006/25/ES* o minimalnih zdravstvenih in varnostnih zahtevah v zvezi z izpostavljenostjo delavcev tveganjem, ki nastanejo zaradi umetnih optičnih sevanj [1]. Gre za enega od štirih fizikalnih dejavnikov tveganja: hrup, vibracije, elektromagnetna polja in optična sevanja. Vlada Republike Slovenije je 29. aprila 2010 sprejela *Uredbo o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti umetnim optičnim sevanjem* [2]. *Uredba* določa mejne vrednosti izpostavljenosti, obveznosti delodajalca in kazenske določbe. Z njo je naša zakonodaja usklajena z direktivo Evropskega parlamenta in Sveta, kar se je zgodilo dva dni po roku, ki ga je zahtevala *Direktiva 2006/25/ES* (14. člen *Direktive*).

Umetna optična sevanja se pogosto uporabljajo pri najrazličnejših postopkih sodobnih tehnologij. Pomembne uporabe so obločni plamen, različni laserji,

svetloba v fotokopirnih strojih in ultravijolična svetloba, ki se uporablja za sterilizacijo, sušenje in utrjevanje polimerov. Pri nekaterih virih se je že do sedaj namenjala velika pozornost zaščiti delavcev pred škodljivimi vplivi premočne svetlobe. Tu gre omeniti zlasti uporabo obločnic in laserjev. Nekoherentni viri optičnih sevanj so se pri tehnoloških postopkih začeli pogosteje uporabljati predvsem v zadnjem času; med njimi razmeroma splošno poznamo le škodljive učinke ultravijolične svetlobe.

Z zaznavanjem učinkov svetlobe oz. optičnih sevanj in vplivom na žive organizme se ukvarja relativno mlada veda, fotobiologija. Med njene začetke lahko štejemo prve meritve izdatnosti eritema (pordečitve) človeške kože v odvisnosti od valovne dolžine ultravijolične svetlobe, ki so bile objavljene že leta 1931 [3]. Precej starejša je fotokemija, ki praviloma obravnava bistveno bolj enostavne kemijske sisteme, njeni izsledki pa so se že dosti pred merjenjem eritema uporabili v fotografskih postopkih. Temelje obeh je postavila fotofizika z raziskavami lastnosti elektromagnetnih sevanj in njihovimi meritvami. Raziskave na področju fotobiologije in fotofizike spadajo v širši okvir biofizike. Izsledki teh ved so skupno z medicinskimi dognanji vodili do razumevanja škodljivih učinkov optičnih sevanj in v znatni meri pomagali pri določanju najvišjih dopustnih izpostavljenosti takim sevanjem [4,5]. *Uredba* upošteva znanstveno dokazana dejstva številnih raziskav učinkov optičnih sevanj na človeško kožo in oči, ki so v strokovnih krogih že nekaj časa priznane kot standard [6].

V tem sestavku so podrobneje razložena določila *Uredbe*, ki se nanašajo na nekoherentne vire optičnih sevanj.

2 NEKOHERENTNA OPTIČNA SEVANJA

Optično sevanje je elektromagnetno valovanje z valovnimi dolžinami med 100 nm in 1 mm (0,1–1000 μm). Delimo ga na ultravijolično (UV), vidno in infrardeče (IR) sevanje. V širšem pomenu besede lahko optična sevanja imenujemo tudi svetloba. Razlog za to je veljavnost osnovnih zakonov geometrijske optike. Vsa nelaserska optična sevanja so nekoherentna.

Fotoni z manjšo valovno dolžino imajo večjo energijo, zato ima sevanje krajših valovnih dolžin lahko večje učinke na tkivo. Vendar je udorna globina valovanja s krajšo valovno dolžino manjša od tiste, do

katere lahko prodre valovanje večjih valovnih dolžin. Te razmeroma preproste zakonitosti zaplete absorpcija v snovi – če vrhnja plast absorbira sevanje, to ne more prodreti globlje ne glede na njegovo valovno dolžino.

