



UNIVERZITET U NOVOM SADU  
PRIRODNO-MATEMATIČKI  
FAKULTET  
DEPARTMAN ZA FIZIKU



# SPEKTRALNE KARAKTERISTIKE VEŠTAČKIH IZVORA UV ZRAČENJA -SOLARIJUMI-

- diplomski rad -

Mentor: Prof dr. Zoran  
Mijatović

Kandidat: Aleksandra  
Perić

Novi Sad, 2007.

# SADRŽAJ

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>1. UVOD</b>                                                               | 8  |
| <b>2. ELEKTROMAGNETNO ZRAČENJE. OSOBINE I IZVORI</b>                         | 10 |
| 2.1. OSOBINE ELEKTROMAGNETNOG ZRAČENJA                                       | 10 |
| 2.2. SPEKTAR ELEKTROMAGNETNOG ZRAČENJA                                       | 10 |
| 2.3. NEJONIZUJUĆE ELEKTROMAGNETNO ZRAČENJE                                   | 11 |
| 2.3.1. OPTIČKO ZRAČENJE                                                      | 12 |
| 2.4. IZVORI ELEKTROMAGNETNOG ZRAČENJA                                        | 12 |
| 2.4.1. TOPLOTNI IZVORI ZRAČENJA                                              | 12 |
| 2.4.1.1. Karakteristike toplotnog zračenja                                   | 13 |
| 2.4.1.2. Model crnog tela i zakoni toplotnog zračenja crnog tela             | 13 |
| 2.4.1.3. Sunce kao prirodni toplotni izvor                                   | 15 |
| 2.4.2. LUMINESCENTNI IZVORI ZRAČENJA                                         | 17 |
| <b>3. UV ZRAČENJE. OSOBINE</b>                                               | 19 |
| 3.1. UV ZRAČENJE KAO DEO ELEKTROMAGNETNOG SPEKTRA                            | 19 |
| 3.1.1. PODELA UV ZRAČENJA                                                    | 19 |
| 3.2. AKTIVNI SPEKTAR UV ZRAČENJA, UV INDEKS I MINIMALNA ERITEMSKA DOZA (MED) | 21 |
| <b>4. DEJSTVO UV ZRAČENJA</b>                                                | 25 |
| 4.1. DEJSTVO UV ZRAČENJA NA LJUDSKI ORGANIZAM                                | 25 |
| 4.1.1. DEJSTVO UV ZRAČENJA NA KOŽU                                           | 26 |
| 4.1.1.1. Koža                                                                | 26 |
| 4.1.1.2. Prodiranje UV zračenja u kožu                                       | 27 |
| 4.1.1.3. Negativni efekti dejstva UV zračenja na kožu                        | 29 |
| 4.1.1.3.1. Efekti akutnog dejstva UV zračenja na kožu                        | 29 |
| 4.1.1.3.2. Efekti hroničnog dejstva UV zračenja na kožu                      | 30 |
| 4.1.1.4. Pozitivni efekti dejstva UV zračenja na kožu                        | 32 |
| 4.1.1.5. Zaštitni mehanizmi kože                                             | 32 |

|                                                                               |           |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.1.1.6. UV osetljivost kože i tipovi kože.....                               | 34        |
| 4.1.2. DEJSTVO UV ZRAČENJA NA OČI.....                                        | 35        |
| <b>5. ZAŠTITA OD UV ZRAČENJA.....</b>                                         | <b>37</b> |
| 5.1. ZAŠTITA KOŽE.....                                                        | 37        |
| 5.1.1. PREPARATI ZA ZAŠTITU KOŽE.....                                         | 37        |
| 5.1.1.1. Zaštitni faktor.....                                                 | 38        |
| 5.1.1.2. Zaštitni filtri.....                                                 | 39        |
| 5.2. ZAŠTITA OČIJU.....                                                       | 40        |
| <b>6. VEŠTAČKI IZVORI UV ZRAČENJA. OSOBINE<br/>I VRSTE UV LAMPI.....</b>      | <b>41</b> |
| 6.1. UŽARENE LAMPE.....                                                       | 41        |
| 6.2. FLUORESCENTNE LAMPE.....                                                 | 41        |
| 6.2.1. KRATAK ISTORIJAT.....                                                  | 42        |
| 6.2.2. PRINCIP RADA FLUORESCENTNIH LAMPI.....                                 | 42        |
| 6.2.3. DIZAJN CEVI.....                                                       | 45        |
| 6.2.4. TIPOVI (VRSTE) FLUORESCENTNIH LAMPI.....                               | 45        |
| 6.3. HALOGENE LAMPE.....                                                      | 46        |
| 6.4. UV LASERI.....                                                           | 47        |
| <b>7. SOLARIJUMI. TEHNIKA UREĐAJA,<br/>RAD I ODRŽAVANJE, KVALITET.....</b>    | <b>48</b> |
| 7.1. TEHNIKA UREĐAJA.....                                                     | 48        |
| 7.1.1. OPTIČKI DELOVI SOLARIJUMA.....                                         | 49        |
| 7.1.1.1. Izvori zračenja.....                                                 | 50        |
| 7.1.1.2. Reflektori.....                                                      | 53        |
| 7.1.1.3. Filtri.....                                                          | 53        |
| 7.1.1.4. Ploče od akrilnog stakla.....                                        | 54        |
| 7.1.2. STARENJE I EFEKTIVAN VEK TRAJANJA<br>OPTIČKIH DELOVA.....              | 54        |
| 7.2. RAD SOLARIJUMA.....                                                      | 55        |
| 7.2.1. RADNI USLOVI U POGLEDU ELEKTRIČNE ENERGIJE I<br>RADNA TEMPERATURA..... | 55        |
| 7.2.2. HLAĐENJE I APSORPCIJA INFRACRVENOG<br>ZRAČENJA.....                    | 56        |
| 7.3. KARAKTERISTIKE I KLASIFIKACIJA SOLARIJUMA.....                           | 56        |
| 7.3.1. POJMOVI I VELIČINE VREDNOVANJA.....                                    | 56        |
| 7.3.1.1. Faktor ujednačenosti.....                                            | 56        |
| 7.3.1.2. Intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema.....                | 57        |

|                                                                                           |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 7.3.1.3. Faktor Sunca koji utiče na pojavu eritema.....                                   | 57         |
| 7.3.1.4. Maksimalno vreme trajanja prvog ozračivanja i<br>granično vreme ozračivanja..... | 58         |
| 7.3.2. KLASIFIKACIJA SOLARIJUMA.....                                                      | 58         |
| 7.3.2.1. Podela prema veličini korisne površine.....                                      | 59         |
| 7.3.2.2. Podela prema spektralnoj raspodeli.<br>Grupe aparata.....                        | 59         |
| 7.3.3. OZNAKE I NATPISI NA APARATU.....                                                   | 60         |
| 7.4. ZAHTEVI U POGLEDU OBEZBEĐIVANJA<br>KVALITETA.....                                    | 62         |
| 7.4.1. NORME (STANDARDI).....                                                             | 62         |
| 7.4.2. ODRŽAVANJE APARATA.....                                                            | 63         |
| 7.4.2.1. Zamena optičkih delova.....                                                      | 63         |
| 7.4.3. Kontrola kvaliteta i sertifikacija.....                                            | 63         |
| 7.5. DOZIRANJE I OGRANIČAVAJUĆI FAKTORI PRI<br>IZLAGANJU KOŽE UV ZRAČENJU.....            | 64         |
| 7.5.1. SAVETI I KRITERIJUMI PREMA KOJIMA SE ISKLJUČUJE<br>UPOTREBA SOLARIJUMA.....        | 64         |
| 7.5.1.1. Sveti.....                                                                       | 65         |
| 7.5.2. INDIVIDUALNO DOZIRANJE UV ZRAČENJA I<br>PLAN OZRAČIVANJA.....                      | 65         |
| 7.5.2.1. Određivanje pojedinačnih doza UV zračenja.....                                   | 66         |
| 7.5.2.2. Učestalost ozračivanja i kumulativne doze.....                                   | 66         |
| 7.6. RAZGOVOR I SAVETOVANJE KLIJENATA.....                                                | 66         |
| <b>8. REZULTATI. OBRADA I ANALIZA.....</b>                                                | <b>68</b>  |
| 8.1. MERNI UREĐAJI I METOD RADA.....                                                      | 68         |
| 8.1.1. SNIMANJE SPEKTRA ZRAČENJA.....                                                     | 68         |
| 8.1.2. MERENJE INTENZITETA ZRAČENJA.....                                                  | 69         |
| 8.2. OBRADA I ANALIZA REZULTATA.....                                                      | 69         |
| <b>9. ZAKLJUČAK.....</b>                                                                  | <b>122</b> |
| <b>DODATAK A</b>                                                                          |            |
| IZJAVA O SAGLASNOSTI.....                                                                 | 123        |
| <b>DODATAK B.....</b>                                                                     |            |
| PROCENA TIPRA KOŽE.....                                                                   | 124        |
| <b>LITERATURA I INTERNET ADRESE.....</b>                                                  | <b>126</b> |



## 1. UVOD



Ultraljubičasto (UV) zračenje predstavlja elektromagnetno (EM) zračenje u intervalu talasnih dužina od 100-400 nm. Ovo zračenje emituju različiti veštački izvori, ali i Sunce kao prirodni izvor EM zračenja. UV zračenje ima važnu ulogu u biohemijskim procesima koji se odigravaju u ćelijama živih organizama i neophodni su za njihovo fiziološko funkcionisanje. Drugim rečima, UV zračenje je neophodno za opstanak živog sveta na našoj Planeti.

Tokom svoje evolucije organizmi su se prilagodili prirodnim nivoima solarnog UV zračenja i svako povećanje intenziteta ili promena spektra ovog zračenja, koje stiže do Zemljine površine, prouzrokuje štetne posledice po živi svet-*biosferu*.

Iako su štetni efekti dejstva UV zračenja na žive organizme bili poznati još u XIX veku [Morys and Berger, 1993], tek otkrićem smanjene debljine ozonskog omotača iznad Antarktika i pojavom „ozonskih rupa“ 80-tih godina prošlog veka, svetska javnost počinje da posvećuje pažnju UV zračenju kao ekološkom problemu. Intenzitet i spektar UV zračenja, koje dospeva do površine Zemlje, direktno zavisi od debljine ozonskog sloja.

Ozon ( $O_3$ ) je nestabilan gas koji se lako razgrađuje pod dejstvom organskih jedinjenja, naročito pod dejstvom hlorofluorokarbonata (freoni, haloni...), koji su našli široku primenu kako u industriji, tako i u svakodnevnom životu. Ozon predstavlja zaštitni sloj Zemlje, bez koga na njoj ne bi postojao ni jedan nama poznat oblik života. Ozon ima ulogu filtra (apsorbera) zračenja. On efikasno apsorbuje visokoenergetsko EM zračenje, tako da na površinu Zemlje dospeva filtrirano sunčevo zračenje iz optičkog dela spektra (niskoenergetsko UV zračenje, vidljivo zračenje i infracrveno zračenje). Svaka promena u kvalitetu ili kvantitetu ovog filtriranog zračenja, koja se javlja kao posledica smanjenja količine ozona, može izazvati štetne posledice, kako po zdravlje ljudi, tako i na celokupnu biosferu i globalnu klimu.

Činjenica je da svako naučno otkriće prati razvoj tehnike i tehnologije kojima se poboljšavaju uslovi, kvalitet i standard savremenog života. Tako se pored prirodnog UV zračenja, ljudi danas sve više izlažu UV zračenju emitovanom od strane veštačkih izvora, koji se koriste kako u medicinske tako i u kozmetičke i estetske svrhe. Time je znatno povećan rizik od štetnog dejstva UV zračenja, naročito za ljude sa osetljivom kožom.

Nažalost, štetni efekti koji se javljaju kao posledica prekomernog izlaganja UV zračenju nisu trenutni i odmah vidljivi, već se akumuliraju u organizmu i ispoljavju godinama kasnije, kad već uveliko postoje oštećenja. Kako je UV zračenje nevidljivo za ljudsko oko i „neosetno“ za ostala ljudska čula, čovek nije u mogućnosti da sam proceni nivo svoje izloženosti UV zračenju bez adekvatnih informacija. Zbog toga je adekvatna informisanost i edukacija stanovništva o štetnom dejstvu UV zračenja, kao i o merama zaštite neophodna, kao sastavni deo zaštite životne sredine.

U mnogim zemljama postoje zakonske regulative i propisi kojima je regulisano korišćenje i kontrola veštačkih izvora UV zračenja, naročito onih koji se koriste u

kozmetičke i estetske svrhe i dostupni su praktično svim grupama stanovništva. Jedni od njih su kreveti za veštačko sunčanje, tzv. solarijumi.

Kod nas se nažalost ovom problemu ne posvećuje dovoljno pažnje. U našoj zemlji ne postoji zakonska regulativa za oblast UV zračenja, kontrolu veštačkih izvora UV zračenja, pa samim tim ne postoji ni adekvatna edukacija i informisanost javnosti o svim relevantnim pitanjima vezanim za ovo zračenje.

Cilj ovog diplomskog rada je bio, da se ispituju spektralne karakteristike solarijum-aparata, koji poslednjih godina kod nas imaju veliku primenu i dostupni su praktično svima, a samim tim, na osnovu dobijenih rezultata, ukaže i na potrebu za donošenjem zakonskih regulativa o kontroli kvaliteta ovih izvora zračenja i adekvatnim merama zaštite od dejstva UV zračenja, koje potiče od veštačkih izvora.

Snimljeni su spektri i izvršena merenja intenziteta UV zračenja kod pet različitih tipova solarijuma u tri novosadska salona za sunčanje. Za klasifikaciju ovih aparata, korišćeni su kriterijumi i standardi koji važe u zemljama Evropske unije, pre svega u Nemačkoj i Švedskoj. Ovi kriterijumi i standardi su navedeni u sedmom poglavlju, dok je obrada i analiza izmerenih podataka data u osmom poglavlju ovog rada.

## 2. ELEKTROMAGNETNO ZRAČENJE. OSOBINE I IZVORI

lektromagnetno zračenje emituju sva tela u zavisnosti od stepena zagrejanosti, odnosno temperature. Tela koja emituju elektromagnetno zračenje na račun svoje unutrašnje energije (energije toplotnog kretanja), predstavljaju **toplotne izvore zračenja**. Tela koja emituju elektromagnetno zračenje nezavisno od svoje temperature, predstavljaju **luminescentne izvore zračenja**.

### 2.1. OSOBINE ELEKTROMAGNETNOG ZRAČENJA

lank je prvi pretpostavio da se elektromagnetno zračenje ne emituje kontinualno u vidu elektromagnetnih talasa, već u paketima određene energije. Ovi individualni paketi energije nazvani su kvantima elektromagnetnog zračenja – **fotonima**. Fotoni su nosioci određene (kvantovane) energije elektromagnetnog zračenja, putem kojih se ta energija prenosi sa jednog tela na drugo. Osnovne karakteristike fotona su njegova energija  $E$  i talasna dužina  $\lambda$ .

Energija fotona je prema Plankovoj hipotezi data relacijom:

$$E = h\nu \quad (2.1)$$

gde je  $h$  Plankova konstanta ( $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$  Js), a  $\nu$  frekvencija elektromagnetnog zračenja koja se izražava u hercima Hz ( $1\text{Hz} = 1/\text{s}$ ). Iz (2.1) se vidi da je energija fotona direktno srazmerna frekvenciji elektromagnetnog zračenja, a konstantu srazmernosti predstavlja Plankova konstanta  $h$ .

Talasna dužina fotona je sa frekvencijom povezana relacijom:

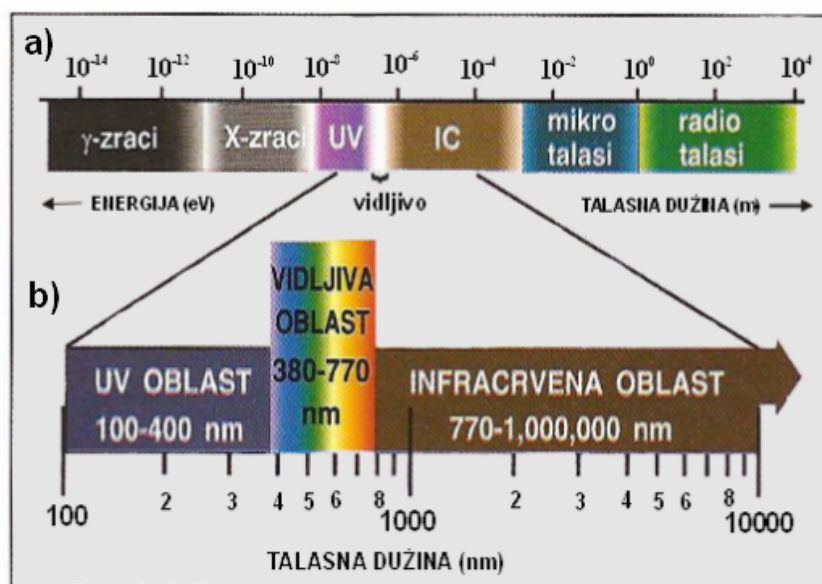
$$\lambda = \frac{c}{\nu} \quad (2.2)$$

gde je  $c$  brzina svetlosti ( $c \approx 300\,000\text{ km/s} = 3 \cdot 10^8\text{ m/s}$ ). Na osnovu (2.2) se vidi da je talasna dužina fotona obrnuto srazmerna frekvenciji elektromagnetnog zračenja.

### 2.2. SPEKTAR ELEKTROMAGNETNOG ZRAČENJA

lektromagnetno zračenje obuhvata veoma širok opseg frekvencija, odnosno talasnih dužina. Dijapazon zračenja svih talasnih dužina predstavlja **spektar EM zračenja**. U spektru EM zračenja se izdvajaju pojedine **spektralne oblasti** (sl.2.1.a), koje se međusobno razlikuju po načinu nastajanja i određenim osobinama koje ispoljavaju pri interakciji sa sredinom kroz koju se prostiru.

Najveće energije i najmanje talasne dužine (manje od milijarditog dela metra) imaju  $\gamma$  **zraci**.  $\gamma$  zraci nastaju pri kvantnim prelazima, koji se odigravaju u jezgrima atoma. Oblast spektra EM zračenja koju čine  $\gamma$  zraci, naziva se  $\gamma$  **oblast**.



Sl. 2.1. a) Spektar elektromagnetnog zračenja; b) Optički deo spektra

Iza  $\gamma$  zraka se nalaze **rendgenski** ili tzv. **X- zraci**. Oblast EM spektra koju čine rendgenski zraci, naziva se **X oblast**.

Nižu energiju i veće talasne dužine od X zraka ima **ultraljubičasto (UV) zračenje**, koje čini **ultraljubičastu** ili **UV oblat** spektra.

Iza UV zračenja se nalazi **vidljivo zračenje (VIS)**. Vidljivo zračenje obuhvata najuži opseg talasnih dužina i to je jedino zračenje iz elektromagnetnog spektra, koje ljudsko oko može da registruje. Regstruje ga kao svetlost raričitih boja. Oblast spektra EM zračenja koju čini vidljivo zračenje, naziva se **vidljiva oblast**.

Sa daljim povećanjem talasnih dužina vidljivi deo spektra se nastavlja na **infracrveno (IC) zračenje**, a odgovarajuća oblast spektra se naziva **infracrvena** ili **IC oblast**. IC zračenje intenzivno emituju zagrejana tela, pa se ovo zračenje često naziva i **toplotno zračenje**.

Elektromagnetni spektar se dalje, sa povećanjem talasne dužine, nastavlja **mikrotalasima** i **radiotalasima**.

Granice između pojedinih oblasti EM spektra nisu oštre, već postoje prelazne oblasti, koje se javljaju kao posledica toga što talasna dužina nije jedina karakteristika posmatrane spektralne oblasti, već i njen način dobijanja, upotreba, osobine...

## 2.3. NEJONIZUJEĆE ELEKTROMAGNETNO ZRAČENJE

**U** zavisnosti od energije, elektromagnetno zračenje jeste ili nije u stanju da izvrši jonizaciju atoma ili molekula sredine kroz koju se prostire. Na osnovu ove karakteristike, spektar EM zračenja se deli na **jonizujuće** i **nejonizujuće**

elektromagnetno zračenje. Zračenje viših frekvencija, odnosno manjih talasnih dužina ima veće energije, koje su dovoljne da izvrše jonizaciju posmatrane sredine. U takva zračenja spadaju  $\gamma$  zraci i  $X$  zraci, pa ovaj deo spektra predstavlja jonizujuće elektromagnetno zračenje. Iako i UV zračenje ima dovoljnu energiju za jonizaciju mnogih atoma i molekula ono, zajedno sa vidljivim i zračenjima većih talasnih dužina, spada u nejonizujuće elektromagnetno zračenje.

### 2.3.1. OPTIČKO ZRAČENJE

eo nejonizujućeg elektromagnetnog zračenja čije se talasne dužine kreću u intervalu od 100-10 000 nm, predstavlja **optičko zračenje** (sl.2.1.b). Optički deo spektra čine:

- ultraljubičasto zračenje, koje obuhvata opseg talasnih dužina od 100-400 nm;
- vidljivo zračenje, koje se nalazi u obsegu talasnih dužina od 400-770 nm i
- infracrveno zračenje talasnih dužina od 770-10 000 nm.

Osobine i efekte optičkog zračenja proučava deo fizike, koji se naziva **optika**. Karakteristika zračenja iz optičkog dela EM spektra je da imaju isti mehanizam nastajanja. Nastaju pri kvantnim prelazima elektrona u elektronskim omotačima atoma i molekula.

Optičko zračenje emituje Sunce, kao prirodni izvor EM zračenja, ali i mnogi veštački izvori.

### 2.4. IZVORI ELEKTROMAGNETNOG ZRAČENJA

od izvorom elektromagnetnog zračenja se podrazumeva svako telo koje ima sposobnost da u zavisnosti od uslova pod kojima se nalazi emituje zračenje iz kompletnog elektromagnetnog spektra ili iz određenog njegovog dela. Kada govorimo o izvorima elektromagnetnog zračenja, pre svega mislimo na tela koja emituju zračenje iz optičkog dela spektra (ultraljubičasto, vidljivo i infracrveno zračenje).

Razlikujemo **toplotne**, **luminescentne** i **laserske** izvore elektromagnetnog zračenja, koji se međusobno razlikuju po načinu pobuđivanja emisije.

#### 2.4.1. TOPLOTNI IZVORI ZRAČENJA

ela koja emituju elektromagnetno zračenje na račun svoje unutrašnje energije, odnosno energije toplotnog kretanja svojih elementarnih čestica (atoma, molekula, jona), predstavljaju **toplotne izvore**. Intenzitet i spektar toplotnog zračenja zavisi samo od temperature tela. Toplotni izvori emituju EM zračenje na svim temperaturama pa i na najnižim. Međutim, oblast frekvencija, odnosno talasnih dužina na kojima se emituje *najveći deo* ovog zračenja zavisi od temperature tela. Sa povećanjem temperature tela maksimum intenziteta toplotnog zračenja se pomera ka oblastima kraćih

talasnih dužina. Ovi izvori emituju zračenje kontinualnog oblika spektra. U toplotne izvore spadaju: Sunce, plamen, usijano vlakno električne sijalice, Voltin luk...

S obzirom da se kod toplotnih izvora deo unutrašnje energije (energije toplotnog kretanja čestica) konvertuje u energiju elektromagnetnog zračenja, temperatura ovih tela se pri emisiji zračenja smanjuje i ona se hlade. Isti izvori takođe mogu i apsorbovati energiju zračenja koje na njih pada i ukoliko je apsorbovana energija veća od emitovane, povećavati svoju temperaturu, odnosno zagrevati se.

#### 2.4.1.1. Karakteristike toplotnog zračenja



snovne fizičke veličine koje karakterišu toplotno zračenje su **emisiona spektralna moć tela**  $e_{\lambda T}$  i **apsorpciona spektralna moć tela**  $a_{\lambda T}$ . Emisiona spektralna moć tela predstavlja energiju zračenja koju telo zagrejano do temperature  $T$  emituje sa jedinice površine u jedinici vremena u posmatranom intervalu talasnih dužina. Jedinica  $e_{\lambda T}$  je  $\text{W/m}^3$ . Apsorpciona spektralna moć tela predstavlja deo od ukupnog fluksa energije zračenja određenog intervala talasnih dužina koji na telo pada, koga telo apsorbuje po jedinici površine u jedinici vremena.

Između emisije i apsorpcije spektralne moći tela postoji određena veza data **Kirhofovom zakonom** (2.3), koji glasi: odnos emisije i apsorpcije spektralne moći ne zavisi od prirode tela, on je isti za sva tela i jednak jednoj istoj (univerzalnoj) funkciji  $F_{\lambda T}$  talasne dužine i temperature:

$$\frac{e_{\lambda T}}{a_{\lambda T}} = F_{\lambda T} \quad (2.3)$$

To znači da telo jače apsorbuje zračenje one talasne dužine, odnosno frekvencije, koju više i emituje.

#### 2.4.1.2. Model crnog tela i zakoni toplotnog zračenja crnog tela



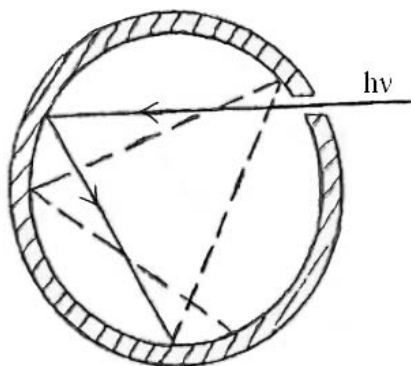
od **crnim telom** se podrazumeva telo koje potpuno apsorbuje celokupnu energiju zračenja koja na njega pada, nezavisno od temperature do koje je zagrejano i od talasne dužine zračenja. Zbog toga se model apsolutno crnog tela i koristi za opisivanje spektra zračenja koje emituje neko telo zagrejano do određene temperature. Apsorpciona spektralna moć crnog tela je jednaka jedinici ( $a_{\lambda T} = 1$ ), na osnovu čega iz (2.3) sledi da je:

$$e_{\lambda T} = F_{\lambda T} \quad (2.4)$$

drugim rečima, univerzalna funkcija  $F_{\lambda T}$  je jednaka emisionoj spektralnoj moći crnog tela, ne zavisi od prirode supstance i predstavlja maksimalnu emisionu moć tela.

Crno telo u prirodi ne postoji. Kao približan model crnog tela može poslužiti šupljina sa vrlo malim otvorom, koja se održava na konstantnoj temperaturi  $T$  (sl.2.2). Zračenje

$h\nu$ , koje uđe u šupljinu kroz ovaj mali otvor, pretrpi višestruku refleksiju na unutrašnjim zidovima šupljine pre nego što iz nje izađe. Pri svakoj refleksiji se deo zračenja apsorbuje. Na ovaj način se praktično upadno zračenje  $h\nu$  potpuno apsorbuje.



Sl.2.2. Model crnog tela

Spektar zračenja crnog tela zavisi samo od njegove temperature i dat je Plankovom formulom:

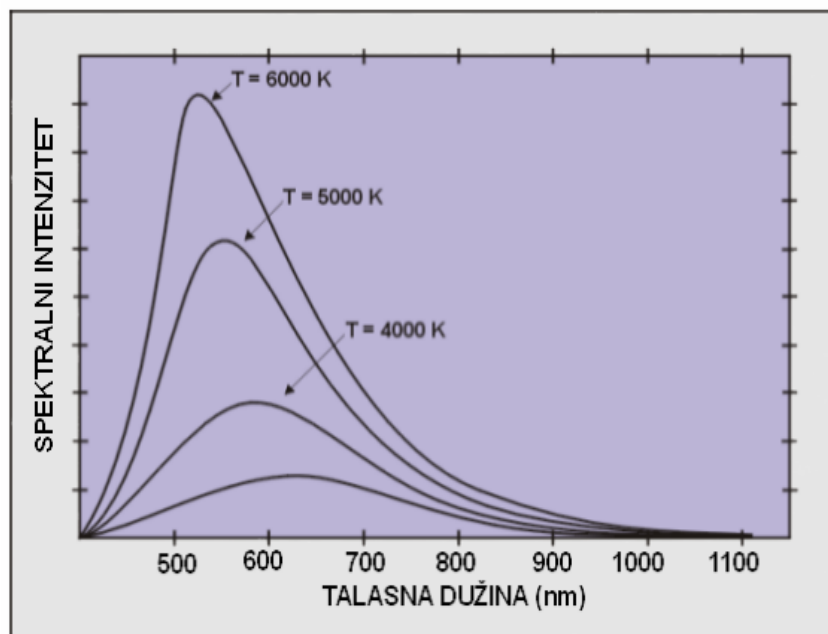
$$I_{\lambda T} = C \lambda^{-5} \frac{1}{e^{hc/\lambda kT} - 1} \quad (2.5)$$

gde je:  $I_{\lambda T}$  spektralni intenzitet zračenja (intenzitet zračenja koje telo zagrejano do temperature  $T$  emituje na određenoj talasnoj dužini  $\lambda$ ),  $k$  Bolcmanova konstanta,  $h$  Plankova konstanta,  $C$  konstanta proporcionalnosti koja iznosi  $\frac{2\pi hc}{\lambda^5}$ . Plankova formula (2.5) zapravo daje zavisnost spektralnog intenziteta zračenja  $I_{\lambda T}$  crnog tela od njegove temperature  $T$ .

Na slici 2.3 je grafički predstavljena zavisnost intenziteta zračenja crnog tela na različitim temperaturama od talasne dužine. Ukupan intenzitet zračenja koje emituje crno telo na svim talasnim dužinama srazmeran je površini ispod krive  $I_{\lambda T}$  za odgovarajuću temperaturu  $T$ . Sa grafika se vidi da ova površina, odnosno ukupan intenzitet zračenja, raste sa povećanjem temperature crnog tela. Prema **Štefan-Bolzmanovom zakonu**, ukupan intenzitet zračenja, odnosno energija koju crno telo emituje sa jedinice površine u jedinici vremena, je srazmeran četvrtom stepenu njegove apsolutne temperature:

$$I = \sigma T^4 \quad (2.6)$$

gde je  $\sigma$  Štefan-Bolzmanova konstanta ( $\sigma = 5,71 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$ ).



Sl.2.3. Zavisnost intenziteta zračenja crnog tela na različitim temperaturama od talasne dužine

Sa grafika se takođe vidi da se maksimumi intenziteta zračenja sa povećanjem temperature pomeraju ka oblastima kraćih talasnih dužina. Talasnu dužinu koja odgovara maksimumu spektralnog intenziteta crnog tela na posmatranoj temperaturi, možemo odrediti na osnovu **Vinovog zakona pomeranja**, koji upravo daje vezu između temperature crnog tela  $T$  i položaja maksimuma  $\lambda_{\max}$  njegovog spektralnog intenziteta:

$$T\lambda_{\max} = b \quad (2.7)$$

gde je  $b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ mK}$ . Iz (2.7) direktno sledi da je:

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T} \quad (2.8)$$

Iz (2.8) se vidi da je talasna dužina koja odgovara maksimumu spektralnog intenziteta crnog tela obrnuto srazmerna njegovoj apsolutnoj temperaturi.

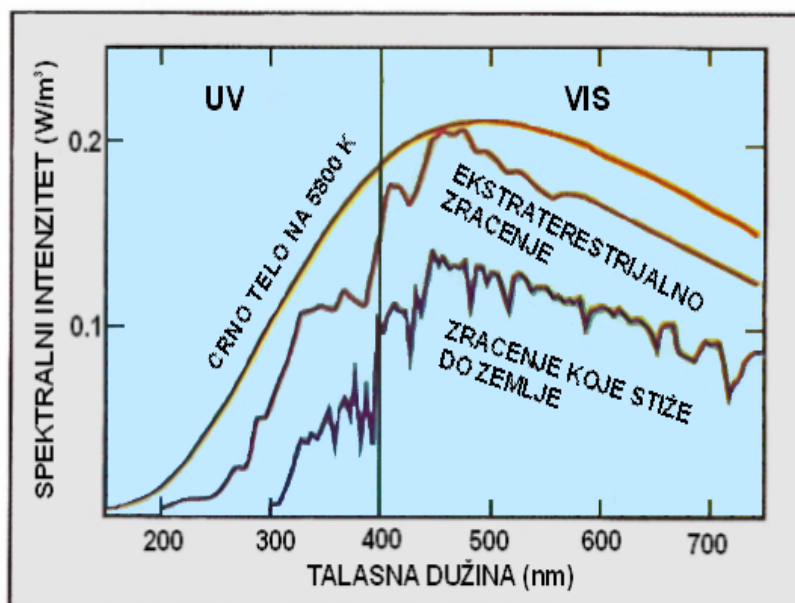
#### 2.4.1.3. Sunce kao prirodni toplotni izvor



Sunce je najjači i za nas najznačajniji prirodni toplotni izvor elektromagnetnog zračenja. Sunce je zvezda usijanih gasova, koja predstavlja izvor gotovo celokupne energije na Zemlji. U težinskom odnosu se sastoji od 70 % vodonika, 28 % helijuma, 0.5 % ugljenika, 0.5 % azota, 0.5 % kiseonika i 0.5 % drugih elemenata (Fe, Si, Ne).

Sunčeva energija se dobija iz termonuklearne fuzije, koja se odigrava u jezgru Sunca na temperaturi reda veličine  $10^7 \text{ K}$  [Yavorsky and Seleznev, 1979] i pritisku od  $10^{16} \text{ Pa}$

(100 milijardi puta većem od pritiska na površini mora). Optički deo spektra EM zračenja (UV, vidljivo i IC zračenje) emituje sloj Sunca koji se naziva **fotosfera**. Iz sunčeve fotosfere EM zračenje dospeva do Zemlje u vidu optičkog kontinuuma sa diskretnim spektralnim linijama vodonika, helijuma i ostalih elemenata koji čine hemijski sastav Sunca.

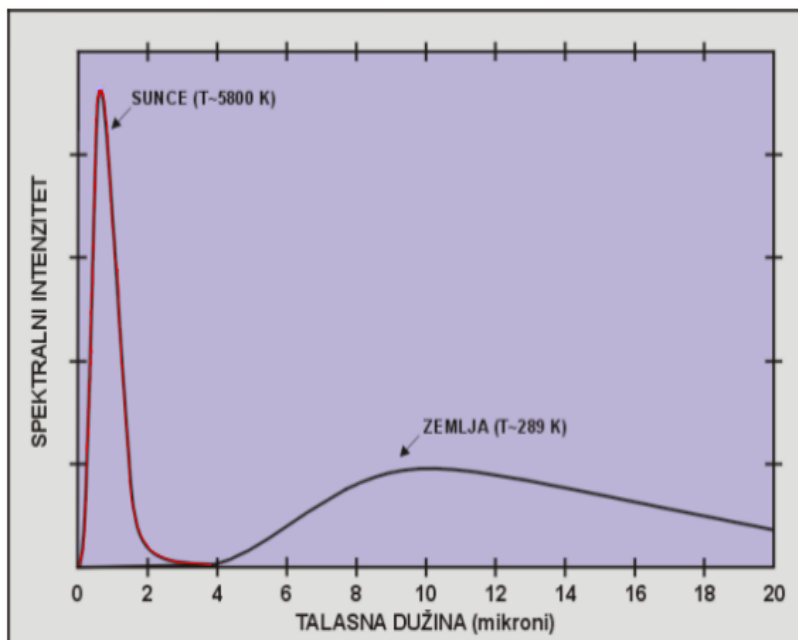


Sl. 2.4. Spektar zračenja crnog tela na  $T = 5800\text{ K}$ , spektar ekstraterestrijalnog zračenja i zračenja na površini Zemlje

Sunčevo zračenje koje stiže do gornjeg, graničnog sloja Zemljine atmosfere - *jonosfere*, naziva se **ekstraterestrijalno zračenje** i uglavnom obuhvata interval talasnih dužina od  $0.015\text{--}1000\text{ }\mu\text{m}$ . Spektar ekstraterestrijalnog zračenja se aproksimativno može objasniti preko spektra zračenja crnog tela koje se nalazi na temperaturi od  $5800\text{ K}$  (sl.2.4). Na slici je zapravo prikazano kako se intenzitet zračenja, koje emituje takvo telo, menja sa promenom talasne dužine.

Pri prolasku kroz Zemljinu atmosferu dolazi do atenuacije (slabljenja intenziteta) ekstraterestrijalnog zračenja usled apsorpcije, reemisije i rasejanja na molekulima vazduha i primesa sadržanih u atmosferi (aerosoli, kapljice vode, kristali leda), tako da do površine Zemlje stiže znatno izmenjen spektar sunčevog zračenja (sl.2.4). Intenzitet i spektar sunčevog zračenja koji stiže do Zemlje zavisi i od doba dana i godine, geografske širine, nadmorske visine i atmosferske transparentnosti koja zavisi od koncentracije ozona, procenta vlažnosti, oblačnosti i sadržaja aerosola.

Na slici 2.5 su grafički prikazane emisione krive Sunca i Zemlje kao crnih tela, koja se nalaze na različitim temperaturama, kao i relativni položaji maksimuma njihovih intenziteta.



Sl. 2.5. Emisiona kriva Sunca i Zemlje kao crnih tela (za Zemlju  $\times 500000$ )

Maksimum intenziteta zračenja Sunca se nalazi u vidljivom delu spektra, na talasnoj dužini 518 nm, tako da nije slučajnost što je ljudsko oko najsenzitivnije u ovom delu spektra. Temperatura Zemlje je mnogo manja od temperature Sunca, pa je i njen radiaciono pik manji, pomeren ka većim talasnim dužinama i nalazi se u IC delu spektra.

#### 2.4.2. LUMINESCENTNI IZVORI ZRAČENJA

**E**misija EM zračenja koja se ne vrši na račun energije toplotnog kretanja, već pretvaranjem nekog drugog vida energije u energiju zračenja, naziva se **luminescencija**. Luminescentni izvori emituju zračenje iz vidljivog dela elektromagnetnog spektra, tako da se ova pojava može vizuelno posmatrati. Kako luminescencija ne zavisi od temperature tela, luminescentni izvor ne mora biti zagrejan. To znači da do luminescencije može doći i na vrlo niskim temperaturama. Zbog ove osobine se luminescentni izvori obično nazivaju i "**hladni svetlosni izvori**". Luminescirati mogu tela u svim agregatnim stanjima, a preovladavajući oblik elektromagnetnog spektra je linijski i trakasti.

Srednje vreme života pobuđenih stanja kod luminescencije može biti vrlo dugo, pa se prema ovoj osobini luminescencija deli na **fluorescenciju** (ovu pojavu pokazuje mineral fluorit) i **fosforescenciju** (ovu pojavu pokazuje fosfor). Kod fluorescencije je srednje vreme života pobuđenih stanja reda veličine  $10^{-8}$ - $10^{-4}$  s. Kod fosforescencije emisija svetlosti može trajati i satima po prestanku pobuđivanja.

Načini pobuđivanja luminescencije mogu biti različiti. U zavisnosti od načina pobuđivanja luminescencija se deli na:

- **fotoluminescencija** nastaje dejstvom EM zračenja talasnih dužina iz UV dela spektra. Pri tome se deo energije apsorbovanog UV zračenja neradijativnim prelazima (sudarima) pretvara u neki drugi vid energije (najčešće u toplotnu energiju), a preostali deo se emituje u vidu fotona vidljivog zračenja – svetlosti. Fotoluminescencija se javlja kod mnogih minerala i većine organskih jedinjenja.

- **elektroluminescencija** se pobuđuje na račun energije naelektrisanih čestica ubrzanih u električnom poju. Kod gasovitih supstansi se ova energija prenosi na elementarne čestice gasa sudarima sa ubrzanim elektronima ili jonima. Elektroluminescencija je karakteristična za gasove (primer "neonske" lampe) i za kristale sa poluprovodničkim osobinama (primer svetleća dioda – LED).

- **radioluminescencija** nastaje pod dejstvom jonizujućeg zračenja ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -zruci, X-zruci, kratkotalasno UV zračenje).

- **katodoluminescencija** se pobuđuje udarom elektrona, ubrzanih u vakumu potencijalnom razlikom reda veličine 10 kV, o tanak sloj fluorescentne supstance kojom su sa unutrašnje strane presvučeni ekrani katodnih cevi (osciloskopa, televizora, monitora...).

- **hemiluminescencija** nastaje direktnim pretvaranjem hemijske energije u svetlosnu. Pojava hemiluminescencije u živim organizmima se naziva **bioluminescencija** (svici, meduze, neke gljive...).

Ako se luminescentna emisija na određen način stimuliše, dobija se nov tip izvora zračenja tzv. kvantni generator – **laser**. Laser je kvantni generator koji emituje zračenje iz optičkog dela elektromagnetnog spektra. Karakteristike laserskog zračenja su koherentnost, usmerenost i monohromatičnost.

### 3. UV ZRAČENJE. OSOBINE

#### 3.1. UV ZRAČENJE KAO DEO ELEKTROMAGNETNOG SPEKTRA

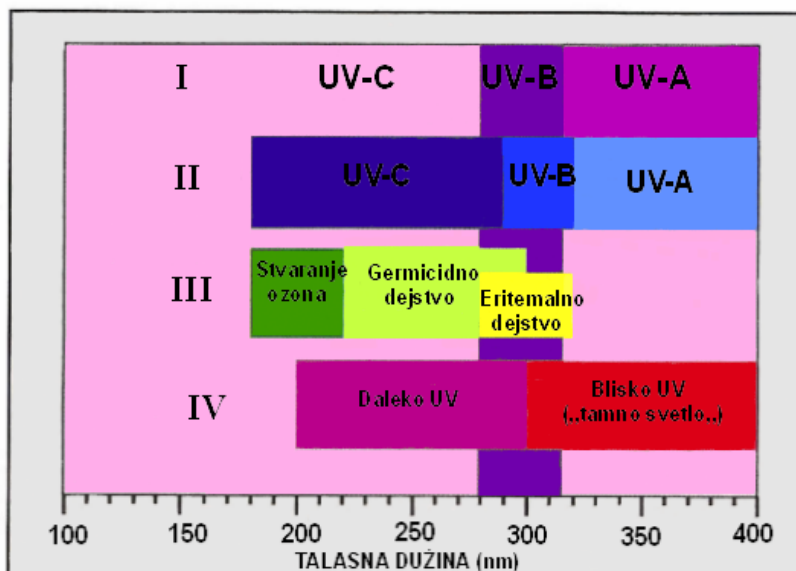
Ultraljubičasto (UV) zračenje predstavlja deo spektra elektromagnetnog zračenja u intervalu talasnih dužina od 100-400 nm. Zračenje ovih talasnih dužina se emituje sa visokotemperaturnih površina, kao što su Sunce, usijani metali, Voltin luk, u vidu kontinualnog spektra i pri električnim pražnjenima kroz razređene gasove i pare u vidu trakastih i linijskih spektara. UV zračenje zajedno sa vidljivim i IC zračenjem spada u nejonizujuće, optičko zračenje, mada fotoni iz pojedinih oblasti UV zračenja imaju dovoljne energije da jonizuju veliki broj atoma i molekula.

##### 3.1.1. PODELA UV ZRAČENJA

U zavisnosti od dejstva i efekata koje ispoljava na različitim biološkim sistemima, oblast UV zračenja se deli na više različitih načina (sl.3.1):

**I )** Prema definiciji CIE (Commision Internationale de l'Eclairage), UV zračenje se deli na tri oblasti:

- UV-C oblast ( $\lambda = 100-280$  nm),
- UV-B oblast ( $\lambda = 280-315$  nm) i
- UV-A oblast ( $\lambda = 315-400$  nm).



Sl. 3.1. Podela UV zračenja prema različitim kriterijumima

**II )** Prema svom biološkom dejstvu UV zračenje se deli na:

- UV-C oblast ( $\lambda = 180\text{-}290\text{ nm}$ ),
- UV-B oblast ( $\lambda = 290\text{-}320\text{ nm}$ ) i
- UV-A oblast ( $\lambda = 320\text{-}400\text{ nm}$ ).

Granice između pojedinih oblasti UV zračenja su manje-više proizvoljno određene. Granica između UV-C i UV-B oblasti iznosi približno 290 nm, jer je verovatnoća da zračenje manjih talasnih dužina prođe kroz atmosferu i stigne do Zemljine površine mala, osim na većim nadmorskim visinama. Granica između UV-B i UV-A oblasti od 320 nm je još više proizvoljna, jer su istraživanja pokazala da i zračenja većih talasnih dužina (kratkotalasno UV-A zračenje) imaju aktivno biološko dejstvo.

**III )** Prema hemijskom dejstvu UV zračenje se deli na:

- zračenje koje učestvuje u sintezi ozona ( $\lambda = 175\text{-}220\text{ nm}$ ),
- zračenje koje ima germicidno dejstvo ( $\lambda = 220\text{-}300\text{ nm}$ ),
- zračenje koje ima eritemalno dejstvo ( $\lambda = 280\text{-}320\text{ nm}$ ).

**IV )** Sa stanovišta spektroskopije UV oblast se deli na:

- daleku ili vakumsku UV oblast ( $\lambda = 200\text{-}300\text{ nm}$ ) i
- blisku UV oblast ( $\lambda = 300\text{-}400\text{ nm}$ ), koja je poznata kao „tamno svetlo“.