UV-sevanje ima valovne dolžine med 100 nm in 400 nm. Deli se na tri območja: UV-A (315–400 nm), UV-B (280–315 nm) in UV-C (100–280 nm). Ta območja so določena glede na biološke učinke. UV-C-sevanje ima zaradi največje energije fotonov največje učinke v snovi. V naravnem okolju ni UV-C-sevanja, saj ga absorbira ozonska plast v ozračju, tako da pri normalni debelini ozonske plasti ne prodre do površja Zemlje. UV-B-sevanje je biološko aktivno, vendar ne prodre v globlje plasti kože. Odgovorno je za pordečitev in staranje človeške kože, kar pospešuje nastanek kožnega raka. UV-A-sevanje prodre v globlje plasti kože, vendar je biološko razmeroma neaktivno, saj naj ne bi povzročalo nepovratnih sprememb. Delitev na UV-C, UV-B in UV-A je razmeroma stara, vendar je splošno sprejeta [4–7]. Uvedli so jo v prvi polovici prejšnjega stoletja v skladu s takrat znanimi učinki na človeško tkivo. Kasnejše raziskave so pokazale še druge lastnosti UV-sevanja, vendar takrat že uveljavljenih meja niso več spreminjali. Največ podrobnosti se je pokazalo pri UV-A-območju. Novejša spoznanja kažejo, da je kratkovalovni del UV-A-sevanja pomemben dejavnik pri poškodbah DNA.

Vidno sevanje (vidna svetloba) je elektromagnetno valovanje z valovnimi dolžinami med 380 nm in 780 nm. To so valovne dolžine svetlobe, ki jo v idealnih razmerah še lahko zazna zdravo, mlado človeško oko. Navadno se uporablja ožje območje od 400 nm do 700 nm.

IR-sevanje ima valovne dolžine med 780 nm in 1 mm. Glede na absorpcijo v človeških tkivih se deli na tri območja, IR-A (780–1400 nm), IR-B (1400–3000 nm) in IR-C (od 3000 nm do 1 mm). Ključno vlogo pri tej delitvi ima absorpcija v roženici in leči človeškega očesa. Roženica prepušča skoraj celotno sevanje IR-A-območja, zato ta lahko pade na lečo, kjer se delno absorbira in razmeroma dobro fokusira v rumeni pegi na mrežnici. Večino IR-B-sevanja absorbira roženica, preostanek pa očesna tekočina in leča, zato ne pride do mrežnice. IR-C-sevanje se v celoti absorbira na roženici, zato ne pade na lečo. IR-A-sevanje torej lahko prodre do mrežnice, IR-B do leče, IR-C pa ne more prodreti v notranjost očesa. Taka delitev IR-sevanja pa se ne ujema s spektroskopsko delitvijo na bližnje (NIR), srednje (MIR) in daljne (FIR) IR-sevanje, kjer so upoštevani tipični mehanizmi nihanj, ki jih sproži infrardeče valovanje: nihanja funkcionalnih skupin, območje »prstnega odtisa« organskih molekul ter območje nihanja skupin s težkimi atomi in mrežnih nihanj.