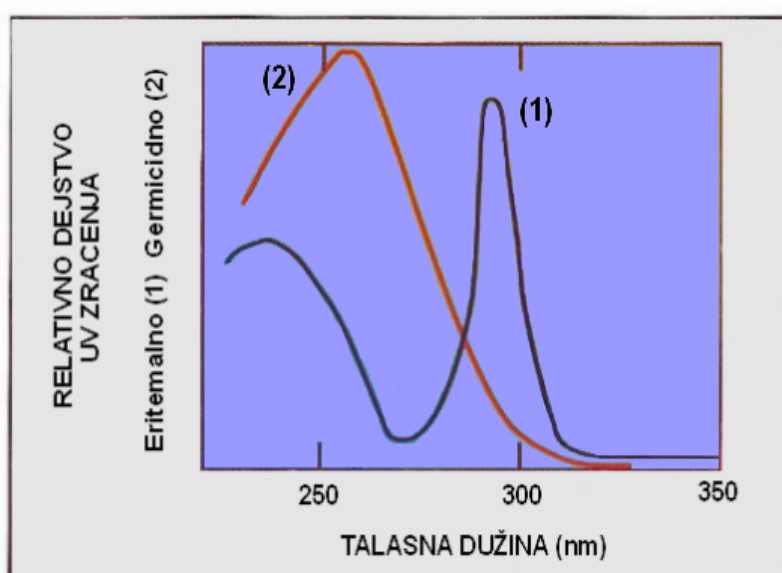
**UV-A zračenje** čini oko 98 % od ukupnog solarnog UV zračenja koje stiže do Zemljine površine. To je zračenje najmanje energije iz oblasti UV spektra za koje atmosfera predstavlja transparentnu sredinu, te je zbog toga i zastupljeno u tako velikom procentu. Prema svom dejstvu UV-A zračenje je najmanje štetno za biološke sisteme, ali ne i potpuno bezopasno, naročito pri dužim izlaganjima većim intenzitetima ovog zračenja. UV-A zračenje je našlo široku primenu u medicini, kako u dijagnostičke tako i u terapijske svrhe. U terapijske svrhe se koristi hemijsko dejstvo UV-A zračenja ( $\lambda = 315\text{-}345\text{ nm}$ ). Zbog svoje sposobnosti da stimuliše sintezu vitamina D iz njegovog provitamina, ovo zračenje se uspešno koristi u terapiji rahitisa, za formiranje pigmenta, kao i u helioterapiji. U dijagnostičke svrhe se UV-A zračenje ( $\lambda = 345\text{-}400\text{ nm}$ ) koristi zbog svoje sposobnost da stimuliše fluorescenciju u pojedinim materijalima, koji tada emituju vidljivo zračenje. Zbog toga se UV-A zračenje ovih talasnih dužina još naziva i „tamno svetlo“. Koristi se u fluorescentnoj mikroskopiji, fluorescentnoj fotografiji, kao i pri makroskopskim posmatranjima. UV-A zračenje se prostire kroz vazduh i staklo.

**UV-B zračenje** zbog visoke energije svojih fotona ima destruktivno dejstvo na biološki svet. Energije fotona UV-B zračenja su dovoljne da aktiviraju niz fotohemijskih reakcija u organizmu, koje mogu dovesti do pojave raznih oštećenja tkiva kože i očiju (pojava opekotina na koži, katarakta...). Preko 90 % solarnog UV-B zračenja se apsorbuje u atmosferi od strane ozona, kiseonika, vodene pare i ugljen-dioksida. Međutim, i onaj mali procenat ovog zračenja, koji stiže do Zemljine površine, može da izazove niz neželjenih efekata zbog stanjenog ozonskog sloja. UV-B zračenje se prostire kroz vazduh i kvarz, dok se u običnom staklu apsorbuje.

**UV-C zračenje** je zračenje najveće energije iz spektra UV oblasti, koje se kao prirodno zračenje ne sreće na Zemlji, jer se potpuno apsorbuje u ozonskom sloju atmosfere-stratosferi. UV-C zračenje je izuzetno štetno za žive organizme, jer deluje destruktivno na DNK (dezoksiribonukleinska kiselina), koja je sastavni deo svake žive

ćelije i nosilac celokupnog genetskog materijala jedinke. Sa druge strane ovo zračenje je korisno za opstanak živog sveta, jer učestvuje u fotohemijским reakcijama sinteze ozona. UV-C zračenje talasnih dužina od 260-290nm ima baktericidno dejstvo, te se koristi za sterilizaciju vazduha u pojedinim prostorijama, (operacione sale, infektivne klinike) i za sterilizaciju vode. U tu svrhu se koriste posebno izrađeni veštački izvori UV-C zračenja, tzv. **germicidne lampe**. Usled slučajne prekomerne izloženosti ljudskog organizma ovom zračenju može doći do snažnog slepila i teških opekotina kože. Iako povrede nastale pri kratkotrajnom izlaganju UV-C zračenju mogu nestati za par dana, one su veoma bolne [Sutherland, 1997] .

Na slici 3.2. je prikazan relativan spektar eritemalnog i germicidnog dejstva UV zračenja.



Sl. 3.2. Relativni spektar eritemalnog i germicidnog dejstva UV zračenja

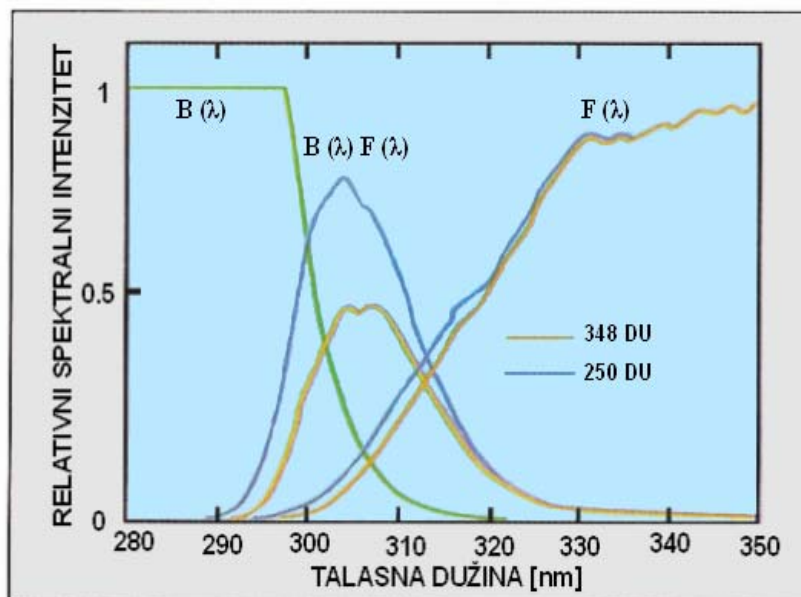
Dejstvo UV zračenja pored negativnih efekata na biološki svet ima i niz pozitivnih efekata, bez kojih se život na našoj planeti ne bi mogao zamisliti. Veliki deo solarnog UV zračenja se apsorbuje u atmosferi, ali onaj deo koji stiže do Zemljine površine ima važna pozitivna dejstva na mnoge organizme, pa i na čoveka. Prirodno UV zračenje je u malim dozama neophodno za sintezu vitamina D i kalcioferola (kalcifikacionog hormona) zahvaljujući kome se u kosti „ugrađuje“ kalcijum, koji je neophodan za njihov normalan rast, razvoj i funkciju.

### 3.2. AKTIVNI SPEKTAR UV ZRAČENJA, UV INDEKS I MINIMALNA ERITEMSKA DOZA (MED)



aktivni spektar UV zračenja predstavlja zavisnost intenziteta UV zračenja, koje ima biološko dejstvo, od njegove talasne dužine, što je predstavljeno funkcijom  $B(\lambda)$  na slici 3.3. Sa grafika se vidi da je vrednost funkcije  $B(\lambda)$  jednaka jedinici za

talasne dužine manje od 298 nm, što znači da zračenje ovih talasnih dužina ima štetno biološko dejstvo i da će izlaganje organizma ovom zračenju sigurno izazvati negativne posledice. Na talasnim dužinama iznad 325 nm funkcija  $B(\lambda)$  dostiže vrednosti bliske nuli, što znači da zračenje ovih talasnih dužina praktično nema štetno biološko dejstvo. S obzirom da UV zračenje, u zavisnosti od talasne dužine ispoljava različita biološka dejstva, za svaku vrstu biološkog dejstva je definisan biološki spektar.



Sl. 3.3. Biološki aktivan spektar UV zračenja

Na slici 3.3 je pored biološkog aktivnog spektra UV zračenja  $B(\lambda)$  prikazan i spektar UV zračenja koji stiže do zemljine površine (funkcija  $F(\lambda)$ ). Zapravo, prikazana su dva takva spektra, koja odgovaraju različitim vrednostima debljine ozonskog omotača, od 250 i 350 DU (DU je jedinica kojom se izražava debljina ozonskog omotača). Na slici je dat kvalitativan prikaz spektra, ali ne i realan odnos intenziteta ovih spektara u cilju da se dovoljno izražajno predstavi biološki aktivan spektar.

Međutim, **realan biološki aktivan spektar**  $BA(\lambda)$  se dobija kombinacijom aktivnog biološkog spektra i spektra zračenja kojim se organizam izlaže, odnosno kao proizvod funkcija  $B(\lambda)$  i  $F(\lambda)$  (sl.3.3):

$$BA(\lambda) = B(\lambda) \cdot F(\lambda) \quad (3.1)$$

Maksimum ovog spektra se nalazi u intervalu talasnih dužina od 300-305 nm i većinom obuhvata oblast UV-B zračenja. Takođe je značajan i uticaj debljine ozonskog omotača na promenu realnog biološki aktivnog spektra. Sa smanjenjem debljine ozonskog omotača, povećava se intenzitet UV zračenja, koji se pomera ka majim talasnim dužinama. Spektri tipa  $BA(\lambda)$  nazivaju se *otežani spektri*, jer pored spektra zračenja određenog izvora zračenja, uzimaju u obzir i biološko dejstvo tog zračenja [Madronich and Flocke, 1997].

Intenzitet zračenja u nekom intervalu talasnih dužina ( $\lambda, \lambda + d\lambda$ ) se izražava u  $\text{W/m}^2$ . To je fizička jedinica, koja se koristi za izražavanje apsolutnih vrednosti intenziteta zračenja. Intenzitet (fluks) UV zračenja izražen u jedinicama  $\text{W/m}^2$  predstavlja integral funkcije raspodele zračenja po intervalu talasnih dužina od 280-400 nm, odnosno površinu ispod krive  $B(\lambda) \cdot F(\lambda)$ :

$$I_{UV} = \int_{280}^{400} B(\lambda) \cdot F(\lambda) d\lambda \quad [\text{W/m}^2] \quad (3.2)$$

Međutim, ovakav načina prezentovanja intenziteta UV zračenja nije pogodan za javnost.

1994. godine je usvojena nova internacionalna jedinica intenziteta UV zračenja, koja je prihvatljiva za javnost i naziva se **UV Indeks (UVI)**. Jedinica UV Indeks se definiše kao intenzitet zračenja od  $25 \text{ mW/m}^2$ , uzimajući u obzir i spektar biološkog dejstva UV zračenja do 400 nm. Prema tome, intenzitetu UV zračenja od  $25 \text{ mW/m}^2$  odgovara vrednost od 1 UV Indeksa, dok intenzitetu zračenja od  $250 \text{ mW/m}^2$  odgovara vrednost od 10 UV Indeksa. U tabeli 1 je data podela UV zračenja prema intenzitetu izraženom u jedinici UV Indeks, na osnovu dejstva koje UV zračenje ima na koži.

**Tabela 1**  
Podela UV zračenja prema intenzitetu [UVI]

| UV INDEKS | NIVO ZRAČENJA         |
|-----------|-----------------------|
| 0-2       | NISKI NIVO            |
| 3-5       | SREDNJI NIVO          |
| 6-7       | VOSOKI NIVO           |
| 8-10      | VRLO VISOKI NIVO      |
| >10       | EKSTREMNO VISOKI NIVO |

Vidimo da se vrednosti UVI kreću od nule, pa naviše. Što su vrednosti UVI veće, veće je štetno dejstvo UV zračenja na kožu i oči, a kraće je vreme potrebno da do oštećenja dođe.

S obzirom da su efekti UV zračenja kumulativni, odnosno pored intenziteta zračenja, važno je i vreme izlaganja zračenju, neophodno je definisati veličinu koja se naziva **doza zračenja**  $H$ . Doza zračenja se uopšteno definiše kao proizvod intenziteta zračenja i vremena izlaganja tom zračenju. S obzirom da se intenzitet zračenja tokom vremena može menjati, doza zračenja predstavlja integral po vremenu proizvoda intenziteta zračenja  $I_{UV}(t)$  i vremena izlaganja  $t$ :

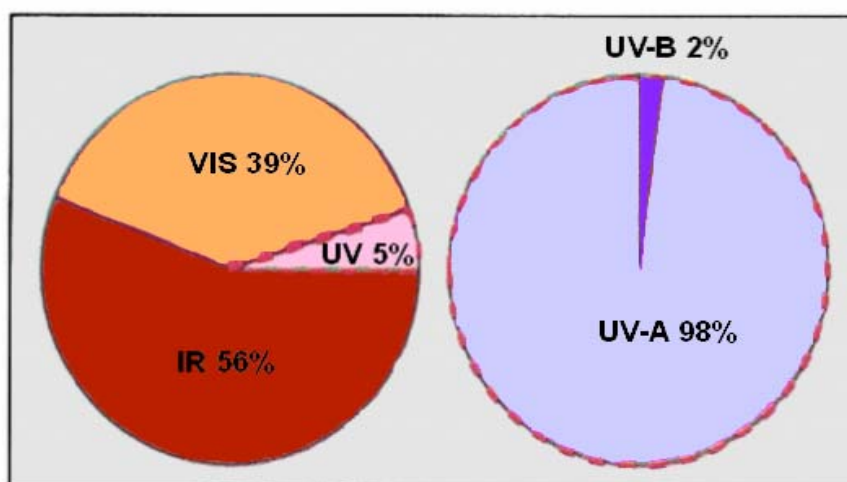
$$H = \int_{t_1}^{t_2} I_{UV}(t) dt = \int_{t_1}^{t_2} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} B(\lambda) F(\lambda, t) d\lambda dt \quad (3.3)$$

Doza zračenja koja izaziva pojavu crvenila (eritema) na koži, koja prethodno nije bila izlagana dejstvu UV zračenja, naziva se **Minimalna Eritemska Doza (MED)** [ISO 2000]. Po definiciji, vrednost od 1 MED-a zavisi od tipa kože. U literaturi [Sayre et al. 1981, Parrish et al. 1982, Pathak and Fanselow 1983, McKinlay and Diffey 1987, ISO 2000] se mogu naći vrednosti koje se kreću od 150-200 J/m<sup>2</sup>, mada se najčešće koriste u opsegu od 200-300 J/m<sup>2</sup>. U smislu varijabilnosti definicije MED-a, Jokela et al. [1993] je predložio novu meru, tkz. *Standardnu Eritemsku Dozu (SED)* od 100 J/m<sup>2</sup>, koja bi se koristila pri merenjima solarnog UV zračenja.

## 4. DEJSTVO UV ZRAČENJA

### 4.1 DEJSTVO UV ZRAČENJA NA LJUDSKI ORGANIZAM

**S**olarno zračenje koje dospeva do površine Zemlje se znatno modifikuje pri prolasku kroz atmosferu, u kojoj se apsorbira gotovo celokupno UV-C i veliki deo (oko 98%) UV- B zračenja. Zračenje koje dospeva do nivoa mora, gde se najvećim delom i nalazi živi svet naše planete – **biosfera**, obuhvata deo EM spektra u intervalu talasnih dužina od 290-3000 nm. Od toga, UV zračenje ( $\lambda = 290-400$  nm) čini 5 %, vidljivo zračenje ( $\lambda = 400-780$  nm) 39 %, dok IC zračenje ( $\lambda = 780-3000$  nm) čini čak 56 % (sl.3.1).



Sl. 4.1. Procentualna podela ukupnog Sunčevog zračenja na površini Zemlje i procentualna podela UV zračenja na površini Zemlje

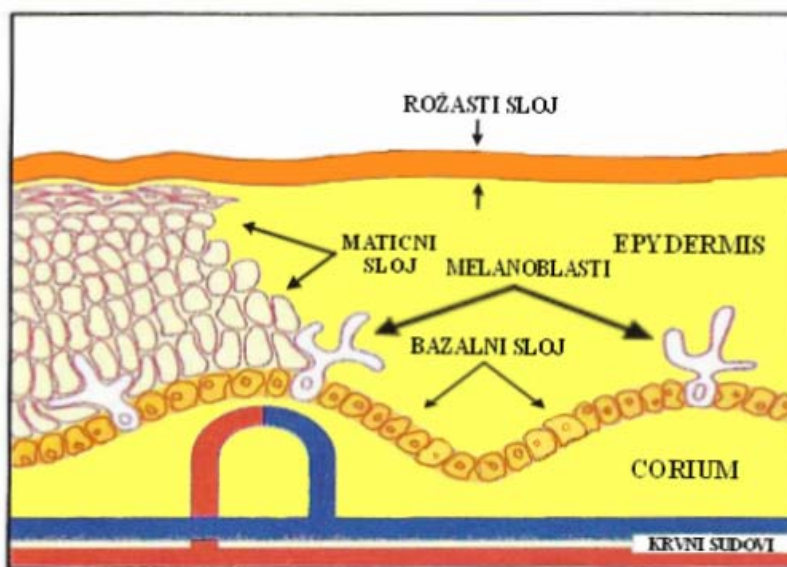
Dejstvo solarnog zračenja ljudski organizam registruje na različite načine. Dejstvo IC zračenja se registruje preko receptora kože kao toplota, dejstvo vidljivog zračenja preko organa vida kao svetlost, dok dejstvo UV zračenja ljudski organizam nije u stanju da registruje direktno putem svojih čula. Dejstvo UV zračenja se manifestuje indirektno pojavom raznih oštećenja (opekotine na koži, oštećenja vida...), koja su posledica štetnog dejstva UV zračenja.

Osim solarnom, veliki broj ljudi je izložen i UV zračenju koje potiče iz veštačkih izvora, koji imaju široku primenu u industriji, nauci, tehnici, medicini...Efekti dejstva UV zračenja na ljudski organizam zavise od talasne dužine zračenja, intenziteta zračenja, dužine izlaganja organizma zračenju, kao i od sposobnosti samog organizma da se odbrani od štetnog dejstva zračenja. Kod čoveka su dejstvu UV zračenja najizloženiji koža i oči.

#### 4.1.1. DEJSTVO UV ZRAČENJA NA KOŽU

##### 4.1.1.1. Koža

**K**oža (*cutis*) je najveći čovekovog organ koji prekriva celokupnu površinu čovekovog tela. Uloga kože je višestruka: **zaštitna** (mehanički, fizički, hemijski uticaji, infekcije), **termoregulaciona** (razmena toplote), **organ čula** (senzibilitet), **sekretorna** (izlučivanje štetnih materija putem znoja). Sastoji se iz dva sloja: površinskog sloja-**pokožice** i dubokog sloja-**krzna** (sl.4.2).



Sl. 4.2. Šematski prikaz poprečnog preseka kože

**Pokožica** (*epidermis*) se sastoji od nekoliko slojeva pločastog epitela (sl.4.2). Dublji, **matični sloj** ima sposobnost razmnožavanja, dok površinski, **rožasti sloj** (sloj izumrlih ćelija) ima sposobnost perutanja (ljuštenja). U dubljim delovima matičnog sloja, koje izgrađuje **sloj bazalnih ćelija**, nalaze se **melanoblasti**, ćelije koje stvaraju pigment **melanin**. Melanin je direkto odgovoran za boju kože (ten). Ćelije matičnog sloja se posle razmnožavanja povlače ka površini, gde gube svoje ćelijsko jedro, orožavaju i prerastaju u rožasti sloj. Rožasti sloj se obnavlja procesom perutanja na otprilike svakih trideset dana, pri čemu se ljušte stare i stvaraju nove ćelije, dok se matični sloj obnavlja ćelijama iz bazalnog sloja. Ćelije koje izgrađuju epidermis se jednim imenom nazivaju **keratinociti**.

**Krzn** (*corium*) se sastoji od vezivnog tkiva u kome se nalaze elastična i kolagena vlakna. Ovaj sloj je odgovoran za mladalački izgled kože. U krznu se nalaze krvni sudovi, nervi, žlezde (znojne i lojne), limfni čvorovi, koreni dlaka, mišićne ćelije.

Debljina kože je promenljiva i kreće se od 0.5 do 4 milimetra. Najtanja je na očnim kopcima, a najdeblja je na dlanovima i petama.

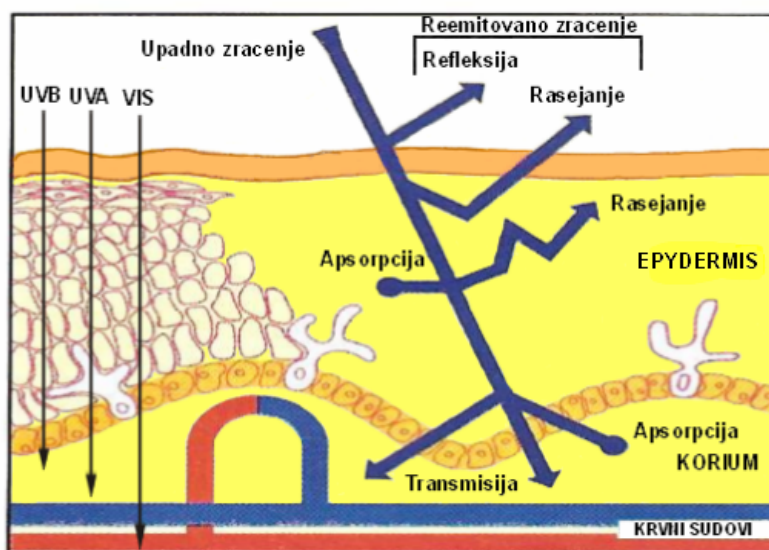
#### 4.1.1.2. Prodiranje UV zračenja u kožu

Pri izlaganju kože UV zračenju, dolazi do interakcije fotona zračenja sa biološkim makromolekulima u površinskom sloju kože-*epidermisu*. Fizički procesi koji se tom prilikom odigravaju su: refleksija, rasejanje, transmisija i apsorpcija. Od ovih procesa zavisi način dejstva zračenja na kožu.