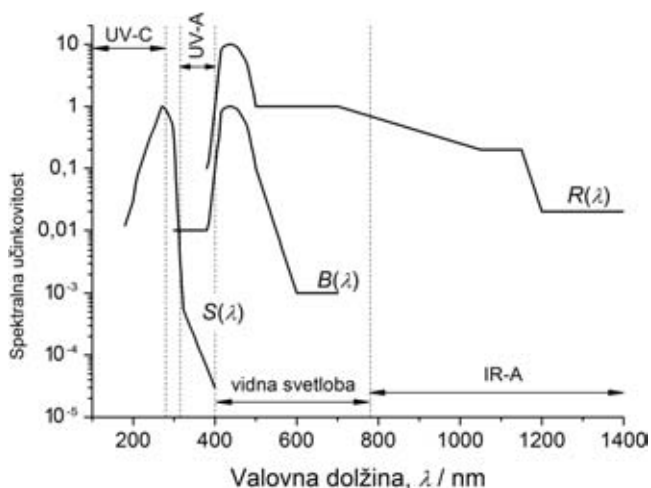
3 ŠKODLJIVI UČINKI OPTIČNIH SEVANJ

Večina učinkov optičnih sevanj se začne s fotokemijsko reakcijo, kjer absorbirani fotoni povzročijo kemijsko spremembo snovi. Tako nastala spremenjena snov nato sproži množico bioloških sprememb, katerih podrobnosti v večini primerov še niso podrobno raziskane. Biološke spremembe živega tkiva se le izjemoma v celoti regenerirajo – sčasoma se pokažejo nepovratne poškodbe oči in kože. Raziskave kažejo, da se škodljive posledice večkratne osvetlitve praviloma seštevajo. Poškodbe očesa z vidno svetlobo so razmeroma redke, saj se oko pred njimi dokaj učinkovito brani tako, da se zaprejo veke. Žal pa se ta obrambni mehanizem pri nevidni svetlobi (UV, IR) ne sproži. Take potrebe v naravnem okolju praktično ni, saj vsa pomembna nekoherentna sevanja v naravi vsebujejo tudi vidno svetlobo.

Funkcija ki pove, kako velika je možnost, da sevanje z valovno dolžino v določenem spektralnem intervalu sproži določeno reakcijo (poškodbo) v snovi, imenujemo akcijski spekter. Akcijski spektri za mnogo reakcij na koži in drugih tkivih so predmet številnih raziskav fotobiologov. Podatki več neodvisnih laboratorijev se za posamezne akcijske spektre med seboj razmeroma dobro ujemajo. Resnici na ljubo je večina, zlasti novjših akcijskih spektrov izmerjena pri zajcih in opicah. Podatki za človeka so redki, zato se strokovnjaki pogosto opirajo tudi na posredne epidemiološke podatke in na analogne podatke meritev pri živalih. V zadnjem času potekajo intenzivne fotobiološke raziskave tudi na tkivih drugih organizmov, zelo pogosto na rastlinah. Fotokemija preučuje akcijske spektre na neživih organskih in neorganskih snoveh. Te raziskave obetajo tudi veliko novih načinov uporabe nekoherentne svetlobe v medicini, biologiji in v tehnološke namene.

Zbiranje in urejanje eksperimentalnih podatkov o učinkih nekoherentnih optičnih sevanj je opravila CIE (*Commission Internationale de l'Eclairage*), mednarodna neprofitna strokovna organizacija, ki se ukvarja z različnimi vidiki svetlobe in razsvetljave, barvami in barvnimi prostori, s slikovnimi tehnologijami in z biološkimi vplivi nevidne svetlobe. Ta organizacija pripravlja tudi mednarodne standarde in tehnična priporočila. Škodljivi učinki nekoherentnih optičnih sevanj, ki jih obravnava *Uredba*, se neposredno vežejo na CIE-standard [6].

Škodljive učinke nekoherentnih optičnih sevanj opisujejo tri spektralno odvisne funkcije, $S(\lambda)$, $B(\lambda)$ in $R(\lambda)$ (slika 1). Te podajajo tveganje, da sevanje z določeno λ v tkivu povzroči škodljive učinke. *Uredba* jih imenuje spektralno ponderiranje (*spectral weighting functions*).



Slika 1: Funkcije tveganja za nekoherentne vire optičnih sevanj: za UV-sevanje – $S(\lambda)$, za vidno svetlobo – $B(\lambda)$ ter za vidno svetlobo in IR-A-sevanje – $R(\lambda)$ [1,2,6]

$S(\lambda)$, funkcija UV-tveganja (*actinic UV hazard function*), opisuje učinkovitost UV-sevanja za proženje poškodb oči in kože. Določena je v intervalu 180–400 nm, vrh ima pri 270 nm, pri $\lambda \geq 321$ nm pa pade pod 0,01. Biološki učinki, ki jih zajema $S(\lambda)$, so fotokeratitis, UV-katarakta in eritem. Fotokeratitis je vnetje roženice, ki ga poznamo kot »snežna slepota«. Katarakta je zamotnitev leče v očesu, t. i. siva mrena. UV-katarakto povzroča UV-svetloba. Eritem je pordečitev človeške kože. Akcijski spekter za nastanek eritema človeške kože je bil eden prvih znanih akcijskih spektrov [3]. Simptomi za fotokeratitis in eritem se pojavijo od 4 h do 12 h po osvetlitvi in navadno izginejo po nekaj dneh, odvisno od razlike med izpostavljenostjo in reakcijskim pragom posameznika. Škodljivi učinki UV-sevanja, ki jih zajema $S(\lambda)$, se lahko pojavijo kot posledica osvetlitve z večino UV-svetilk, ki se uporabljajo za razkuževanje, z živosrebrovimi sijalkami ter s ksenonovimi obločnicami.

$B(\lambda)$ je funkcija škodljivih učinkov modre svetlobe (*blue-light hazard function*). Zajema fotokemijsko povzročene poškodbe mrežnice, ki jih v največji meri povzroča modra svetloba z valovnimi dolžinami med 400 nm in 500 nm. Med najbolj poznanimi je fotoretinitis, poškodba mrežnice, povzročena z modro svetlobo. Ta poškodba prevladuje nad termično vzbujenim mehanizmom podobne poškodbe, kadar je čas osvetlitve daljši od 10 s. Funkcija $B(\lambda)$ je določena s spektralnim intervalom 300–700 nm in ima vrh pri 445 nm. Gre za fotokemijsko sprožene biološke reakcije, ki potekajo v epiteliju mrežnice. Nekaj sprememb tkiva se po določenem času regenerira, večina pa je nepovratnih. Močan fotoretinitis pa se zgodi, če daljnogled usmerimo v sonce. V takem primeru je naravni obrambni mehanizem prepočasen, količina sevanja, ki se pred zaprtjem vek fokusira na

mrežnico pa izdatno presega mejno vrednost za poškodbo.

$R(\lambda)$ podaja spektralno odvisnost poškodb oči zaradi termičnih vplivov, ki so posledica sevanja vidne svetlobe in IR-A-sevanja (*burn hazard function*). Določena je za valovne dolžine med 380 nm in 1400 nm in upošteva skupni učinek infrardeče katarakte, pa tudi različnih termičnih poškodb mrežnice, tudi fotoretinitisa. IR-katarakta je očesna mrena (siva mrena), ki je poznana tudi kot siva mrena industrijskih kurjačev in steklopihačev. Nastane zaradi delne absorpcije IR-A-sevanja v leči, kjer se sevanje pretvori v toploto. Možen vzrok za IR-katarakto je tudi prenos toplote s prevajanjem iz šarenice, ki absorbira večino vpadnega IR-A-sevanja. Akcijski spekter za IR-katarakto je poznan pri zajcih, za ljudi pa so znani le epidemiološki podatki. IR-katarakta se pojavi po nekaj letih izpostavljenosti močnemu IR-A-sevanju. Sevalno povzročene termične poškodbe mrežnice, ki nastanejo pri krajših osvetlitvah (manj kot 10 s) s svetlobo valovne dolžine nad 700 nm, se pojavijo praktično takoj po osvetlitvi. Te poškodbe se pojavljajo kot slepa pega na območju mrežnice, kamor se je preslikalo svetilo. Izguba vida se lahko delno povrne, vendar šele v nekaj tednih po osvetlitvi.

4 DOLOČILA UREDBE

Uredba določa minimalne standarde za preprečevanje poškodb kože in oči zaradi umetnih optičnih sevanj, mejne vrednosti izpostavljenosti tem sevanjem, obveznosti delodajalcev in kazenske določbe. Mejne vrednosti izpostavljenosti so postavljene tako, da pri večini oseb kljub ponavljajoči se izpostavljenosti ni pričakovati škodljivih učinkov na koži in v očeh. Te mere pa ne veljajo za svetlobno preobčutljive osebe in tiste, ki so pod vplivom fotosenzibilizatorjev [6]. *Uredba* ne obravnava škodljivih učinkov sončne svetlobe, zato ne omejuje dela na prostem.

4.1 Mejne vrednosti za nekoherentna optična sevanja

Vrednosti izpostavljenosti nekoherentnemu viru sevanja pri danih pogojih izračunamo iz dveh radiometrično izmerjenih podatkov: sevnosti vira (L) in obsevanosti površine (E). Tisti, ki se ukvarjajo z vidno svetlobo, najpogosteje uporabljajo fotometrijo in govorijo o svetlosti vira (L_v) ter osvetljenosti površine (E_v), kjer indeks »v« označuje, da gre za vidno svetlobo. V fotometriji se praviloma uporablja fiziološko merilo, ki temelji na spektralni občutljivosti očesa za vidno svetlobo. Veličine, ki so izražene v fiziološkem merilu (kandela, lux, lumen), niso uporabne za izračun mejnih izpostavljenosti škodljivim učinkom svetlobe. Za te učinke je pomembna svetloba vseh valovnih dolžin, občutljivost tkiva pa je podana s

funkcijo tveganja oz. akcijskim spektrom za konkretno reakcijo. Občutljivost očesa za vidno svetlobo je pravzaprav akcijski spekter za vidno zaznavanje v svetlobnih receptorjih v mrežnici.