Kada UV zračenje dospe do površine kože, deo upadnog zračenja (oko 5 %) se reflektuje, dok preostali deo prodire u epidermis (sl.4.3). **Refleksija** je proces pri kome dolazi do promene smera kretanja zračenja, odnosno njegovog odbijanja, bez razmene energije. Kako pri refleksiji ne dolazi do razmene energije između zračenja i tkiva kože, ne ispoljavaju se ni efekti dejstva zračenja na kožu.

Zračenje koje prodre u epidermis se manjim delom difuzno rasejava na biološkim makromolekulima i ponovo napušta kožu (reemituje se), a većim delom se apsorbuje direktno ili posle višestrukih rasejanja. **Rasejanje** je proces pri kome foton zračenja gubi deo svoje energije predajući je tkivu (ćelijama) kože i menja pravac svog kretanja. Predata energija se uglavnom troši na zagrevanje kože. Proces rasejanja se često ponavlja sve dok foton potpuno ne izgubi energiju, odnosno ne apsorbuje se, ili ne napusti epidermis u jednom od dva pravca: ka površini, odnosno van kože, ili ka sledećem sloju-*koriumu*.

Prodiranje zračenja u korium se vrši procesom **transmisije** (propuštanja). Koja količina zračenja će biti propuštena do dubljih slojeva kože, zavisi od broja slojeva ćelija i količine melanina u epidermisu.



Sl. 4.3. Ponašanje zračenja u koži

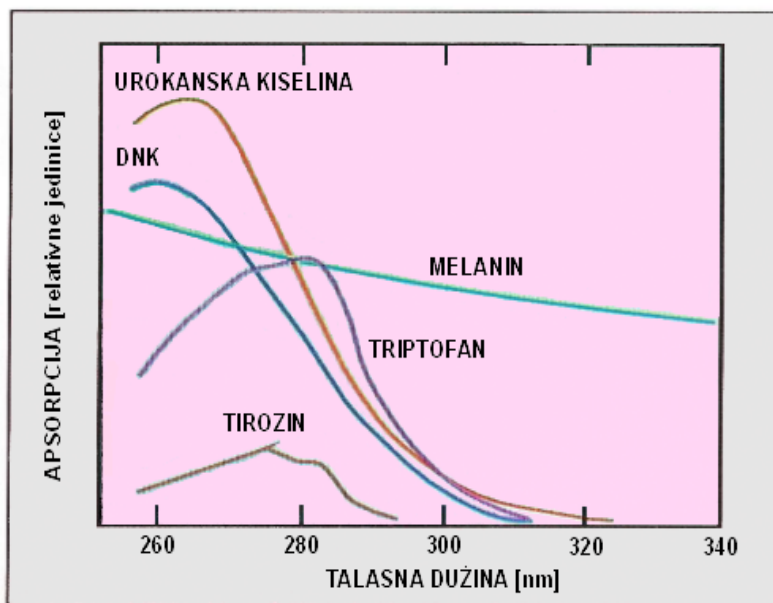
**Dubina prodiranja** UV zračenja u kožu zavisi od talasne dužine. Što je talasna dužina zračenja manja, manja je i dubina njegovog prodiranja. Dubina prodiranja UV-B zračenja je znatno manja od dubine prodiranja UV-A zračenja. UV-B zračenje prodire do

epidermisa, gde i ispoljava svoje biološko dejstvo, dok UV-A zračenje (preko 50 %) prodire dublje do koriuma.

Povratno zračenje koje potiče iz epidermisa i koriuma sastoji se iz reflektovanog i rasejanog zračenja i naziva se **reemitovano zračenje**.

**Apsorpcija** zračenja predstavlja uslov i početak bilo koje fotohemijske reakcije. Do apsorpcije zračenja može doći u bilo kom sloju kože, ali samo u prisustvu određenih molekula, tzv. **hromofora**. Od koncentracije i rasporeda ovih molekula, zavisi intenzitet reakcije kože na dejstvo UV zračenja.

Svaki molekul-hromofora apsorbuje zračenje određene talasne dužine, odnosno različite hromofore apsorbuju zračenje različitih talasnih dužina. Tako najveći deo UV-B zračenja apsorbuju hromofore raspoređene u epidermisu, kao što su: amino-kiseline (tirozin, triptofan), nukleinske kiseline (DNK), proteini (npr. keratin), pigmenti (melanin), urokanska kiselina, holesterol. Kod svih ovih molekula, osim kod melanina, apsorpciona efikasnost naglo opada sa povećanjem talasne dužine zračenja sa malom ili nikakvom apsorpcijom zračenja iz UV-A spektralnog područja (sl.4.4). Na slici 4.4. su prikazani apsorpcioni spektri pet različitih hromofora prisutnih u tkivu kože, za koje se smatra da su važni za biološke efekte dejstva UV-B zračenja.



Sl. 4.4. Apsorpcioni spektri pet različitih hromofora

Melanin je glavna hromofora epidermisa i ima sposobnost da apsorbuje zračenje talasnih dužina od 350-1200 nm. Urokanska kiselina je glavna hromofora površinskog sloja epidermisa i apsorbuje zračenje talasnih dužina od 240-300 nm, zbog čega se smatra prirodnim sun-block supstancom.

Ukoliko se proces apsorpcije zračenja dešava u dubljim slojevima kože, tj. u bazalnom sloju epidermisa ili u koriumu, gde se nalaze "žive" ćelije, povećava se rizik od fotohemijskih reakcija, koje mogu dovesti do pojave neželjenih efekata dejstva UV

zračenja. Zbog toga je zaštitni sistem kože raspoređen u površinskom sloju. Apsorpcijom zračenja u površinskom, rožastom, sloju kože, koji je izgrađen od izumrlih ćelija, znatno se umanjuje efekat svakodnevnih, umerenih doza zračenja, što predstavlja važan deo zaštitnog mehanizma kože, tzv. "pasivnu zaštitu".

#### 4.1.1.3. Negativni efekti dejstva UV zračenja na kožu

**N**ajveći broj fotobioloških reakcija, koje se odigravaju u koži, je indukovano UV zračenjem talasnih dužina od 290-400 nm.

Po broju i intenzitetu bioloških efekata najznačajnije je dejstvo UV-B zračenja. UV-B zračenje prodire do epidermisa, gde se najvećim delom i apsorbuje. Odgovorno je za nastanak opekotina, stvaranje slobodnih radikala, prevremeno starenje kože, oštećenja imunološkog sistema, pojavu karcinoma kože. Takođe stimuliše sintezu melanina, kao odbrambenog mehanizma kože.

UV-A zračenje prodire u dublje slojeve epidermisa i korium, ali su biološki efekti dejstva ovog zračenja slabijeg intenziteta i nisu odmah vidljivi. UV-A zračenje ima kumulativno dejstvo. Efekti dejstva ovog zračenja se kumuliraju u organizmu i ispoljavaju tek kad nastupe ozbiljne promene i oštećenja. Odgovorno je za stvaranje slobodnih radikala, pojavu fotodermatoza i fotosenzibilizaciju. Dovodi do tamnjenja postojećeg melanina i pojačava efekte dejstva UV-B zračenja. Takođe se smatra da je UV-A zračenje direktno odgovorno za pojavu malignog melanoma.

##### 4.1.1.3.1. Efekti akutnog dejstva UV zračenja na kožu

**K**ao posledica akutnog dejstva UV zračenja na kožu, dolazi do pojave opekotina, fotodermatoza i senzibilizacije.

- **Opekotine** predstavljaju prvi odgovor kože na akutno dejstvo UV zračenja usled prekomerne izloženosti organizma. Nastaju posle niza fotohemijских reakcija koje započinju procesom apsorpcije fotona zračenja od strane hromofora raspoređenih u koži. Opekotine se manifestuju pojavom **eritema** (crvenila), koji je prouzrokovano zapaljenskim procesima kože. U ozbiljnijim slučajevima, opekotine prati pojava plikova, bola, pečenja, svraba, povišene telesne temperature, mučnine, glavobolje.

Osnovne karakteristike eritema se razlikuju u zavisnosti od talasne dužine i doze zračenja koje ga je izazvalo. Maksimalni intenzitet eritema dostiže posle 6-24 sata od vremena ozračivanja, a zatim se povlači tokom nekoliko dana.

Dejstvo UV zračenja na pojavu eritema je najveće u UV-B oblasti spektra na  $\lambda = 297$  nm i smanjuje se prema granici sa UV-A zračenjem. UV-A zračenje ima znatno manju efikasnost u pojavi eritema u odnosu na UV-B zračenje. UV-A zračenje izaziva zapaljenske procese u koriumu, dok UV-B zračenje izaziva zapaljenske procese u epidermisu.

Osetljivost kože na pojavu eritema nije ista na svim delovima tela. Ona takođe zavisi i od godišnjeg doba, ali i od niza drugih faktora, kao što su tip kože, životno doba, opšte zdravstveno stanje organizma.

- **Fotodermatoze** su oboljenja kože koja nastaju usled dejstva UV i/ili VIS zračenja. Uzroci dermatoza mogu biti: poremećaj metaboličkih procesa, medikamenti ili hemikalije koje se primenjuju sistemski ili lokalno na koži, kao i već postojeća oboljenja kože pogoršana dejstvom zračenja (herpes simplex, dečije boginje...).

- **Fotosenzibilizacija** predstavlja neuobičajenu reakciju organizma na dejsvo solarnog zračenja u prisustvu određenih supstanci. Karakteriše je fotohemijska reakcija do koje dolazi kada se energija prenosi sa molekula koji je apsorbirao zračenja (hromofore, koje se u ovom slučaju nazivaju fotosenzibilizatori) na neki drugi molekul (supstrat). Fotosenzibilizatori mogu biti egzogene (lekovi, hrana, parfemi i kozmetički preparati...) ili endogene (abnormalni metaboliti, kao i normalni sastojci) supstance, izložene dejsvu na izgled bezazlenog UV-A ili VIS zračenja. Kao rezultat fotosenzibilizacije dolazi do hemijske promene molekula-supstrata, koja izaziva oštećenje ili smrt ćelije. Fotosenzibilizacija se na koži manifestuje pojavom svraba, plikova, otoka, pojačane pigmentacije, nenormalno burne reakcije ili neočekivano jake opekotine.

#### 4.1.1.3.2. Efekti hroničnog dejstva UV zračenja na kožu

ao posledica hroničnog dejstva UV zračenja na kožu, dolazi do pojave prevremenog starenja kože, stvaranja slobodnih radikala, oštećenja imunološkog sistema i pojave tumora kože.

- **Starenje** je prirodan proces kome podleže svaka jedinka. Predstavlja niz anatomske promene koje se dešavaju u organizmu usled fizioloških procesa. Starenje podrazumeva i promene koje nastaju usled stalnog, nepovoljnog dejstva agresivnih faktora okoline.

Starenje kože može biti *prirodno* (biološko) ili *prevremeno*. Prirodno starenje je genetski predodređeno, dok je prevremeno starenje rezultat stalnog dejstva negativnih spoljašnjih faktora. Za kožu je najagresivniji spoljašnji faktor UV zračenje. Promene na koži koje nastaju usled dejstva ovog zračenja, označavaju se kao **fotostarenje**. Fotostarenje se i klinički razlikuje od prirodnog starenja, jer se promene na koži javljaju deceniju-dve ranije nego kod prirodnog starenja.

Oko 90 % svih procesa koji izazivaju starenje kože nastaje usled dejstva, pre svega, UV-A zračenja talasnih dužina od 340-400 nm.

- **Slobodni radikali** su molekuli, koji imaju jedan ili više nesparenih elektrona u molekulskoj orbitali i kao takvi su veoma hemijski reaktivni. Nastaju u organizmu spontano, kao produkti fizioloških metaboličkih procesa (disanja, aktivnosti imunološkog sistema...), ali i pod dejstvom spoljašnjih agresivnih faktora, kao što je UV zračenje. Najveći broj slobodnih radikala su molekuli koji sadrže koseonik kome nedostaje elektron, zbog čega se još nazivaju i **slobodne kiseoničke vrste**.

Slobodni radikali deluju destruktivno na vitalne ćelijske strukture (DNK, ćelijske organele, ćelijsku membranu) stvarajući pri tom nove reaktivne grupe, koje napadaju okolne molekule i šire se putem kože kroz organizam. Efekti dejstva slobodnih radikala se sabiraju tokom godina i manifestuju promenama, koje su osnovni uzrok prevremenog starenja, pojave mutacija i karcinoma.

Odgovor organizma na dejstvo slobodnih radikala na ćelijskom nivou se odvija preko **zaštitnog antioksidacionog sistema**. Zaštitni antioksidacioni sistem organizma (enzimi, proteini, urati, vitamini A, E, C...) je smešten intra i ekstracelularno. Ovaj sistem inhibira dejstvo slobodnih radikala i na taj način sprečava nastanak oštećenja, međutim nema sposobnost da ispravi već nastala oštećenja pod dejstvom slobodnih radikala.

- **Oštećenja imunološkog sistema.** Imunološki sistem je primarni sistem koji štiti organizam od infekcija i razvoja kancerogenih oboljenja.

U površinskom sloju kože, epidermisu, nalaze se ćelije imunološkog sistema kože, tzv. *Langerhansove ćelije*. Uloga ovih ćelija je da brane organizam od dejstva štetnih agenasa okoline. Za Langerhansove ćelije je najopasniji egzogeni faktor UV zračenje.

Pri oštećenju imunološkog sistema kože povećeva se osetljivost organizma na infekcije, kao i učestalost od pojave kancerogenih oboljenja. Svi ljudi, bez obzira na boju kože (ten) i sklonost ka pojavi opekotina od Sunca, su ugroženi usled oštećenja imunološkog sistema kože, koje nastaje pod dejstvom UV, a pre svega UV-B zračenja.

UV-B zračenje izaziva supresiju imunološkog odgovora kože, kao što je kontaktna alergijska reakcija na hemikalije, blokira ćelijski imunitet, proces fagocitoze, eliminaciju mikroorganizama iz limfnog tkiva i sprečava odbacivanje izmenjenih epidermalnih ćelija-ćelija tumora.

UV-A zračenje prodire u dublje slojeve kože i ima selektivno dejstvo na Langerhansove i lipidne ćelije.

- **Tumori kože.** Maligna oboljenja uopšteno, predstavljaju nekontrolisan rast ćelija. Od svih uzroka ove opake bolesti, najozbiljniji je prekomerno izlaganje dejstvu UV zračenja, kako solarnom tako i onom koje potiče iz veštačkih izvora.

Od malignih oboljenja kože javljaju se karcinom bazalnih ćelija, koji je i najčešći, karcinom rožestih ćelija i melanom, dok se od benignih tumora kože najčešće javljaju solarne keratoze i mladeži.

Mladeži su benigni tumori melanoblasta. Osobe sa većim brojem mladeža na koži su podložnije pojavi malignih promena. Veliki broj melanoma se razvija iz već postojećih mladeža, ali mnogi nastaju i iz naizgled zrave kože.

Od pojave tumora je ugroženija koža koja je više izlagana dejstvu Sunčevog zračenja, naročito u detinjstvu i ranoj mladosti. Izlaganje Sunčevom zračenju, a naročito njegovoj UV komponenti, kao i nasledna sklonost ka pojavi ovih oboljenja, određuje stepen rizika za pojavu karcinoma kože. Oko 95 % svih malignih promena javlja se na površini kože koja je najviše izložena dejstvu UV zračenja: uši, nos, vrat, dekolte... UV zračenje oštećuje DNK direktnom apsorpcijom ili indirektno, preko slobodnih radikala.

Za pojavu karcinoma kože, veoma je značajan i imunološki sistem. Rezultat prekomernog izlaganja kože UV zračenju je supresija imunološkog sistema, što je još jedan način dejstva UV zračenja u smislu promocije karcinoma kože.

#### 4.1.1.4. Pozitivni efekti dejstva UV zračenja na kožu

**E**fekti dejstva UV zračenja na kožu su različiti i zavise od mnogo faktora, kao što su tip kože, način života, navike, opšte stanje organizma... Smatra se da je jedini pozitivni efekat dejstva UV zračenja na kožu konverzija provitamina D u njegov vitamin D<sub>3</sub>. Pozitivnim se, uslovno, može smatrati i aktiviranje zaštitnih mehanizama kože od dejstva zračenja: zadebljanje površinskog sloja kože-epidermisa i aktiviranje procesa melanogeneze i sinteza melanina. Kapacitet zaštitnih mehanizama kože je ograničen i zato prekomerno sunčanje izaziva ireverzibilne promene koje dovode do narušavanja zdravlja i lepog izgleda kože.

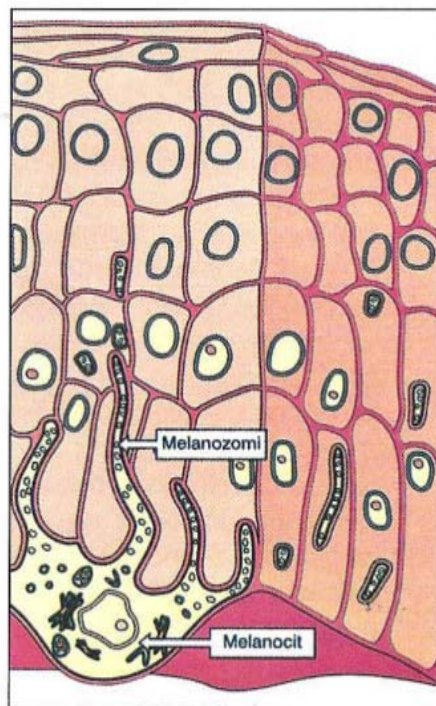
#### 4.1.1.5. Zaštitni mehanizmi kože

**P**od zaštitnim mehanizmima kože od UV zračenja se podrazumeva sposobnost kože da se zaštiti od dejstva UV zračenja. Aktiviranjem zaštitnog mehanizma smanjuje se osetljivost kože na pojavu eritema, a za to je neophodno dejstvo UV zračenja koje pored UV-A sadrži i dovoljno UV-B zračenja. Međutim, nije koža svakog pojedinca sposobna da smanji svoju osetljivost na pojavu eritema aktiviranjem sopstvene UV zaštite. Ova sposobnost zavisi od tipa kože, životnog doba i opšteg zdravstvenog stanja organizma.

Aktiviranje sopstvene UV zaštite kože se naziva "*UV adaptacija*" i obuhvata dva procesa: **pigmentaciju** (tamnjenje kože) i **zadebljanje rožastog sloja epidermisa**.

- **Pigmentacija**, odnosno tamnjenje kože, je najdelotvornija zaštitna reakcija kože od pojave eritema, kod koje se razlikuju dva mehanizma:

- 1) **Sinteza melanina, indirektna ili odložena pigmentacija.** UV zračenje, već pri prvom ozračivanju, podstiče melanoblaste na sintezu melanina, što predstavlja proces stvaranje *novog* pigmenta. Proces sinteze melanina (melanogeneza) se odigrava u melanozomima, organelama melanoblasta (sl.4.5), pod dejstvom UV-B zračenja talasnih dužina ispod 320 nm. Novosintetisani melanin, koji je bezbojan, deponuje se unutar melanozoma, gde se čitavim nizom biohemijskih procesa transformiše u žuto-smeđi pigment melanin. Melanozomi se preko pseudopoda (ćelijskih nastavaka) raspoređuju u okolne keratinocite bazalnog sloja. Osnovni zadatak tamnog melanina je da zaštiti ćelije bazalnog sloja od štetnog dejstva UV zračenja. To se postiže na taj način što se melanozomi skladište oko ćelijskog jedra, štiteći tako genetski materijal. Preko ćelija bazalnog sloja melanozomi se transportuju do površinskog sloja kože. Kako je za ovaj transport potrebno isvesno vreme, maksimalno tamnjenje kože je vidljivo tek posle 10 sati od početka sunčanja. Boja traje 4-8 dana, koliko je potrebno da se sa površine kože uklone izumrle ćelije sa pigmentom.



Sl. 4.5. Transport melanina kroz epidermis

**2) Direktna pigmentacija.** Direktna ili trenutna pigmentacija pruža zaštitu od pojave eritema odmah za vreme sunčanja, odnosno dejstva UV zračenja. Pri ovom procesu, koji se odvija pod dejstvom UV-A i VIS zračenja ( $\lambda = 300-660 \text{ nm}$ ), dolazi do tamnjenja već postojećeg melanina, koji se nalazi u keratocitima na putu ka površinskom sloju kože. Maksimalna boja kože se postiže već posle 1 sata, ali je nestabilna i gubi se nakon 2-3 sata od početka sunčanja. Direktna pigmentacija ne daje jako tamne nijanse kože, niti dovodi do sinteze novih količina pigmenta.

Tek zajedničkim odvijanjem procesa koji zavise od UV-B i UV-A zračenja, sintezom novog pigmenta i tamnjenje već postojećeg pigmenta, dobija se dugotrajnija boja kože, koja blede tek obnavljanjem ćelija.

Količina pigmenta melanina u koži je genetski predodređena i predstavlja tzv. **urođenu pigmentisanost**. Kada je količina pigmenta u koži veća od uobičajene, npr. posle sunčanja, to predstavlja tzv. **stečenu** ili **adaptacionu pigmentisanost**. Melanin apsorbuje ili reflektuje 90 % UV zračenja koje prolazi kroz rožasti sloj i na taj način inhibira lančane reakcije slobodnih radikala i kontroliše štetno dejstvo zračenja na kožu.

- **Zadebljanje rožastog sloja epidermisa (hiperplazija).** UV-B zračenje podstiče deobu keratinocita bazalnog sloja epidermisa, pri čemu se stvara veći broj slojeva ćelija i epidermis zadebljava. Na taj način se putanja zračenja kroz kožu produžava i povećava verovatnoća da zračenje izgubi svoju energiju pre nego što prodre do dubljih slojeva kože. Procesom perutanja se izumrle ćelije površinskog sloja, na koje je delovalo zračenje, brzo uklanjaju sa površine kože i zato ne predstavljaju pretnju za zdravlje kože.

Zahvaljujući ovim načinima zaštite, epidermis zaustavi gotovo celokupno zračenje talasnih dužina ispod 315 nm. Transmisija preostalog dela zračenja do bazalnog sloja

epidermisa i koriuma, znači aktiviranje fotobioloških procesa koji rezultiraju pozitivnim i negativnim efektima dejstva UV zračenja na kožu.

Aktiviranje zaštitnog mehanizma kože je ograničeno na povećanje doza zračenja koje dovode do opekotina. Međutim, ovi zaštitni mehanizmi ne utiču na oštećenja DNK i mutacije, tako da se uprkos smanjenju rizika od opekotina, rizik od pojave karcinoma kože samo neznatno smanjuje čak i kod kože adaptirane na UV zračenje.