Nekoherentna svetila so v večini primerov razsežna, to so netočkasta svetila. Spektralna odvisnost sevnosti takega vira (L_λ) podaja spektralno gostoto toka, ki ga oddaja vir. Določena je z:

$$L_\lambda = \frac{d\Phi(\lambda)}{dA \cdot \cos\theta \cdot d\Omega \cdot d\lambda} \quad (1)$$

kjer je $d\Phi(\lambda)$ sevalni tok v intervalu $d\lambda$, ki pade na ploskev dA pod vpadnim kotom θ pri prostorskem kotu $d\Omega$. Spektralni sevalni tok Φ je podan v W/nm, spektralna sevnost vira pa v W/(m² nm sr). Spektralna obsevanost (E_λ) izbrane ploskve je določena s sevalnim tokom $d\Phi(\lambda)$, ki pade na površino dA v spektralnem intervalu $d\lambda$:

$$E_\lambda = \frac{d\Phi(\lambda)}{dA \cdot d\lambda} \quad (2)$$

Spektralna obsevanost je podana v W/(m² nm). Ta podatek navadno izmerimo, spektralno sevnost vira (L_λ) pa lahko izračunamo iz:

$$E_\lambda = L_\lambda \cdot \Omega \quad (3)$$

kjer je Ω prostorski kot (zorni kot) merjenja.

Zaradi enostavnosti ocenjevanja stopnje škodljivih učinkov sevanja na izbranem mestu izmerimo le

največjo spektralno obsevanost in predpostavimo, da se s časom ne menja. Tako dobimo zgornjo mejo največjih možnih učinkov sevanja.

Izpostavljenost sevanju (H) je določena z integralom spektralne obsevanosti po trajanju obsevanja in po valovni dolžini v intervalu, ki velja za izbrani škodljivi učinek sevanja:

$$H_{\lambda_1\lambda_2} = \int_0^t dt \cdot \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E_\lambda(\lambda, t) \cdot d\lambda \quad (4)$$

Efektivna izpostavljenost sevanju upošteva tudi funkcijo tveganja za izbrani škodljivi učinek, oz. za t. i. spektralno ponderiranje, ki opisuje pripadajoči zdravstveni vpliv. Tako je efektivna izpostavljenost UV-sevanju:

$$H_{\text{eff,UV}} = \int_0^t dt \cdot \int_{180}^{400} E_\lambda(\lambda, t) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda \quad (5)$$

kjer je uporabljena funkcija tveganja za UV-sevanje. Efektivna izpostavljenost sevanju je podana v J/m².

Uredba določa tudi največje efektivne sevnosti in obsevanosti, ki jih sme povzročati biološko varen sevalni vir. Te izračunamo tako, da spektralno sevnost vira in spektralno obsevanost, ki jo povzroča, utežimo z ustrezno funkcijo in integriramo v izbranem spektralnem intervalu. Efektivno sevnost vira za modro svetlobo izračunamo s funkcijo $B(\lambda)$:

$$L_B = \int_{300}^{700} L_\lambda(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda \quad (6)$$