#### 4.1.1.6. UV osetljivost kože i tipovi kože



Osetljivost ljudske kože na dejstvo UV zračenja se razlikuje od osobe do osobe i zavisi od mnogo faktora: etničke pripadnosti, životnog doba i opšteg stanja organizma. Etnička pripadnost, ali i genetski preduslovi (pigmentisanost) se mogu klasifikovati podelom kože na različite tipove. Kriterijumi za klasifikaciju kože na različite tipove su osetljivost kože koja se ogleda u pojavi eritema i njena sposobnost da nakon sunčanja potamni.

Dogovorom iz 1975. godine uvedena je klasifikacija na šest osnovnih tipova kože, u zavisnosti od načina i brzine reakcije na solarno UV zračenje. Za evropsku populaciju su karakteristična prva četiri tipa kože, tako da sve o čemu dalje budemo govorili odnosiće se upravo na prva četiri tipa kože. Tipovi kože i njihove osnovne karakteristike su dati u tabeli 2.

**Tabela 2**  
Tipovi kože i njihove karakteristike

| TIP KOŽE | NAZIV TIPA KOŽE      | OPIS KOŽE              | REAKCIJA NA SUNCE  |                  | MED [J/m <sup>2</sup> ] | VREME TRAJANJA SOPSTVENE ZAŠTITE [min] |
|----------|----------------------|------------------------|--------------------|------------------|-------------------------|----------------------------------------|
|          |                      |                        | OPEKOTINE          | TAMNENJE         |                         |                                        |
| 1        | Keltski tip          | Veoma svetla           | Uvek i bolne       | Nema ga          | 200                     | 15-20                                  |
| 2        | Germanski tip        | Svetla                 | Skoro uvek i bolne | Slabo do umereno | 250                     | 20-25                                  |
| 3        | Srednje-evropski tip | Svetla do svetlo-smeđa | Retko do umereno   | Primetno         | 350                     | 28-35                                  |
| 4        | Mediterranski tip    | Svetlosmeđa            | Skoro nikada       | Brzo i duboko    | 450                     | 36-45                                  |

Tip kože **1** ne pokazuje znake tamnjenja i pri sunčanju brzo dobija teške opekotine. Kod ovog tipa kože se ne preporučuje upotreba veštačkih izvora zračenja (solarijuma) radi tamnjenja.

Tip kože **2** slabo tamni i ima visok rizik od pojave opekotina.

Top kože **3** pokazuje napredak u tamnjenju i u proseku dobro podnosi sunčanje, ali ponekad ipak trpi opekotine.

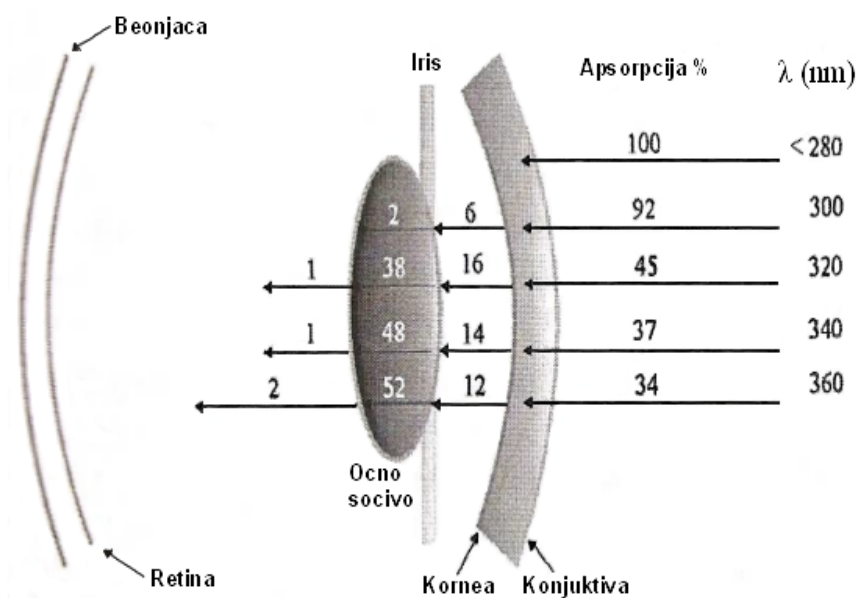
Tip kože **4** brzo i dobro tamni i retko dobija opekotine od Sunca.

#### 4.1.2. DEJSTVO UV ZRAČENJA NA OČI



Oko ili očna jabučica (*bulbus*) je smešteno u očnoj duplji lobanje. Oko je direktno izloženo dejstvu Sunčenog zračenja, ali je svojim položajem i spoljašnjim delovima oka u izvesnoj meri i zaštićeno. Od prkomernog dejstva zračenja se oko brani svojim zaštitnim mehanizmom koji čine dužica (*iris*), koja poseduje pigmentaciju i zenica (*pupilla*), koja ima sposobnost da se, u zavisnosti od intenziteta zračenja, skuplja i širi i na taj način ograničava ulazak zračenja u oko.

Više od 99 % UV zračenja se apsorbuje u prednjim delovima oka, dok mali deo ipak dospeva do mrežnjače (*retine*), dela oka koji je osetljiv na dejstvo zračenja (sl.4.6). Apsorpcija UV zračenja u oku dovodi do promena koje su vezane za proces starenja i veliki broj ozbiljnih oboljenja oka. Najveći deo UV-B zračenja apsorbuje rožnjača (*cornea*) i očno sočivo. Zbog toga su i najčešća oštećenja ovih delova oka. Međutim, može doći i do oštećenja retine ukoliko se izloži dejstvu UV-B zračenja. UV-A zračenje prodire dublje u oko i može izazvati oštećenja očnog dna.



Sl. 4.6. Apsorpcija UV zračenja u oku

Negativni efekti dejstva UV zračenja na oko su pojava katarakte, pterigijuma, fotokeratitisa, makularne degeneracije, malignih promena kože oko očiju.

- **Katarakta** ili očna mrena predstavlja замуćenje očnog sočiva i glavni je uzrok slepila. Osnovni uzrok katarakte je dejstvo UV-B zračenja, koje u ovom slučaju deluje indirektno preko slobodnih radikala. Bolest se razvija tokom više godina, vezana je za proces starenja i uglavnom se javlja kod starijih osoba.

- **Pterigijum** je oboljenje oka koje se ogleda u rastu tkiva na beonjači u vidu debelih membrana koje prekrivaju oko i mogu blokirati vid. Uklanja se hirurški.

- **Keratitis.** Dejstvo reflektovanog zračenja od površine vode, snega, peska itd. je veoma opasno za oči. Snežne površine reflektuju i do 95 % zračenja. Kod nezaštićenog oka, ova prevelika količina zračenja izaziva pojavu keratitisa ili tzv. "snežnog slepila". Fotokeratitis je akutno, reverzibilno zapaljenje površinskih slojeva oka, kornee i konjunktive, koje nastaje pri direktnom, prekomernom dejstvu UV-B zračenja. Obično se javlja nekoliko sati posle dejstva zračenja i može trajati nekoliko dana, nakon čega se spontano povlači. Nakon jednog pojavljivanja oči postaju još osetljivije na svako sledeće dejstvo zračenja.

- **Makularna degeneracija.** Žuta mrlja (*macula*) je deo retine koji obezbeđuje jasan i oštar centralni vid. Makula sadrži velike količine pigmenata, čija je uloga da filtriraju upadno zračenje. Usled prekomernog izlaganja UV zračenju i intenzivnom plavo-ljubičastom svetlu koje oštećuje retinu, razvija se makularna degeneracija oka, koja je glavni uzrok slepila kod ljudi starijih od 55 godina, mada se može javiti i kod mlađih osoba. Oštećenja koja nastaju su blaga i neupadljiva. Tokom niza godina ona prerastaju u ozbiljne promene koje ugrožavaju vid. Osnovni uzrok ovog oboljenja su slobodni radikali.

- **Karcinom.** Dejstvo UV zračenja može izazvati i karcinom kože oko očiju, na kopcima i licu.

Oštećenja očiju usled dejstva UV zračenja se mogu javiti kod svake osobe, naročito kod onih koji više vremena provode na otvorenom prostoru.

## 5. ZAŠTITA OD UV ZRAČENJA

**U**ltraljubičasto zračenje ima štetno dejstvo na ljudski organizam. Tokom evolucije u koži čoveka su se razvili specifični zaštitni mehanizmi koji se suprotstavljaju štetnom dejstvu UV zračenja. Međutim, ovi mehanizmi su ograničenog kapaciteta i iscrpljuju se još tokom detinjstva, naročito pri izlaganju većim dozama UV zračenja.

Zaštita od UV zračenja predstavlja globalan problem za čitav živi svet, bilo da se radi o solarnom UV zračenju ili onom koje potiče iz veštačkih izvora. Najbolja mera zaštite u slučaju veštačkih izvora zračenja, npr. solarijuma, je ne izlagati se tom zračenju, a u slučaju profesionalne izloženosti, pridržavanje uputstvima za zaštitu na radu.

Jedna od "preventivnih" mera zaštite od dejstva UV zračenja, jeste i adekvatna informisanost javnosti o štetnim efektima i odgovarajućim merama zaštite. Nedovoljna obaveštenost o potrebi za opreznijim sunčanjem, potencijalnim štetnim efektima i načinima zaštite, osnovni su uzrok pojave malignih oboljenja, koja su danas sve prisutnija i masovnija.

Koža i oči su organi koji su najviše izloženi dejstvu UV zračenja i potrebna im je najadekvatnija zaštita.

### 5.1. ZAŠTITA KOŽE

**K**oža se od dejstva UV zračenja najbolje štiti odećom. Međutim, treba voditi računa da ta odeća bude lagana i prijatna za telo. Najadekvatnije su široke majice, pantalone i šeširi sa širokim obodom. Šešir štiti oči, lice, vrat, uši. Delove kože, koji nisu prekriveni odećom treba zaštititi primenom zaštitnih preparata, koji u sebi sadrže supstance koje apsorbuju zračenje iz UV-A i UV-B dela spektra. Prilikom prvog izlaganja sunčevom zračenju preporučuje se korišćenje preparata sa zaštitnim faktorom 20 i više.

Pravilna primena zaštitnih preparata podrazumeva izbor odgovarajućeg zaštitnog faktora za dati tip kože, kao i korišćenje preparata u dovoljnoj količini i dovoljno često. Korišćenje kvalitetnih zaštitnih preparata znatno doprinosi zaštiti od pojave eritema, prevremenog starenja kože i pojave karcinoma. Neki delovi tela su duže izloženi dejstvu UV zračenja nego drugi, te na ove delove treba češće nanositi zaštitni preparat.

Izuzetno važna mera zaštite je izbegavanje sunčanja u periodu dana od 11 do 16 časova tokom letnjih meseci. Mala deca i bebe ne bi trebalo sa se izlažu UV zračenju u periodu između 10 i 17 časova.

#### 5.1.1. PREPARATI ZA ZAŠTITU KOŽE

**S**avremena farmaceutska i kozmetička industrija intenzivno radi na dobijanju što efikasnijeg i za primenu što jednostavnijeg preparata za zaštitu od UV zračenja.

Postoje dva osnovna tipa preparata za zaštitu: oni koji deluju "iznutra" i oni koja deluju "spolja".

Preparati koji deluju "iznutra" su oralna sredstva za zaštitu od UV zračenja. Iako su najjednostavnija za primenu, nisu se pokazala sposobnim da spreče štetne efekte dejstva UV zračenja. I dalje se intenzivno traga za "formulom" koja bi dala zadovoljavajući efekat. Savremeni preparati su uglavnom kombinacija vitamina i drugih supstanci koje imaju antioksidativno dejstvo, jer se na taj način sprečava stvaranje slobodnih radikala i širenje štetnih efekata. Tu spadaju prirodni oblici vitamina E, vitamin C, minerali kao što su selen, cink, bakar, gvožđe... Primena ovih preparata se preporučuje tokom nekoliko nedelja pre sunčanja, kako bi se popunili depoi zaštitnih komponenti u organizmu. Međutim, ovi preparati imaju ograničeno i pre svega preventivno dejstvo.

Kozmetički preparati koji deluju "spolja", imaju zadatak da spreče štetno dejstvo UV zračenja na kožu. Savremeni preparati za zaštitu od UV zračenja predstavljaju vrlo složene proizvode sa višestrukim dejstvom. Oni istovremeno štite, hrane, vlaže i neguju kožu.

Preparati za zaštitu kože od UV zračenja moraju ispuniti sledeće zahteve:

1. da imaju "širok spektar zaštite" (efikasnu zaštitu od zračenja iz kompletnog UV spektra);
2. da imaju minimalan iritacioni potencijal (minimalne koncentracije konzervanasa, parfema, antioksidanasa, emulgatora...);
3. da su netoksični;
4. da se brzo i lako nanose na kožu;
5. da su vodootporni, supstativni sa kožom i fotostabilni;
6. da sadrže komponente koje vlaže, hrane i neguju kožu;
7. da su neisparljivi i da ne boje odeću;
8. da imaju pristupačnu cenu na tržištu, kako bi bili dostupni što većem broju ljudi.

#### 5.1.1.1. Zaštitni faktor

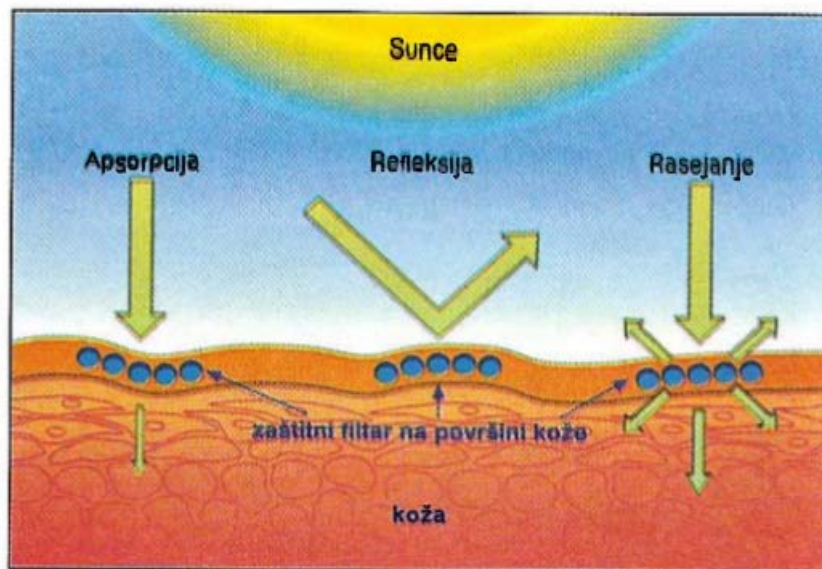


Zaštitni faktor (Sun Protection Factor, SPF, engl.) je osnovna karakteristika preparata za zaštitu kože od UV zračenja. SPF se definiše kao broj, koji pokazuje koliko puta duže uz primenu zaštitnog preparata čovek može biti izložen dejstvu UV zračenja, nego bez njega, a da pri tome ne dođe do pojave prvog vidljivog crvenila kože. Zaštitni faktor predstavlja odnos vrednosti minimalne eritemalne doze (MED-a) za zaštićenu i nezaštićenu kožu [Vivirito, 1989].

Vrednost zaštitnog faktora je vidno istaknuta na ambalaži preparata. SPF kod svih preparata predstavlja faktor zaštite od UV-B zračenja. Oni preparati koji pružaju zaštitu i od UV-A zračenja na ambalaži imaju naznačene zvezdice ili neki drugi znak. Za preparate koji pružaju zaštitu i od UV-B i od UV-A zračenja se koristi termin "širok spektar zaštite".

### 5.1.1.2. Zaštitni filtri

**Z**aštitni filtri su osnovne komponente koje ulaze u sastav preparata za zaštitu od UV zračenja. To su supstance koje imaju sposobnost da apsorbiraju, reflektuju ili rasipaju, pre svega zračenje iz UV dela spektra. Izuzetno je važno da do interakcije između zaštitnih filtera i zračenja dođe u površinskom sloju kože, gde se nalaze izumrle ćelije, koje ovaj proces ne može ugroziti (sl.5.1).



Sl. 5.1. Interakcija zaštitnog filtera i UV zračenja na površini kože

Zaštitni filtri se prema vrsti interakcije sa UV zračenjem dele na **fizičke** ili **mehaničke** i **hemijske** ili **UV apsorbere**.

- **Fizički** ili **mehanički** filtri reflektuju, rasejavju ili rasipaju zračenje na površini kože. To su pigmenti u obliku tečnosti, krema ili pudera. Fizički filtri su neselektivni, što znači da interreaguju sa zračenjem svih talasnih dužina. Preparati za zaštitu mogu da sadrže visoke koncentracije ovih supstanci s obzirom da su one neškodljive. Međutim, visoke koncentracije ovih supstanci u preparatima izazivaju efekat meke-up, tj. bojenje kože, pa se godinama izbegavala primena ovih filtera u kremama za sunčanje. Danas se koriste mikronizirani, ultrafini pigmenti koji ne interreaguju sa VIS zračenjem (ne boje kožu), ali efikasno štite kožu od UV zračenja.

- **Hemijski** ili **UV apsorberi** su složena hemijska jedinjenja koja interreaguju sa UV-B zračenjem ( $\lambda = 308 \text{ nm}$ ) i UV-A zračenjem ( $\lambda = 320\text{-}340 \text{ nm}$ ). Pri interakciji, hemijski filtri menjaju svoju strukturu, a fotoni UV zračenja smanjuju svoju energiju i prelaze u fotone zračenja (IC) koji najčešće dovode samo do zagrevanja kože. Usled promene u strukturi hemijskih filtera, može doći do pojave alergijskih i reakcija fotosenzibilizacije. Kako bi se postigle visoke vrednosti zaštitnog faktora, hemijski filtri se kombinuju, međusobno ili sa fizičkim filterima.

Pored zaštitnih filtera, zaštitni preparati sadrže i niz drugih supstanci koje povećavaju zaštitni mehanizam, doprinise kvalitetu i zdravlju kože, a to su:

- 1) antioksidansi (komponente koje sprečavaju negativne efekte dejstva slobodnih radikala);
- 2) prirodni vlažeći faktore (gel Aloe Vera i druge supstance koje održavaju elastičnost i mekoću kože);
- 3) sredstva koja prilikom nanošenja preparata formiraju tanak film na površini kože i na taj način ublažavaju ili potpuno sprečavaju iritaciju kože.

## 5.2. ZAŠTITA OČIJU



či su izložene direktnoj komponenti solarnog UV zračenja, ali i zračenju koje se reflektuje od površine. Najbolja zaštita očiju od dejstva UV zračenja je korišćenje zaštitnih naočara koje u velikoj meri apsorbuju zračenje iz UV spektra. U našoj zemlji su u širokoj upotrebi nesertifikovane, jeftine naočare za sunce kod kojih ni proizvođač, a ni prodavac ne garantuje zaštitu od UV zračenja. Zato je važno obratiti pažnju na kvalitet naočara za sunce i zaštitu koju one pružaju.

Korišćenje naočara čije staklo apsorbuju samo zračenje iz vidljivog dela spektra je kontraproduktivno i štetno. Naime, zenica oka reaguje na intenzitet vidljivog zračenja i u slučaju slabog intenziteta ovog zračenja dolazi do širenja zenice i ulaska veće količine UV zračenja u oko.

Kada površina zemljišta u velikoj meri reflektuje UV zračenje (sneg, pesak...) preporučuje se korišćenje naočara koje imaju zaštitu sa strane.

## 6. VEŠTAČKI IZVORI UV ZRAČENJA. OSOBINE I VRSTE UV LAMPI

U pored sa razvojem nauke i tehnike dolazi do sve većeg usavršavanja veštačkih izvora zračenja i do njihove sve šire primene u svakodnevnom životu. Koriste se u mnogim oblastima, kao što su: nauka, tehnika, industrija, medicina... Uopšteno, izvori zračenja se međusobno razlikuju po svojoj spektralnoj, geometrijskoj i vremenskoj raspodeli zračenja, pa samim tim i po svom biološkom dejstvu.

Intenzitet i spektar veštačkih izvora UV zračenja zavisi od načina nastajanja zračenja, vrste lampi koje ga emituju i od uslova rada, a može pored spektra vidljivog i IC zračenja da obuhvati i kompletan spektar UV zračenja. Za razliku od solarnog UV zračenja kod koga su intenzitet i spektar, u zavisnosti od doba dana, podložni periodičnim promenama i vremenskim oscilacijama, kod veštačkih izvora se pri konstantnim radnim uslovima intenzitet i spektar zračenja mogu smatrati konstantnim u toku vremena. Intenzitet i spektar veštačkih UV izvora se može menjati primenom odgovarajućih filtera i reflektora i na taj način optimalno prilagoditi konkretnoj primeni.

U veštačke izvore UV zračenja spadaju: **užarene lampe, fluorescentne lampe, halogene lampe i UV laseri.**

### 6.1. UŽARENE LAMPE

U žarene "Blacklights" lampe se izrađuju od stakla violet-plave boje, koje dobro propušta dugotalasno UV-A zračenje ( $\lambda = 345-400$  nm) poznato kao "tamno svetlo" (blacklights, engl.). Ove lampe u globalu sadrže usijano vlakno (nit, žicu), koje emituje kontinualno zračenje. Koriste se za pobuđivanje fluorescentnih supstanci i objekata da svetle. Vek trajanja ovih lampi iznosi oko 800 sati. Prilično su bezbedne, ali se ipak ne preporučuje gledati u njih sa kratkog rastojanja duže vreme.

### 6.2. FLUORESCENTNE LAMPE

F luorescentna lampa je cev napravljena od stakla ili kvarca, čija je unutrašnja površina presvučena tankim slojem fluorescentnog materijala (fosforom). Unutar cevi, na oba njena kraja, nalazi se po jedna elektroda. Prostor između elektroda je ispunjen živinom parom pod niskim pritiskom. Fluorescentne lampe postoje u više različitih oblika i veličina. Na slici 6.1 su prikazane dve kompaktne (gore) i dve obične (dole) fluorescentne lampe.



Sl. 6.1. Dve kompaktne (gore) i dve obične (dole) fluorescentne lampe

### 6.2.1. KRATAK ISTORIJAT

**P**reteča fluorescentnih lampi je verovatno mehanizam Hejnriha Gejslera, koji je 1856. godine objedinio plavičasto svetlo emitovano od strane gasa zatvorenog u staklenoj cevi i pobuđivanog induktivnim kalemom.

1893. godine na svetskom sajmu pod nazivom "Svetska kolumbijska izložba", Illinois je prikazao Teslino fluorescentno svetlo.

1894. D. MekFarlejn Mur je konstruisao tkz. Murovu lampu, komercijalnu lampu na principu gasnog pražnjenja, namenjenu da se takmiči sa komercijalnom Edisonovom sijalicom. Korišćeni gas u ovim lampama bio je azot i ugljen-dioksid, koji emituje svetlost roze i bele boje respektivno.

1901. Piter Kuper Hjujt demonstrirao je lampu na principu električnog pražnjenja u živinoj pari, koja je emitovala svetlost plavo-zelene boje. Iako je bila blizu modernog dizajna, bila je nepogodna za upotrebu. Koristila se u fotografiji crno-bele tehnike zbog svoje veće efikasnosti od obične, užarene, sijalice.

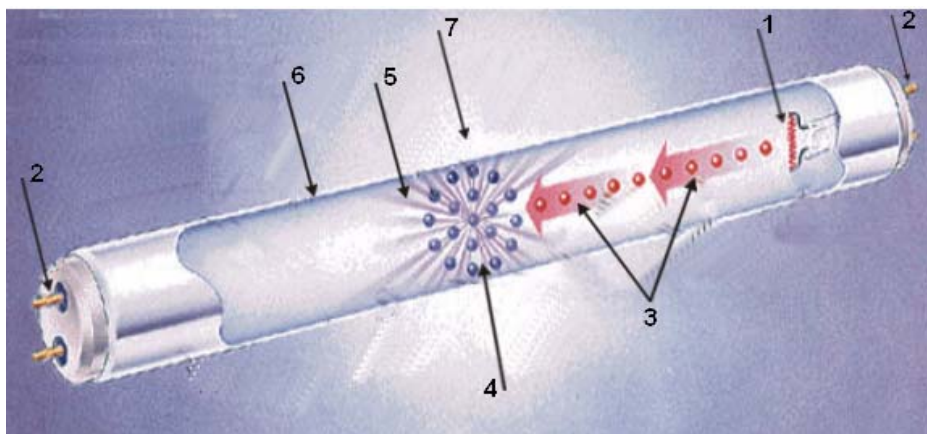
Edmund Germer i njegovi saradnici su 1926. godine predložili da se unutar cevi za pražnjenje poveća radni pritisak i da se ona oboji fluorescentnim prahom, koji UV zračenje emitovano od strane razređenog gasa konvertuje u belu svetlost. Germer je danas poznat kao izumitelj fluorescentne lampe.

Dženeral Elektrik je kasnije otkupio patent od Germera i pod direkcijom Džordža Itmana 1938. plasirao fluorescentnu lampu na tržište.

### 6.2.2. PRINCIP RADA FLUORESCENTNIH LAMPI

**F**luorescentne lampe rade na principu **tinjavog pražnjenja** - električnog pražnjenja kroz gas pod niskim pritiskom, zbog čega se još nazivaju i **lampe niskog pritiska**. Pojava električnog pražnjenja kroz gas se objašnjava na sledeći način. Pri

normalnom atmosferskom pritisku se u gasu nalazi mali broj jona i slobodnih elektrona, koji se u električnom polju ubrzavaju povećavajući svoju kinetičku energiju od sudara do sudara. Kada se pritisak gasa u cevi za pražnjenje smanji, povećava se slobodan put elektrona i jona. Na svom slobodnom putu ove čestice dobijaju znatnu kinetičku energiju, dovoljnu da pri sudaru sa atomima (molekulima) gasa izvrše njihovu *jonizaciju* i na taj način stvore nove jone i elektrone. Proces jonizacije sudarom predstavlja osnov samostalnog električnog pražnjenja kroz gas. Najniži napon potreban da takav proces otpočne, naziva se **napon paljenja**.



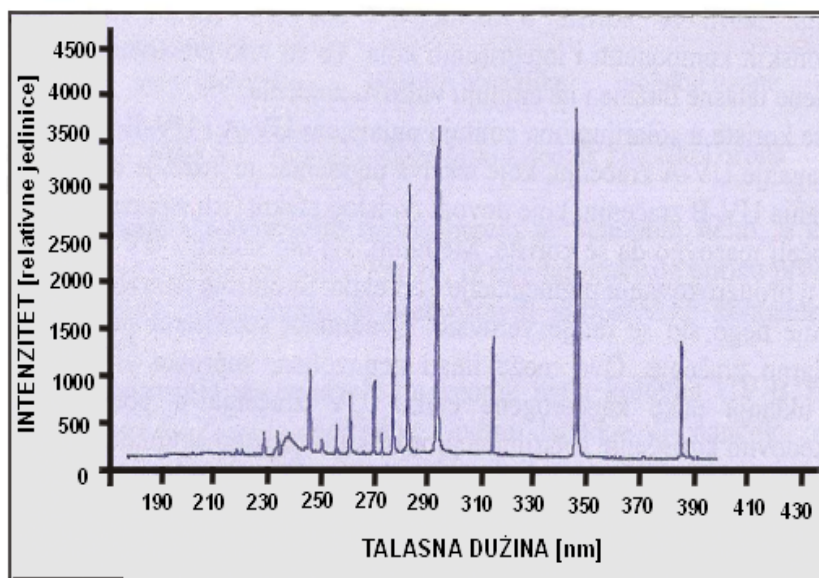
Sl. 6.2. Princip rada fluorescentne lampe

Kod fluorescentnih lampi je prostor unutar cevi za pražnjenje između elektroda ispunjen gasnom smešom živine pare i nekog inertnog gasa (argon, neon, kripton) pod niskim pritiskom (sl.6.2). Na slici 6.2 je prikazana fluorescentna lampa za naizmenični napon. Pritisak u cevi obično iznosi 1 mbar. Na elektrode (1), anodu i katodu se preko spoljnih kontakata (2) priključuje jednosmeran napon od nekoliko hiljada volti (na pr. sa nekog visokonaponskog ispravljača). Zbog razlike potencijala, između elektroda se uspostavlja jako električno polje. Katoda se zagreva i u procesu termoelektonske emisije emituje elektrone (3) koji se pod dejstvom polja ubrzavaju. Na svom putu od katode do anode se tako ubrzani elektroni sudaraju sa atomima žive (4). U procesu sudara elektroni predaju deo svoje kinetičke energije atomima žive, koji se usled toga pobuđuju—*ekscituju* (prelaze sa nižeg u više energetske stanje). Kako svaki sistem teži minimumu energije, vreme života pobuđenog stanja je kratko ( $\sim 10^{-8}$ s), nakon čega se atomi žive vraćaju u prvobitno (osnovno) ili neko niže pobuđeno stanje. U procesu *deekscitacije* se razlika u energiji između početnog i krajnjeg stanja atoma žive emituju u vidu kvanata elektromagnetnog zračenja iz kratkotalnog UV dela spektra (UV-C zračenja) (5). Fotoni primarno nastalog UV-C zračenja, koji stignu do unutrašnje površine cevi, apsorbuju se od strane atoma fluorescentnog materijala (6), koji se pri tome pobuđuju. U procesu *deekscitacije* se deo apsorbovane energije UV-C zračenja pretvara u toplotnu energiju, usled čega dolazi do zagrevanja fluorescentnog sloja, dok se preostali deo reemituje u vidu fotona dugotalasnog UV zračenja i vidljivog zračenja (7). Ovaj proces predstavlja fotofluorescenciju.

Spektar emitovanog zračenja zavisi od karakteristika fluorescentnog materijala (vrste upotrebljenog fosfora), kao i od transparentnosti stakla od kog je napravljena lampa.

Postoji najmanje šest različitih vrsta UV emitujućih fosfora koji se koriste pri izradi fluorescentnih lampi. Izborom fluorescentnog materijala (vrste fosfora) i vrste stakla odgovarajuće transparentnosti UV zračenja, može se uticati na udeo UV-B zračenja u emitovanom spektru fluorescentne lampe.

Na slici 6.3 je prikazan tipičan živin spektar. Vidi se da je doprinos zračenja u UV oblasti značajan.



Sl. 6.3. Tipičan živin spektar

Pored procesa ekscitacije i deekscitacije u cevi za pražnjenje se odigrava i proces jonizacije. Pored atoma žive, jonizuju se i atomi primese (argon, neon, kripton...). Procesom jonizacije se povećava broj slobodnih naelektrisanih čestica u gasu, a samim tim i jačina struje koja protiče kroz gas. Zbog toga su fluorescentne lampe uređaji sa negativnom otpornošću, jer što jača struja protekne kroz njih, više se gasa jonizuje, usled čega otpornost lampe opada, dopuštajući da još jača struja kroz nju protekne. Priključena direktno na konstantan napon gradske mreže, fluorescentna lampica je sklona brzom samogašenju. Zato se fluorescentne lampe uvek koriste sa dodatnim otpornikom, koji je poznat pod nazivom **”balast”**. On stabilizuje rad lampe tako što reguliše protok struje kroz cev za pražnjenje, a otpor celokupnog kola čini pozitivnim. Obično je jedan balast podeljen na dve ili više lampi.

Fluorescentne lampe su mnogo efikasnije od užarenih lampi, jer se kod njih znatno veća količina električne energije konvertuje u energiju EM zračenja nego u toplotnu energiju, usled čega se sporije zagrevaju i znatno su ekonomičnije. Karakteristično je i to da fluorescentne lampe traju između 10 do 20 puta duže od užarenih lampi iste snage. Vek trajanja fluorescentnih lampi zavisi pre svega od hemijskih karakteristika fluorescentnog materijala i od načina rada. Danas on iznosi oko 500 do 800 sati.

### 6.2.3. DIZAJN CEVI

ampe se obično identifikuju pod šifrom F##T##, gde F znači da se radi o fluorescentnoj lampi, prvi broj predstavlja snagu lampe u vatima, T pokazuje da je lampa cilindričnog oblika i poslednji broj predstavlja dijametar lampe u osminama inča. Tipični dijometri su: T12 (1 1/2" ili 38 mm) za lampe sa starim magnetnim balastom, koje se koriste za osvetljavanje stambenog prostora (u kućama, stanovima...), T8 (1" ili 25 mm) za komercijalne lampe sa električnim balastom i T5 (5/8" ili 16 mm) za veoma male lampe koje mogu da se snabdevaju energijom iz izvora baterije.

Lampe U-oblika se označavaju sa FB##T##, gde B označava da je lampa zakrivljena (savijena).

Boja emitovane svetlosti se obično obeležava sa WW za toplo belu, EW za neutralno belu, CW za hladno belu i DW za dnevno belu. Sa BL se označavaju "blacklight" lampe, a sa BLB slične "blacklight-blue" lampe koje emituju svetlost plave boje.

Ostale dimenzije su obično naznačene posle boje.

**Primer:** F25T12/CW/33. To znači da se radi o fluorescentnoj lampi, snage 25 W, cilindričnog oblika, prečnika 1.5" (38 mm), koja emituje svetlost hladno bele boje i duga je 33", odnosno 84 cm. Bez broja 33 ova oznaka bi se odnosila na lapu F25T12 koja je po dizajnu mnogo sličnija lampi dužine 30" (75 cm).

Ovo je standardan način obeležavanja lampi prema njihovom dizajnu. Postoje i druge mogućnosti, koje zavise od proizvođača lampi. Na primer Philips za označavanje boje emitovane svetlosti koristi brojeve:

- Prema niskom osećaju za boje
  - 33 hladno bela (4000 K)
  - 32 toplo bela (3000 K)
  - 27 toplo bela u dnevnoj sobi (2700 K)
- Prema visokom osećaju za boje
  - 840 hladno bela (4000 K)
  - 830 toplo bela (3000 K)
  - 827 toplo bela u dnevnoj sobi (2700 K)
- Ostale
  - 09 za solarijume
  - 08 blacklight
  - 05 "tvrde" UV lampe (ne koriste fosfor, već samo omotač od kvarca).

Kompaktne fluorescentne lampe nemaju ovakav sistem oznaka.

### 6.2.4. TIPOVI (VRSTE) FLUORESCENTNIH LAMPI

- **Blacklights fluorescentne lampe** od stakla emituju dugotalasno UV-A zračenje talasnih dužina oko 360 nm, kao i vidljivo zračenje. Ove lampe koristeći "tamno svetlo"

pobuđuju druge fluorescentne supstance i objekte da svetle. Koriste se za detekciju supstanci čija je boja nevidljiva pod običnim svetlom, kao i da privuku insekte u električne spore za njihovo unuštenje.

- **Blacklighte-blue (BLB) fluorescentne lampe** se prave od stakla ljubičasto-plave boje. Ovo staklo je transparentno za srednjetalasno i dugotalasno UV zračenje (UV-B i UV-A), kao i za kratkotalasno vidljivo zračenje (svetlost ljubičaste i plave boje), dok IC i dugotalasno vidljivo zračenje filtrira. Ove lampe direktno emituju zračenje iz živinog spektra, koje se dobija pri električnom pražnjenju (UV-A zračenje talasnih dužina između 350 i 375 nm, zračenje ljubičastog živinog spektra  $\lambda = 404,7$  nm i  $\lambda = 407,8$  nm i zračenje plavog živinog spektra ( $\lambda = 435,8$  nm)). BLB lampe se koriste za dobijanje specijalnih efekata zbog svoje sposobnosti da druge fluorescentne supstance i objekte pobuđuju da svetle veoma jasno.

- **UV fluorescentne lampe za sunčanje** se koriste u estetske svrhe, kao izvori zračenja u aparatima za veštačko sunčanje tzv. solarijumima. Ove lampe kao fluorescentni materijal koriste fosfor koji emituje UV-A i dugotalasno UV-B zračenje. Zračenje ovih talasnih dužina potstiče pigmentaciju i izaziva tamnjenje kože kod ljudi.

- **UV-B fluorescentne lampe** se koriste za posebne medicinske tretmane kože u dermatologiji.

- Postoje fluorescentne lampe koje emituju dugotalasno UV zračenje i/ili vidljivo zračenje iz ljubičastog dela spektra. Ove lampe se koriste za neke specijalne fotografske i štamparske procese. Jedna od njih je **0.3 fluorescentna lampica** koja emituje svetlost ljubičaste boje. Koristi se i u akvarijumima sa živim koralima.

- **Germicidne lampe** ne sadrže fosfor i tehnički su pre lampe sa gasnim pražnjenjem nego fluorescentne lampe. Prave se od kvarca visoke čistoće koji je transparentan za kratkotalasno UV zračenje talasnih dužina 254 nm i 185 nm emitovanih direktno od strane žive pri električnom pražnjenju. Zračenje talasne dužine 254 nm ima germicidno dejstvo i latentno je za mikroorganizme, tako da se germicidne lampe zbog ove osobine koriste za sterilizaciju vode i vazduha. Zračenje talasne dužine 185 nm učestvuje u fotohemijским reakcijama sinteze ozona. Pored upotrebe za sterilizaciju i produkciju ozona ove lampe se koriste i za identifikaciju određenih vrsta minerala po njihovoj boji fluorescencije.

- **Induktivne fluorescentne lampe** ne sadrže elektrode. Kod ovih lampi se električna struja indukuje u cevi koristeći elektromagnetnu indukciju. Ove lampe imaju dug vek trajanja.

- **Hladno – katodne fluorescentne lampe (CCFL)** se koriste kao "tamno svetlo" za LCD displeje u laptopovima.

### 6.3. HALOGENE LAMPE



Halogene lampe se prave od kvarca ili stakla ljubičasto-plave boje. S obzirom da kvarc propušta kompletan spektar UV-B zračenja i većinu UV-C zraka preporučuje se da se ove lampe koriste sa zaštitnim staklom. Halogene lampe imaju niti koje se ne

zagrevaju toliko da bi emitovale veliku količinu zračenja ovih talasnih dužina. Kompaktnije halogene lampe su pod većim opterećenjem i postoji opasnost od njihovog pucanja. Kratkotrajne projekcije i fotografske halogene lampe imaju niti koje podnose veću temperaturu i emituju znatnu količinu UV-B zračenja. Važno je ovo zračenje blokirati. To se postiže primenom odgovarajućih filtera, koji su konstruisani za ovu vrednost toplote. Halogene lampe mogu raditi i bez zaštitnog stakla. Međutim, s obzirom na činjenicu da mogu eksplodirati preporučljivo je da se koriste samo sa zaštitnim staklom. Vek trajanja halogenih lampi iznosi 2000 sati i duže.

U veštačke izvore UV zračenja spadaju i svi uređaji koji kao izvore zračenja koriste UV lampe: razni medicinski aparati, fotokopir-aparati, solarijumi...

## 6.4. UV LASERI

UV laseri su veoma intenzivni izvori kratkotalsnog UV zračenja. Koriste se u proizvodnji elektronskih komponenti i integrisanih kola. Zbog usmerenosti, koherentnosti i visokog intenziteta laserskog zračenja ovo zračenje je veoma opasno.

Karakteristike veštačkih izvora UV zračenja, kao i uslovi u radnim prostorijama u kojima se oni koriste u prisustvu čoveka, moraju se kontrolisati.

## 7. SOLARIJUMI. TEHNIKA UREĐAJA, RAD I ODRŽAVANJE, KVALITET

olarijumi su uređaji namenjeni iradijaciji ljudskog organizma primenom UV zračenja. Dele se na kozmetičke i medicinske. **Medicinski solarijumi** su veštački izvori UV zračenja koji se koriste u terapijske svrhe sa ciljem lečenja bolesti. **Kozmetički solarijumi** ili **kreveti za sunčanje** su veštački izvori UV zračenja koji se koriste u estetske svrhe sa ciljem dobijanja preplanulog tena. Zastupljeni su u gotovo svakom bolje opremljenom kozmetičkom salonu, ali se takođe mogu naći i u kućnoj sredini.

U mnogim zemljama postoje zakonske regulative i propisi prema kojima se reguliše upotreba i vrši kontrola veštačkih izvora UV zračenja, posebno solarijuma. Na primer, Švedski institut za zaštitu od zračenja svojim propisima (donetim 1998.) jasno definiše šta se podrazumeva pod krevetom za sunčanje, kako se oni klasifikuju, koji se tipovi ovih uređaja mogu koristiti u kozmetičke i medicinske svrhe, koji su dozvoljeni intenziteti UV zračenja i u kojoj spektralnoj oblasti, kao i propise koji se odnose na označavanje uređaja i informisanje korisnika o štetnim dejstvima i upozorenjima.

### 7.1. TEHNIKA UREĐAJA

ozmetički solarijumi nove generacije su na tržištu od 1976. godine i za razliku od aparata starije generacije koji su pored UV-A i UV-B zračenja emitovali i UV-C zračenje, današnji uređaji su konstruisani tako da emituju UV-A zračenje sa relativno redukovanim UV-B delom ili, u manjem obimu, samo UV-A zračenje.

Današnji standardni solarijumi su zastupljeni u dve forme, otvorenoj i zatvorenoj i sastoje se iz sledećih elemenata:

- a) jednog (ili više) modula za ozračivanje;
- b) jedne (ili više) korisne površine;
- c) jednog modula za doziranje i ograničavanje ozračivanja (npr. sat sa programatorom).

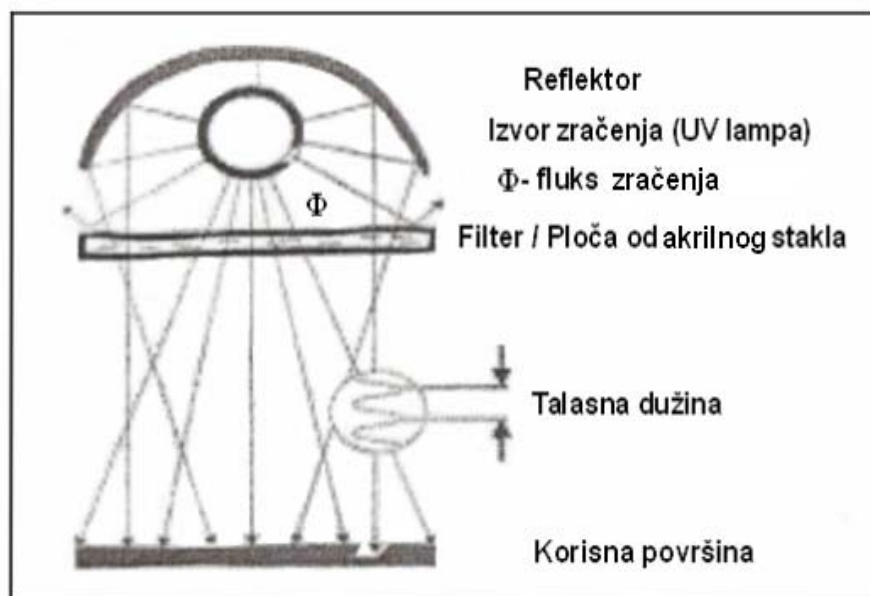
Pod **korisnom površinom** se podrazumeva kompaktna površina ispred jednog izvora zračenja ili ispred nekog modula za ozračivanje. Kod solarijuma se pod korisnom površinom podrazumeva površina koja je analogna površini tela ili dela tela koji se ozračuje. Kod većine solarijum-aparata se korisna površina nalazi na samom konstrukcionom rešenju, na tačno utvrđenom i nepromenljivom rastojanju u odnosu na izlaznu površinu odgovarajućeg modula za ozračivanje (npr. površina solarijuma za ležanje). Kod uređaja kod kojih ovo rastojanje nije unapred definisano, proizvođač je dužan da ga definiše, kako bi se omogućilo tačno doziranje zračenja (vremena ozračivanja). U jednom istom uređaju se može nalaziti više različitih modula za ozračivanje. Na taj način se dobija i više korisnih površina.

**Moduli za ozračivanje** se sastoje od optičkih delova i često su kombinovani sa sistemom za rashlađivanje.

### 7.1.1. OPTIČKI DELOVI SOLARIJUMA

U optičke delove solarijuma spadaju: **izvori UV zračenja (lampe), reflektori, filtri i ploče od akrilnog stakla** (sl.7.1).

Pošto UV izvori (lampe) emituju zračenje difuzno (u svim mogućim pravcima) da bi se dobio usmeren snop zračenja koriste se reflektori. Reflektor je ili integrisan u samom izvoru zračenja ili je postavljen tako da okružuje izvor zračenja sa jedne njegove strane. Na taj način se emitovano zračenje usmerava u željenom pravcu ka odgovarajućoj korisnoj površini. U odnosu na postignuti fluks zračenja, a u zavisnosti od vrste materijala (usled refleksije ili apsorpcije), ovde se javljaju prvi gubici zračenja, koji u zavisnosti od spektra mogu biti različiti.



Sl. 7.1. Optički delovi solarijuma

Usmereno UV zračenje pre nego što stigne do korisne površine prolazi kroz filter ili kombinaciju filtra i ploče od akrilnog stakla. Proces apsorpcije i transmisije zračenja od strane ovih materijala, prouzrokuju pored gubitaka usled refleksije, i delimično velike promene u spektralnom sastavu i intenzitetu zračenja. Kod filtera su spektralne promene namerne, dok su kod ploče od akrilnog stakla nepoželjne. To znači da se tačan spektar i intenzitet zračenja jednog solarijuma mogu utvrditi, tek nakon prolaska emitovanog zračenja kroz sve optičke delove uređaja (sl.7.1). Zato održavanje solarijuma ne sme biti ograničeno samo na izvore zračenja, već se moraju uzeti u obzir svi optički delovi uređaja.