Tabela 1: Mejne vrednosti izpostavljenosti, sevnosti in obsevanosti sevalnemu viru za različne dele spektra, kot jih določa Uredba [1,2]

opis	izračun	mejna vrednost	opomba
efektivna izpostavljenost UV-sevanju	$H_{\text{eff}} = \int_0^{8\text{h}} dt \cdot \int_{180}^{400} E_\lambda(\lambda, t) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda$	30 J/m ²	največja dopustna dnevna vrednost
izpostavljenost UV-A-sevanju	$H_{\text{UV-A}} = \int_0^{8\text{h}} dt \cdot \int_{315}^{400} E_\lambda(\lambda, t) \cdot d\lambda$	10 ⁴ J/m ²	največja dopustna dnevna vrednost
efektivna sevnost za modro svetlobo	$L_B = \int_{300}^{700} L_\lambda(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda$	10 ⁶ /t W/(m ² sr); (t ≤ 10 000 s) 100 W/(m ² sr); (t > 10 000 s)	pri zornem kotu α ≥ 11 mrad
efektivna obsevanost za modro svetlobo	$E_B = \int_{300}^{700} E_\lambda(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda$	100/t W/m ² ; (t ≤ 10 000 s) 0,01 W/m ² ; (t > 10 000 s)	pri zornem kotu α ≥ 11 mrad; za primer oftalmoloških opazovanj ali stabiliziranega očesa med anestezijo
efektivna sevnost za vidno svetlobo in IR-A-sevanje	$L_R = \int_{380}^{1400} L_\lambda(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot d\lambda$	2,8 · 10 ⁷ /C _α W/(m ² sr); (t > 10 s) 5 · 10 ⁷ /C _α · t ^{0,25} W/(m ² sr); (10 μs < t < 10 s) 8,89 · 10 ⁸ /C _α W/(m ² sr); (t < 10 μs)	$C_\alpha = \begin{cases} 1,7 \Leftrightarrow \alpha \leq 1,7\text{mrad} \\ \alpha \Leftrightarrow 1,7 \leq \alpha \leq 100\text{mrad} \\ 100 \Leftrightarrow \alpha > 100\text{mrad} \end{cases}$
efektivna sevnost za IR-A-sevanje	$L_R = \int_{780}^{1400} L_\lambda(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot d\lambda$	6 · 10 ⁶ /C _α W/(m ² sr); (t > 10 s) 5 · 10 ⁷ /C _α · t ^{0,25} W/(m ² sr); (10 μs < t < 10 s) 8,89 · 10 ⁸ /C _α W/(m ² sr); (t < 10 μs)	$C_\alpha = \begin{cases} 11 \Leftrightarrow \alpha \leq 11\text{mrad} \\ \alpha \Leftrightarrow 11 \leq \alpha \leq 100\text{mrad} \\ 100 \Leftrightarrow \alpha > 100\text{mrad} \end{cases}$
celotna obsevanost za IR-A- in IR-B-sevanje	$E_{\text{IR}} = \int_{780}^{3000} E_\lambda(\lambda) \cdot d\lambda$	18 000/t ^{0,75} W/m ² ; (t ≤ 1000 s) 100 W/m ² ; (t > 1000 s)	
izpostavljenost kože za vidno, IR-A- in IR-B-sevanje v času t	$H_{\text{koža}} = \int_0^t dt \cdot \int_{380}^{3000} E_\lambda(\lambda, t) \cdot d\lambda$	20 000 · t ^{0,25} J/m ² ; (t < 10 s)	

efektivno obsevanost za modro svetlobo pa:

$$E_B = \int_{300}^{700} E_\lambda(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda \quad (7)$$

Mejne vrednosti izpostavljenosti, sevnosti in obsevanosti, kot jih določa *Uredba*, so podane v **tabeli 1**.

4.2 Obveznosti delodajalcev

Delodajalec mora ugotoviti izpostavljenost delavcev optičnim sevanjem in oceniti tveganje za njihovo zdravje pri delu. Za to je treba izmeriti in izračunati ravni izpostavljenosti umetnim optičnim sevanjem. Če so te previsoke, je treba izvesti ustrezne ukrepe za zmanjšanje izpostavljenosti.

Delodajalec mora izdelati oceno tveganj v skladu z določili *Uredbe*. Pri tem je treba paziti tudi na posebno občutljive skupine delavcev, pri čemer se upošteva strokovna ocena pooblaščenega zdravnika. Pozorno je treba ovrednotiti tudi medsebojne učinke optičnih sevanj in za svetlobo občutljivih kemikalij na delovnem mestu, posredne vplive optičnih sevanj ter možnost sočasne izpostavljenosti več sevalnim virom.