Pošto intenzitet emitovanog zračenja kod jednog uređaja zavisi od rastojanja korisne površine od modula za ozračivanje, ovo rastojanje kao i korisna površina se moraju tačno

utvrditi. Intenzitet zračenja najčešće nije konstantan po celoj korisnoj površini. Na raspodelu intenziteta zračenja utiče konstrukcija modula za ozračivanje.

#### 7.1.1.1. Izvori zračenja



Izvor zračenja je najvažniji optički deo jednog aparata za ozračivanje. Današnji solarijumi kao izvor zračenja koriste UV fluorescentne lampe i/ili lampe visokog pritiska. Intenzitet emitovanog UV zračenja se kod savremenih solarijuma, bez obzira da li se radi o fluorescentnim ili lampama visokog pritiska, kreće između 150 i 350 W/m<sup>2</sup>, a u pojedinim slučajevima može iznositi i do 1000 W/m<sup>2</sup>. Fluorescentne lampe se uglavnom koriste za ozračivanje tela, dok se lampe visokog pritiska koriste za ozračivanje lica (tzv. kvarceri za lica). Za ozračivanje lica se takođe mogu koristiti i druga rešenja.

Proizvođači lampi, koje se koriste kao izvori zračenja u solarijumima, imaju zadatak da ih u pogledu njihovih fizičkih karakteristika konstruišu tako, da se što veći deo primenjene električne energije konvertuje u energiju UV zračenja. Upravo ova efektivna iskorišćenost daje podatak o snazi nekog izvora zračenja.

- **Fluorescentne lampe.** Danas postoji veliki broj različitih tipova fluorescentnih lampi koje se koriste kao izvori zračenja u solarijumima. Sve su one sličnih geometrijskih (oblik, dimenzije) i istih električnih karakteristika. Međutim, međusobno se razlikuju po spektru emitovanog zračenja i veku trajanja, a samim tim i po svom biološkom dejstvu. Prema ovim osobinama se fluorescentne lampe, koje se koriste u solarijumima, grubo dele na:

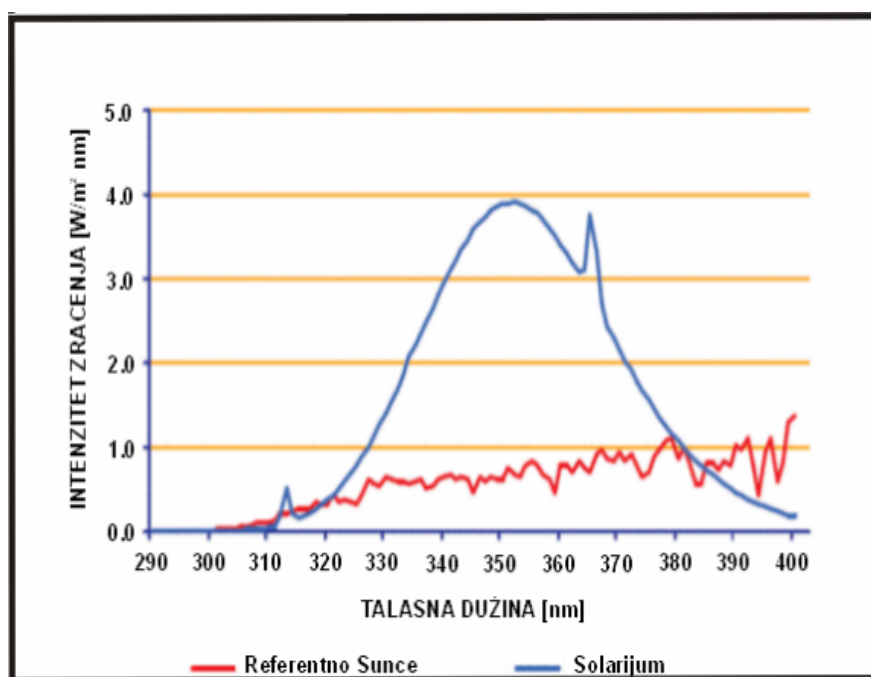
- a) **Standardne lampe**, kod kojih se udeo UV-B zračenja kreće između 0.7 i 1.0 % u odnosu na ukupno emitovano UV zračenje;

- b) **Standardne lampe za brzo tamnjenje**, kod kojih se udeo UV-B zračenja kreće između 1.0 i 1.5 % u odnosu na ukupno emitovano UV zračenje;

- c) **Profesionalne lampe za brzo tamnjenje**, kod kojih se udeo UV-B zračenja kreće između 1.0 % i više (do 2.5 %) u odnosu na ukupno emitovano UV zračenje.

Da bi se precizno definisalo biološko dejstvo neke UV lampe, nije dovoljno samo fizički odrediti udeo UV-B zračenja, već navesti i podatak o njegovom efektivnom učinku (npr. uticaj na pojavu eritema), koji se određuje poređenjem sa spektrom zračenja "Referentnog Sunca". Pod **Referentnim Suncem (RS)** se podrazumeva maksimalna vrednost intenziteta solarnog UV zračenja koji utiče na pojavu eritema u tropskim krajevima, na visini površine mora dok je Sunce u zenitu (ekvator u podne).

Na slici 7.2 je grafički predstavljen spektar zračenja solarijuma sa standardnim fluorescentnim lampama (na pr. 100 W, B/A~1 %) u poređenju sa spektrom zračenja Referentnog Sunca.

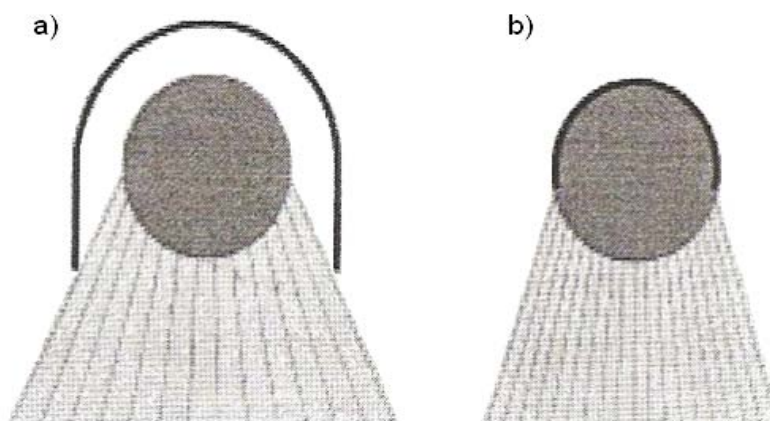


Sl. 7.2. Poređenje spektra zračenja standardnog solarijuma sa spektrom Referentnog Sunca

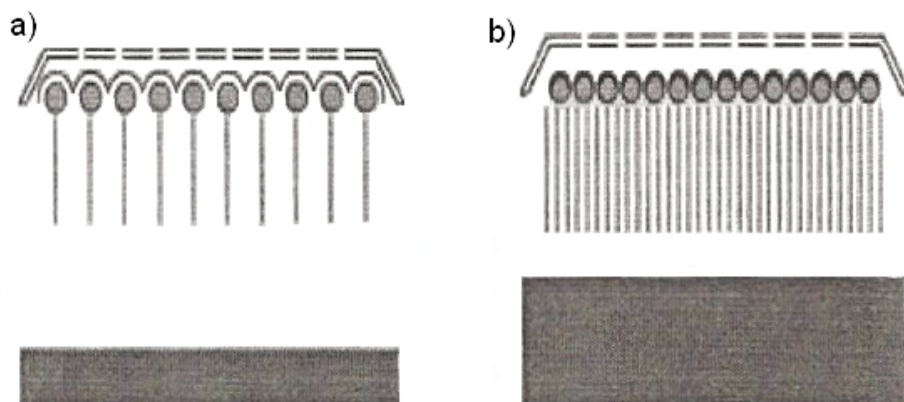
UV fluorescentne lampe se mogu međusobno razlikovati i po boji emitovane svetlosti, kao i po određenim tehničkim osobinama. U zavisnosti od ovih osobina, dele se na:

**a) Lampe toplih tonova.** Lampe toplih tonova su lampe sa korigovanom bojom emitovanog vidljivog zračenja. Ove lampe imaju dodatnu fluorescentnu supstancu, koja emituje zračenje iz crvenog spektralnog područja, usled čega lampa svetli crvenom bojom. Korišćenjem ovih lampi za osvetljavanje dobija se prirodnija boja preplanulog tena. Ovaj efekat je povezan sa neznatnim gubitkom UV-A zračenja.

**b) Reflektorske lampe.** Reflektorske lampe su fluorescentne lampe kod kojih je pored sloja fluorescentne supstance na unutrašnjoj površini cevi nanet i sloj reflektujuće supstance (integrisani reflektor) (sl.7.3.b). Samim tim je emitovano zračenje već pri izlasku iz lampe usmereno. Ove lampe se mogu koristiti samo u aparatima odgovarajuće konstrukcije. Primenom reflektorskih lampi moguć je manji razmak između lampi (veća gustina lampi), jer u ovom slučaju nije potreban dodatni međuprostor za rasejano zračenje kao kod primene spoljnih reflektora (sl. 7.3.a). Sa povećanjem gustine lampi povećava se intenzitet emitovanog UV zračenja koje se koristi za osvetljavanje (sl.7.4), ali i količina oslobođene toplote, tako da je pri upotrebi reflektorskih lampi potrebno obezbediti i adekvatan sistem za rashlađivanje korisnika, kao i samog aparata.



Sl. 7.3. Šematski prikaz: a) lampa sa spoljnim reflektorom b) reflektorska lampa



Sl.7.4. a) gustina lampi sa spoljnim reflektorom b) gustina reflektorskih lampi

**c) Lampe velike snage.** Lampe velike snage, iako su istih dimenzija kao i ostale fluorescentne lampe, imaju veću snagu, koja se kreće od 120-180 W. Pri upotrebi ovih lampi moraju se koristiti specijalni ulazni (zaštitini) uređaji. Lampe velike snage se, zbog toplote koja se oslobađa usled veće snage, prvenstveno koriste kod klimatizovanih aparata, aparata sa klima-sistemom.

- **Lampe visokog pritiska.** Savremene lampe visokog pritiska u cevi za pražnjenje pored živine pare sadrže u tragovima i pare metal-halogenida. Tačka isparavanja metal-halogenida iznosi preko  $600^{\circ}\text{C}$ . S obzirom da se ove lampe pri svom radu zagrevaju i do  $900^{\circ}\text{C}$ , izrađuju se od termički visoko-otpornog kvarcnog stakla. Kvarcno staklo, za razliku od običnog stakla, ima znatno veću moć transparencije. Međutim, kvarcno staklo, koje se koristi za izradu lampi visokog pritiska namenjenih upotrebi u solarijumima, je konstruisano tako da ne propušta kratkotalasno UV-C zračenje ( $\lambda < 285 \text{ nm}$ ).

Princip rada, odnosno emisije zračenja, lampi visokog pritiska je sličan principu rada fluorescentnih lampi. Lampe visokog pritiska emituju linijski spektar zračenja karakterističan za živu i primese. Pored UV-A zračenja, lampe visokog pritiska emituju i znatne količine UV-C, UV-B, vidljivog i IC zračenja. Zbog toga je u solarijumima, koji ove lampe koriste kao izvor zračenja, obavezna upotreba odgovarajućih filtera koji apsorbiraju neželjeno zračenje. Filtri su često, zbog velike gustine vidljivog zračenja, obojeni tamno. Upravo zbog neophodnog filtriranja zračenja, lampe visokog pritiska imaju manji ukupni koeficijent korisnog dejstva u poređenju sa fluorescentnim lampama. Naime, njima je potrebno izvesno vreme (nekoliko minuta) da se zagreju i dostignu punu snagu UV zračenja. Nakon isključivanja se moraju ohladiti, da bi se mogle ponovo uključiti.

**Upozorenje:** ozračivanje lampama visokog pritiska bez odgovarajućih filtera (ili sa oštećenim) može u kratkom vremenskom intervalu od nekoliko sekundi dovesti do pojave opekotina i slepila.

#### 7.1.1.2. Reflektori

 eflektori su optički elementi koji se koriste za dobijanje usmerenog snopa zračenja. Njihova uloga u solarijumima je da difuzno emitovano zračenje od stane izvora (lampe) usmere u željenom pravcu ka odgovarajućoj korisnoj površini. Geometrijska raspodela zračenja po korisnoj površini, kao i spektar zračenja zavisi od oblika reflektora i vrste materijala od kog je napravljen. Postoje **spoljni reflektori** kao samostalni, pojedinačni optički elementi, koji se postavljaju sa jedne strane izvora zračenja i zajedno sa njim čine sistem (moduo) za ozračivanje (sl.7.3.a) i **integrisani reflektori** koji se nalaze na samom konstrukcionom rešenju izvora zračenja (npr. reflektorska fluorescentna lampa, koja sama predstavlja moduo za ozračivanje) (sl.7.3.b).

#### 7.1.1.3. Filtri

 iltri su optički elementi koji apsorbiraju određeni deo emitovanog zračenja tzv. nepoželjno zračenje i pretvaraju ga u toplotu. Stepem apsorpcije zavisi od vrste materijala od kog je filter napravljen.

Kod solarijuma koji kao izvor zračenja koriste UV fluorescentne lampe spektar emitovanog zračenja najčešće ne zahteva dodatno filtriranje, pa samim tim upotreba filtera kod ovih uređaja nije obavezna.

Lampe visokog pritiska pored željenog UV-A zračenja emituju i nepoželjno UV-C, UV-B, kao i znatne količine vidljivog i IC zračenja. Kod solarijuma koji kao izvor zračenja koriste lampe visokog pritiska, upotreba adekvatnih filtera je obavezna kako bi se nepoželjno zračenje eliminisalo. Upotrebom filtera smanjuje se stepen korisnog dejstva ovih lampi u poređenju sa fluorescentnim lampama.

#### 7.1.1.4. Ploče od akrilnog stakla



loče od akrilnog stakla su optički elementi koji pokazuju visoku transparentnost UV zračenja, zbog čega se često koriste u solarijumima.

#### 7.1.2. STARENJE I EFEKTIVAN VEK TRAJANJA OPTIČKIH DELOVA



ptički delovi solarijuma su podložni starenju koje dovodi do promena optičkih osobina aparata, kao i njegovog biološkog dejstva.

Vremenom, usled nagomilavanja čestica (npr. prašine) ili oksidacije na površini, refleksiona moć reflektora opada.

Kod filtera starenje zavisi od vrste materijala od kog je napravljen i najčešće se, ali ne i uvek, ogleda u smanjenju apsorpcione moći, usled čega dolazi do promene u spektralnoj raspodeli i intenzitetu zračenja.

Kod lampi se mora praviti razlika između **tehničkog** ili **električnog** veka trajanja i preporučenog **efektivnog** (korisnog) veka trajanja. Tehnički vek trajanja je vremenski period u kome lampa ima radnu sposobnost. Kod luminescentnih lampi on iznosi više hiljada sati.

Kako svaki izvor zračenja u zavisnosti od dužine svog radnog veka gubi na snazi zračenja, tako i lampe koje se koriste u solarijumima progresivno gube na svojoj efikasnosti. Zato je neophodno da se lampe zamene, onda kad svoj zadatak (npr. efekat tamnjenja kože) ispunjavanju tek u neznatnoj meri. Fizički je nemoguće da se sa dužim radnim vekom poveća biološko dejstvo, odnosno efikasnost lampe. To važi za lampe kombinovane sa filtrom, koje se danas koriste.

Kada je reč o starenju lampi treba obratiti pažnju i na to, da neadekvatni uslovi rada, kao što su preopterećenost, pregrevanje lampi, a kod lampi visokog pritiska još i učestalost paljenja, mogu skratiti efikasan vek trajanja.

Peporuka u pogledu vremena korišćenja lampi je, da lampe treba zameniti, kad izgube 30 % (prema DIN 5050/2) od svoje izlazne snage. Ako se uzme u obzir pad snage od 30 %, onda preporučljiv efikasan vek trajanja luminescentnih lampi, u zavisnosti od tipa lampi, iznosi između 300 i 1000 sati.

Postoji četiri vida oštećenja fluorescentnih lampi, koja se javljaju na kraju njihovog veka trajanja.

- **Trošenje emisionog miksa.** Emisioni miks predstavlja mešavinu materijala koja se nanosi na katodu. Uloga emisionog miksa je da omogući lakše emitovanje elektrona sa katode u procesu termoelektronske emisije. Do trošenja emisionog miksa dolazi usled bombardovanjem elektroda od strane elektrona i jona žive za vreme rada lampe, međutim, do trošenja većih količina emisionog miksa dolazi svaki put kada je lampa uključena, a katoda hladna. Usled trošenja emisionog miksa, na krajevima cevi se formiraju tamne fleke, što je vidljivo golim okom. Kad emisioni miks u potpunosti nestane, katoda nije u stanju da emituje dovoljnu količinu elektrona u gas i da održi pražnjenje na radnom naponu.

- **Oštećenje integralnog električnog balasta.** Ovo se jedino odnosi na kompaktne fluorescentne lampe sa integralnim električnim balastom. Oštećenje električnog balasta je obično slučajan proces koji prati oštećenje bilo kog električnog mehanizma.

- **Trošenje fosfora.** U toku korišćenja lampi dolazi do opadanja efikasnosti fluorescentnog materijala (fosfora). Za oko 25000 sati rada, fluorescentni materijal će emitovati vidljivo zračenje upala manjeg intenziteta u odnosu na novu lampu. Ove lampe još uvek rade, s tim što blede i postaju neefikasne. Proces trošenja fosfora je spor i često postaje uočljiv tek kad nova lampica radi pored stare.

- **Trošenje žive.** Za vreme efektivnog veka trajanja fluorescentnih lampi dolazi do trošenja žive, koja se postepeno apsorbuje od strane stakla, fosfora i elektroda. Ranije ovo nije bio problem, jer su cevi za pražnjenje sadržale veće koncentracije žive. Međutim danas, zbog zabrinutosti za životnu sredinu, cevi sadrže niske koncentracije žive, koje su precizno dozirane i taman dovoljne za predviđen vek trajanja lampi.

## 7.2. RAD SOLARIJUMA

amo ispravan način rada UV-izvora u solarijumima garantuje visok stepen biološkog dejstva, dug vek efektivnog trajanja, kao i upotrebu bez rizika. Kako spektralne osobine aparata zavise od električnih karakteristika lampi i temperature u modulu za ozračivanje, neophodno je obezbediti stabilne električne i termičke uslove rada, posebno kod uređaja sa lampama visokog pritiska, koji zahtevaju fazu zagrevanja pre upotrebe.

### 7.2.1. RADNI USLOVI U POGLEDU ELEKTRIČNE ENERGIJE I RADNA TEMPERATURA

luorescentne lampe, u konvencionalnom načinu rada, zahtevaju ulazni uređaj sa predpaljenjem i starter, koji zajednički obezbeđuju tkz. napon paljenja. Da lampica ne bi bila uključena još tako hladna, napon paljenja je viši od radnog napona električnog pražnjenja. Impuls paljenja se ostvaruje preko startera u ulaznom uređaju, a lampica se uključuje tek kada se elektrode na krajevima cevi za pražnjenje zagreju. Nakon uključivanja lampe, ulazni uređaj preuzima sledeću funkciju: on stabilizuje proces paljenja tako što ograničava struju na struju neophodnu za rad lampe. Na funkciju startera utiče broj paljenja, zbog čega se preporučuje, da se prilikom svake zamene lampi zameni i starter. Neispravan starter može da dovede do preranog zatamljivanja ili pregorevanja lampi.

Optimalna radna temperatura fluorescentnih lampi iznosi oko  $42^{\circ}\text{C}$ . Pri ovoj temperaturi fluorescentne lampe imaju maksimalnu snagu zračenja. Ako su lampe, usled nedovoljnog hlađenja, suviše zagrejane, ali i ako su suviše rashlađene, neće dostići svoju punu snagu UV zračenja. Proizvođači lampi uvek mere vrednosti optimalne temperature i navode je u svojim prospektima.

Rad lampi visokog pritiska se po pravilu takođe mora stabilizovati pomoću ulaznog uređaja. Međutim, pošto je pritisak u cevi za pražnjenje kod ovih lampi vrlo visok, uključivanje lampe se mora vršiti visokim naponom od nekih 1000 V, što se postiže

pomoću posebnog uređaja za paljenje. Kada se lampa uključi, potrebno joj je nekoliko minuta zagrevanja dok ne dostigne svoju radnu temperaturu od 750 do 900 °C i svoju punu snagu UV zračenja.

Svi izvori zračenja zahtevaju optimalnu radnu temperaturu. Nepridržavanje može da dovede do smanjenja snage zračenja i do kraćeg efektivnog veka trajanja lampi.

### 7.2.2. HLAĐENJE I APSORPCIJA INFRACRVENOG ZRAČENJA



Adekvatno hlađenje i apsorpcija IC zračenja u solarijumima su neophodni iz tri razloga:

1) izvori zračenja imaju optimalnu radnu temperaturu, pri kojoj se postiže maksimalna snaga i efikasnost zračenja. Ukoliko se to ne poštuje, ne dolazi samo do smanjenja snage zračenja, već i do smanjenja efikasnog veka trajanja lampi;

2) lampe visokog pritiska emituju intenzivno IC zračenje (i luminescentne lampe to čine, ali u mnogo manjem obimu);

3) temperatura kože osobe koja se ozračuje može, usled apsorpcije energije UV-A i IC zračenja postati izuzetno visoka, tako da toplota izaziva opterećenje organizma. Kritična granica se lako može prekoračiti naročito pri višim temperaturama radnih prostorija u salonima za sunčanje.

Kao što se lampe moraju koristiti prema uputstvu proizvođača (i luminescentne lampe se, zbog kompaktnog rasporeda moraju hladiti), tako i hlađenje filtera, površine za ležanje i same osobe koja se ozračuje mora biti adekvatno rešeno. Klimatizacija radnih prostorija se posebno preporučuje.

### 7.3. KARAKTERISTIKE I KLASIFIKACIJA SOLARIJUMA



Karakteristike i klasifikacija solarijuma dati su preporukama Komisije za zaštitu od zračenja "Zaštita čoveka od štetnog dejstva UV zračenja u solarijumima" iz septembra 2001. godine, kao i kriterijumima i graničnim vrednostima koji su navedeni u katalogu RTS-a (Der Runde Tisch Solarien - Okrugli Sto Solarijuma uređen od strane predsednika Saveznog Instituta za zaštitu od zračenja sa ciljem da korisnicima solarujuma pruži veću zaštitu od zdravstvenih rizika dejstva veštačkog UV zračenja) za sertifikaciju solarijuma, a koji su utvrđeni na osnovu normi datih u DIN 5050-1 i DIN EN 60335-2-27.