Delodajalec mora zagotoviti zmanjšanje tveganj zaradi umetnih optičnih sevanj na najnižjo možno raven pri samem viru sevanja. Če obstaja možnost, da bi bile mejne vrednosti presežene, je treba uporabiti druge delovne postopke, izbrati drugačno delovno opremo, uporabiti ustrezna zaščitna sredstva ali omejiti trajanje izpostavljenosti, tako da se izpostavljenost ustrezno zmanjša. Delovna mesta, kjer bi bili delavci lahko izpostavljeni optičnim sevanjem, ki presegajo mejne vrednosti, je treba ustrezno označiti in omejiti dostop do njih.

Delodajalec mora delavce, ki so pri delu lahko izpostavljeni tveganjem zaradi umetnih optičnih sevanj, ustrezno usposobiti za delo v takih razmerah. Takim delavcem je treba zagotoviti ustrezne zdravstvene preglede. Posebni postopki so predvideni tudi za primer ugotovljenega škodljivega vpliva optičnih sevanj na zdravje.

4.3 Kazenske določbe

Uredba določa tudi globe za kršenja njenih določil. Za odgovorno osebo delodajalca je predvidena globa od 800 € do 4000 €, za delodajalca pa od 2000 € do 40 000 €.

5 SKLEP

Uredba zapolnjuje pomembno vrzel na področju varovanja zdravja pri delu. Verjetno je najpomembnejše, da uvaja natančno določena merila za ugotavljanje stopnje ogroženosti, ta pa temeljijo na številnih raziskavah, o njih pa je bil dosežen širok mednarodni konsenz.

Uredba velja za delo v zaprtih prostorih in ne obravnava učinka naravnih optičnih sevanj (sončne svetlobe). Vendar je izračun dopustnih nivojev obsevanosti ustrezen tudi za sevanje v naravnem okolju. Tako lahko ocenimo, kako velikemu tveganju smo izpostavljeni na prostem in kako se moramo zavarovati pred morebitnimi škodljivimi učinki.

Uredba je začela veljati 15. maja 2010 in je usklajena z zahtevami Direktive 2006/25/EC Evropskega parlamenta in Sveta. Roki za pridobitev podatkov o ravneh izpostavljenosti umetnim optičnim sevanjem na posameznih delovnih mestih in za izdelavo pripadajoče ocene tveganj niso določeni.

Direktiva 2006/25/EC tudi določa, da je mogoče za oceno izpostavljenosti uporabiti podatke proizvajalca opreme, če ti ustrezajo določilom Direktive. Podatke o količini sevanja so začeli proizvajalci podajati šele v zadnjem času. Zato je upravičeno pričakovati, da bo treba sevanje vseh sedanjih aparatov, ki sevajo v prostor, kjer so delavci, ustrezno izmeriti, oceniti nivo ogroženosti in pripraviti oceno tveganj.

6 LITERATURA

- [1] Direktiva 2006/25/EC Evropskega parlamenta in Sveta z dne 5. aprila 2006 o minimalnih zdravstvenih in varnostnih zahtevah v zvezi z izpostavljenostjo delavcev tveganjem, ki nastanejo zaradi fizikalnih dejavnikov (umetnih optičnih sevanj) (19. posebna direktiva v smislu člena 16(1) Direktive 89/391/EGS), Uradni list Evropske Unije L 114/38, 27. 4. 2006
- [2] Uredba o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti umetnim optičnim sevanjem, Uradni list Republike Slovenije št. 34/2101 z dne 30. 4. 2010, str. 4892
- [3] W. W. Coblenz, R. Stair, J. M. Hogue, *Proc. Nat. Acad. Sci. U. S.*, 17 (1931), June, 401–403
- [4] CIE collection in photobiology and photochemistry, ASBN 3 900 7434 94 1. CIE 134:1999, Vienna: Commission Internationale de l'Eclairage, 1999
- [5] Erythema reference action spectrum and standard erythema dose, CIE standard CIE S 007/E-1998, ISO 17166:1999(E). Vienna: Commission Internationale de l'Eclairage
- [6] Photobiological Safety of Lamps and Lamp Systems, CIE S 009/E:2002/IEC 62471:2006, Vienna: Commission Internationale de l'Eclairage, 2002
- [7] M. Klanjšek Gunde, *Naravoslovna solnica*, 12 (2008) 2, 6–10