#### 7.3.1. POJMOVI I VELIČINE VREDNOVANJA

##### 7.3.1.1. Faktor ujednačenosti



Jedan solarijum može imati više modula za ozračivanje, pa samim tim i više korisnih površina. U okviru svake korisne površine mora biti ispunjen **kriterijum ujednačenosti**  $g_2 \geq 0.4$ . To znači da u okviru svake korisne površine maksimum

efikasnog intenziteta zračenja ne sme biti veći od 2.5-struke vrednosti njegovog minimuma. Veličina  $g_2$  se naziva **faktor ujednačenosti**.

### 7.3.1.2. Intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema



cilju određivanja vrednosti biološkog dejstva nekog solarijuma prema CIE, određuje se njegov **intenzitet zračenja koji utiče na pojavi eritema**  $E_{er}$ . Vrednost  $E_{er}$  se dobija upoređivanjem intenziteta UV zračenja izmerenog na korisnoj površini sa intenzitetom UV zračenja koji utiče na pojavu eritema. Za vrednovanje je merodavna tačka maksimalnog intenziteta zračenja na korisnoj površini.

Da bi se odredio spektralni tip solarijuma, odnosno grupa kojoj solarijum pripada prema svojim spektralnim karakteristikama, intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema  $E_{er}$  se razlaže na komponentu za UV-B zračenje ( $\lambda = 280-320$  nm) i na komponentu za UV-A zračenje ( $\lambda = 320-400$  nm).

### 7.3.1.3. Faktor Sunca koji utiče na pojavu eritema



ao jedan od dodatnih kriterijuma za određivanje karakteristika nekog solarijuma, određuje se apsolutni uticaj na pojavu eritema izračunavanjem **faktora Sunca koji utiče na pojavu eritema**  $f_{SE}$ . U tu svrhu se međusobno upoređuju intenzitet zračenja solarijuma (aparata) koji utiče na pojavu eritema  $E_{er,aparata}$  i intenzitet zračenja Referentnog Sunca koji utiče na pojavu eritema  $E_{er,RS}$ .

$$E_{er,RS} = 0.254 \text{ W/m}^2$$

Ekvivalentno vreme ozračivanja za postizanje MED-a od 250 J/m<sup>2</sup> (tip kože 2) u ovom slučaju iznosi:

$$T = 984 \text{ s} = 16.4 \text{ min}$$

27. IV 1990. godine Komisija za zaštitu od zračenja "Zaštita čoveka od štetnog dejstva UV zračenja u solarijumima" je za  $E_{er,RS}$  usvojila vrednost od 0.3 W/m<sup>2</sup>. Time je vreme ozračivanja za postizanje MED-a od 250 J/m<sup>2</sup> smanjeno na  $T = 13.9$  min i definisana maksimalno dozvoljena vrednost za intenzitet zračenja aparata koji utiče na pojavu eritema od 4.3 MED/h:

$$E_{er,aparata} = 4.3 \text{ MED/h} = 0.2986 \text{ W/m}^2$$

Faktor Sunca koji utiče na pojavu eritema  $f_{SE}$  je bezdimenziona veličina i predstavlja odnos intenziteta zračenja aparata koji utiče na pojavu eritema i približno maksimalne vrednosti intenziteta UV zračenja Sunca u tropskim krajevima koji utiče na pojavu eritema:

$$f_{SE} = \frac{E_{er,aparata} (\leq 0.3 \text{ W/m}^2)}{E_{er,RS} (= 0.3 \text{ W/m}^2)} \leq 1 \quad 7.1$$

Faktor Sunca zapravo predstavlja meru efikasnosti solarijuma u poređenju sa maksimalnim intenzitetom solarnog UV zračenja. Ako je faktor Sunca manji od jedinice ( $f_{SE} < 1$ ), solarijum ima slabije biološko dejstvo nego Sunce u tropskim krajevima. Ako je faktor Sunca veći od jedinice ( $f_{SE} > 1$ ), solarijum ima veće biološko dejstvo od najintenzivnijeg Sunčevog zračenja.

#### 7.3.1.4. Maksimalno vreme trajanja prvog ozračivanja i granična vremena ozračivanja



a klijente, korisnike solarijuma, na vidnom mestu, čitko, moraju biti istaknute maksimalne vrednosti dozvoljenih vremena ozračivanja:

**1) maksimalno vreme trajanja prvog ozračivanja**  $t_{1,er}$  za postizanje doze od  $100 \text{ J/m}^2$  koja utiče na pojavu eritema, što odgovara  $0.4 \text{ MED}$ :

$$t_{1,er} = \frac{100 \text{ J/m}^2}{E_{er,aparata}} \quad (7.2)$$

**2) granična vremena ozračivanja**  $t_{s,er}$  za postizanje minimalne eritemalne doze (MED) za kožu tipa 2-4, koja prethodno nije izlagana dejstvu UV zračenja:

$$t_{s,er} = \frac{250 \text{ J/m}^2}{E_{er,aparata}} \quad (\text{za tip kože 2}) \quad (7.3)$$

$$t_{s,er} = \frac{350 \text{ J/m}^2}{E_{er,aparata}} \quad (\text{za tip kože 3}) \quad (7.4)$$

$$t_{s,er} = \frac{450 \text{ J/m}^2}{E_{er,aparata}} \quad (\text{za tip kože 4}) \quad (7.5)$$

U jednačinama (7.2)-(7.5) se dobija vreme u sekundama. Uobičajeno je da se te vrednosti preračunaju i navedu u minutima.

#### 7.3.2. KLASIFIKACIJA SOLARIJUMA



ri klasifikaciji solarijuma u obzir se uzima, veličina korisne površine i intenzitet i spektar zračenja iz UV-B i UV-A oblasti, koje utiče na pojavu eritema. U zavisnosti od toga klasifikacija solarijuma se vrši na dva načina:

- I)** prema veličini korisne površine i
- II)** prema spektralnoj raspodeli.

### 7.3.2.1. Podela prema veličini korisne površine



Tabeli 3 je data podela solarijum-aparata prema veličini korisne površine.

**Tabela 3**  
Podela aparata prema veličini korisne površine

| KORISNA POVRŠINA                       | KRATKA OZNAKA | MINIMALNE DIMENZIJE |            |
|----------------------------------------|---------------|---------------------|------------|
|                                        |               | DUŽINA [m]          | ŠIRINA [m] |
| Aparat za ozračivanje lica             | S             | $\geq 0.3$          | $\geq 0.3$ |
| Aparat za ozračivanje dela tela        | M             | $\geq 0.5$          | $\geq 0.5$ |
| Aparat za jednostrano ozračivanje tela | L             | $\geq 1.6$          | $\geq 0.5$ |
| Aparat za dvostrano ozračivanje tela   | XL            | $\geq 1.6$          | $\geq 0.5$ |

### 7.3.2.2. Podela prema spektralnoj raspodeli. Grupe aparata



Prema uticaju na pojavu eritema u spektralnom području UV-B i UV-A zračenja, solarijumi se dele na dve grupe: grupu I sa podgrupama a-d i grupu II (Tabela 4). Ove grupe ograničavaju aparate prema njihovom ukupnom intenzitetu zračenja (UV-A+UV-B) na vrednosti, koje u maksimalnom iznosu (aparati grupe II) odgovaraju dvostrukom intenzitetu zračenja referentnog Sunca  $E_{er,RS}$ . Aparati grupe I sa podgrupama b-d emituju maksimalan intenzitet zračenja u pogledu pojave eritema, koji ne prelazi vrednost intenziteta zračenja referentnog Sunca, dok aparati podgrupe Ia emituju zračenje čiji ukupan intenzitet iznosi maksimalno polovinu vrednosti intenziteta referentnog Sunca koji utiče na pojavu eritema. U tabeli 4 su dati i definicioni opsezi i granične vrednosti intenziteta zračenja, koji utiču na pojavu eritema u spektralnom području UV-B i UV-A zračenja. Pored toga, od aparata svih grupa se zahteva, da ne emituju zračenja iz UV-C spektralne oblasti.

#### Grupe aparata

- **Grupa Ia.** Aparati ove grupe emituju UV-A zračenje, čiji je uticaj na pojavu eritema mali. U ovu grupu spadaju solarijumi sa lampama visokog pritiska i odgovarajućim filterima.

- **Grupa Ib.** Biološko dejstvo aparata iz ove grupe je uslovljeno UV-A zračenjem relativno velikog intenziteta. U ovu grupu spadaju intenzivni solarijumi sa lampama visokog pritiska i adekvatnim filtrima, koji se još nazivaju i "turbo-kvarceri".

- **Grupa Ic.** Biološko dejstvo ovih aparata je uslovljeno UV-A zračenjem velikog intenziteta, kao i malim udelom UV-B zračenja. U ovu grupu spadaju intenzivni solarijumi sa lampama visokog pritiska i filtrima, koji emituju mali deo UV-B zračenja i solarijumi sa standardnim fluorescentnim lampama ( $UV-B < 1\%$ ).

Tabela 4

Podela solarijuma prema spektralnoj raspodeli. Grupe aparata

| GRUPE APARATA | INTENZITET ZRAČENJA KOJI UTIČE NA POJAVU ERITEMA [ $W/m^2$ ] U OPSEGU |                      |                            |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------------|
|               | UV-B<br>(280-320 nm)                                                  | UV-A<br>(320-400 nm) | UV-A +UV-B<br>(280-400 nm) |
| Ia            | $< 0.0005$                                                            | $\leq 0.15$          | $< 0.1505$                 |
| Ib            | $< 0.0005$                                                            | 0.15-0.2995          | $\leq 0.3$                 |
| Ic            | 0.0005-0.15                                                           | 0.15-0.2995          | $\leq 0.3$                 |
| Id            | 0.0005-0.15                                                           | $\leq 0.15$          | $\leq 0.3$                 |
| II            | $\leq 0.6$                                                            | $\leq 0.15$          | $\leq 0.6$                 |

- **Grupa Id.** To su aparati kod kojih se biološko dejstvo ostvaruje pomoću UV-B zračenja i UV-A zračenja, čiji je intenzitet u ukupnom UV zračenju ograničen. Tu spadaju solarijumi sa standardnim fluorescentnim lampama i neki sa fluorescentnim lampama za brzo tamnjenje ( $UV-B < 1.5\%$ ).

- **Grupa II.** Kod ovih aparata se biološko dejstvo svodi na UV-B zračenje. Intenzitet UV-A zračenja je, kao i kod aparata grupe Id ograničen. To su solarijumi sa fluorescentnim lampama za brzo tamnjenje, kod kojih udeo UV-B zračenja iznosi preko 1%.

### 7.3.3. OZNAKE I NATPISI NA APARATU



Prema kriterijumima izdavanja sertifikata, aparati za ozračivanje moraju biti obeleženi na sledeći način:

- trgovački naziv aparata;
- naziv sistema i standarda po kome je sertifikat izdat;
- kratka oznaka aparata prema veličini korisne površine;
- faktor Sunca koji utiče na pojavu eritema  $f_{SE}$ ;
- grupa kojoj aparat pripada prema spektralnoj raspodeli.

Takođe na aparatu mora biti istaknuto upozorenje: **''OPREZ''! UV zračenje može oštetiti oči i kožu. Poštovati uputstva za zaštitu.**

Za klijente, korisnike solarijuma, pored ovoga na dobro vidljivom mestu i čitko mora biti istaknuto i:

- maksimalno vreme trajanja prvog ozračivanja  $t_{1er}$  za postizanje doze od  $100 \text{ J/m}^2$  (0.4 MED-a);
- granično vreme ozračivanja  $t_{ser}$  za postizanje MED-a kod tipova kože 2-4.

Kod aparata sa više modula za ozračivanje mora biti navedena oznaka aparata za svaki moduo ozračivanja. Podatak o graničnom vremenu ozračivanja se u tom slučaju odnosi na modul sa najvećim dejstvom na pojavu eritema.

**Primer:** Posmatrajmo solarijum sa jednim modulom za ozračivanje sa polaznim veličinama:

korisna površina: dužina = 1.8 m, širina = 0.6 m

$$E_{er}(\text{UV-B}) = 0.02 \text{ W/m}^2$$

$$E_{er}(\text{UV-A}) = 0.16 \text{ W/m}^2$$

$$E_{er}(\text{UV-A} + \text{UV-B}) = 0.18 \text{ W/m}^2$$

$$f_{SE} = \frac{0.18 \text{ W/m}^2}{0.3 \text{ W/m}^2} = 0.6$$

$$t_{1er} = \frac{100 \text{ J/m}^2}{0.18 \text{ W/m}^2} = 9 \text{ min}$$

$$t_{ser} = \frac{250 \text{ J/m}^2}{0.18 \text{ W/m}^2} = 23 \text{ min (za tip kože 2)}$$

$$t_{ser} = \frac{350 \text{ J/m}^2}{0.18 \text{ W/m}^2} = 32 \text{ min (za tip kože 3)}$$

$$t_{ser} = \frac{450 \text{ J/m}^2}{0.18 \text{ W/m}^2} = 42 \text{ min (za tip kože 4)}$$

U ovom slučaju oznake na aparatu bi glasile:

1. **''aparat za ozračivanje'' L-0.6-grupa I<sub>C</sub>**
2. **maksimalno vreme trajanja prvog ozračivanja: 9 min**
3. **granično vreme ozračivanja:**

**tip kože 2: 23 min; tip kože 3: 32 min; tip kože 4: 42 min.**

Oznake aparata i upozorenja moraju biti istaknuti direktno na aparatu za ozračivanje. Maksimalno vreme trajanja prvog ozračivanja, kao i granično vreme ozračivanja može

biti istaknuto direktno na aparatu ili na jasno vidljivom mestu u kabini, ali tako da se zna na koji aparat se odnosi.

## 7.4. ZAHTEVI U POGLEDU OBEZBEĐIVANJA KVALITETA



a upotrebu se preporučuju *isključivo* aparati, koji zadovoljavaju kriterijume definisane normama (standardima) za ove aparate, odnosno aparati koji imaju važeći sertifikat.

Osoblje u salonima za sunčanje treba biti stručno i kompetentno za ovu vrstu posla, kako bi korisnicima solarijuma davalo adekvatne savete i uputstva.

Takođe se aparati moraju u određenim vremenskim intervalima i prema utvrđenom planu održavati i kontrolisati. Za dobijanje RTS sertifikata proveravaju se svi kriterijumi neophodni za obezbeđivanje kvaliteta.

### 7.4.1. NORME (STANDARDI)

1. Konstrukcija aparata mora biti prema DIN EN 60335-2-27, ispunjavanje ovih zahteva tokom upotrebnog veka trajanja, ispunjavanje uslova koje proizvođač postavlja u pogledu okoline (npr. temperatura okoline). Pri proveru efikasnog intenziteta zračenja može se uzeti tolerancija od  $\pm 15\%$ .

2. Pri zameni optičkih delova (lampi, filtera, reflektora) isključiva je upotreba originalnih rezervnih delova ili delova koje odobrava proizvođač aparata.

3. Na aparatu mora postojati sigurnosni prekidač za slučaj nužde, koji je neposredno dostupan korisniku.

4. Moraju postojati tehnički preduslovi koji omogućavaju postupno doziranje u odnosu na pojavu eritema i to u koracima od  $50 \text{ J/m}^2$  (0.2 MED), kao i isključivanje u slučaju nužde posle postignute maksimalne eritem-dozе od  $875 \text{ J/m}^2$  (3.5 MED).

5. Pridržavanje propisanog faktora ujednačenosti intenziteta zračenja na definisanoj korisnoj površini prema DIN 5050-1 od  $g_2 \geq 0.4$ .

6. Ograničavanje intenziteta zračenja aparata prema tabeli 4, pri čemu se mora uzeti u obzir:

- a) neemitovanje UV-C zračenja;
- b) poštovanje minimalnog rastojanja, propisanog od strane proizvođača, a koji zavisno od konstrukcije dozvoljavaju promenljiva rastojanja u odnosu na korisnika (odvojeni kvarceri za lice itd).

7. Nude se zaštitne naočari prema DIN EN 170.

8. Vođenje radne i kontrolne knjige.

9. Shodno kriterijumima RTS-a za izdavanje sertifikata, na aparatu moraju, na vidnom mestu i čitko, biti istaknuti natpisi sa podacima o aparatu i uputstvima za zaštitu, a ako je potrebno i minimalno rastojanje.

10. Opširne pismene informacije proizvođača za osobu koja radi na aparatu.

#### 7.4.2. ODRŽAVANJE APARATA

nformacije o održavanju aparata daje proizvođač u uputstvu za upotrebu. Intervali održavanja aparata su navedeni u tzv. *kontrolnoj i radnoj knjizi*. Radovi na održavanju, kao što su popravka ili zamena optičkih delova, se moraju uneti u radnu knjigu. Rezultati radova na održavanju i popravci se moraju u radnoj knjizi navesti sa datumom, vrstom preduzetih mera i zamenjenih delova i eventualno rezultatima provere posle popravke.

Održavanje aparata obuhvata:

1. redovnu kontrolu aparata (naročito onih delova koji su odgovorni za sigurnost: lampe, filteri, reflektori i uređaji za doziranje);
2. dezinfekciju površine za ležanje **posle svakog korišćenja aparata**;
3. poštovanje i beleženje intervala održavanja, koje je proizvođač naveo u radnoj knjizi.

Radovi na održavanju aparata i eventualne popravke se moraju sprovesti tako da aparat odgovara prvobitnom stanju kada je izdat sertifikat.

##### 7.4.2.1. Zamena optičkih delova

ri zameni optičkih delova (lampi, filtera, reflektora) moraju se koristiti ili originalni rezervni delovi proizvođača ili rezervni delovi, koji su od strane proizvođača aparata ili proizvođača rezervnih delova deklarirani kao odgovarajući.

Ako se posle promene optičkih delova znatno promeni biološko dejstvo solarijuma (npr. prelazak u drugu grupu aparata), tada se pre njegove upotrebe mora izvršiti novo vrednovanje (spektralna merenja) i označavanje u okviru postupka sertifikacije.

**Kontrolisano odlaganje iskorišćenih lampi.** Fluorescentne lampe i lampe visokog pritiska, zbog žive koju sadrže, spadaju u tzv. **poseban otpad** i moraju biti adekvatno odložene.

#### 7.4.3. KONTROLA KVALITETA I SERTIFIKACIJA

ontrolu kvaliteta salona za sunčanje, u cilju izdavanja sertifikata prema odredbama RTS-a, obavljaju ovlašćene institucije ili lica i ona obuhvata sledeće kriterijume:

1. tehničku proveru solarijum-aparata prema katalogu kriterijuma (poglavlje 7.4.1);
2. kontrolu higijenskih uslova u salonu;
3. kontrolu nivoa obučenosti osoblja koje kontaktira sa klijentima;
4. proveru dokaza o kvalifikaciji stečenoj učešćem na nekoj sertifikiranoj obuci sa uspešno položenim završnim ispitom;

5. proveru dokaza o daljem usavršavanju i pohađanju kurseva radi osvežavanja znanja (u razmacima od po pet godina od sticanja prve kvalifikacije);
6. ispunjavanje zahteva u pogledu informisanja i savetovanja klijenata.

Izdat sertifikat ima važnost tri godine.

Akreditaciju institucija koje izdaju sertifikat vrši Ministarstvo za zaštitu od zračenja.

Međutim, kod nas, ne postoji zakonska regulativa i propisi prema kojima bi se vršila kontrola kvaliteta u salonima za sunčanje, kako u pogledu porekla i ispravnosti samih uređaja za veštačko sunčanje, tako i u pogledu zaštite od UV zračenja, kao i adekvatne informisanosti i upozorenja korisnika solarijuma o štetnom dejstvu UV zračenja i eventualnim negativnim posledicama. U Srbiji se izvori nejonizujućeg zračenja u životnoj sredini koriste u velikoj meri bez ikakve kontrole. Zbog odsustva adekvatne kontrole ovih izvora, pojedinci mogu biti izloženi vrlo štetnom dejstvu zračenja. Najčešći uzroci povećanog rizika od štetnog dejstva UV zračenja pri upotrebi solarijuma su neispravnost samog uređaja, korišćenje neadekvatnih filtera i nestručno rukovanje. Kod nas ne postoje zakonski uređene mere zaštite zdravlja ljudi i zaštite životne sredine od štetnog dejstva nejonizujućeg zračenja pri upotrebi izvora koji emituju ovo zračenje. Takođe ne postoji nikakva baza podataka o vrsti, karakteristikama i broju izvora nejonizujućeg zračenja koji se koriste u životnoj i radnoj sredini. Postoji jedino Predlog zakona o zaštiti od nejonizujućeg zračenja koji, nažalost, još nije usvojen. Usvajanjem i stupanjem na snagu ovog zakona sprečio bi se nekontrolisani uvoz izvora nejonizujućeg zračenja koji mogu ugroziti zdravlje ljudi, a čije korišćenje nije dozvoljeno u drugim zemljama prema njihovim regulativama vezanim za zaštitu od nejonizujućeg zračenja. Ovim zakonom su u najširoj osnovi i na sveobuhvatan način uređena načela, uslovi i mere zaštite zdravlja ljudi i životne sredine od štetnog dejstva nejonizujućeg zračenja, nadzor nad sprovođenjem tih mera, kao i odgovornost. Predlogom zakonom je tačno utvrđeno šta se podrazumeva pod izvorom nejonizujućeg zračenja, koji su objekti sa izvorom nejonizujućeg zračenja, koje su granice izlaganja ovom zračenju, šta se podrazumeva pod ispitivanjem zračenja, koja su to načela i mere zaštite od štetnog dejstva nejonizujućeg zračenja, ko vrši nadzor sprovođenja tih mera, kao i koje su kaznene mere za one koji ne poštuju zakonom propisana načela i mera zaštite.

## 7.5. DOZIRANJE I OGRANIČAVAJUĆI FAKTORI PRI IZLAGANJU KOŽE UV ZRAČENJU

### 7.5.1. SAVETI I KRITERIJUMI PREMA KOJIMA SE ISKLJUČUJE UPOTREBA SOLARIJUMA

a bi se broj mogućih štetnih bioloških efekata dejstva UV zračenja pri upotrebi solarijuma sveo na minimum, Švedski institut za zaštitu od zračenja je utvrdio kriterijume prema kojima se ograničava ili isključuje upotreba solarijuma. Poštovanje ovih kriterijuma se pre svega odnosi na rad solarijuma u sertifikovanim salonima za sunčanje.

Upotreba solarijuma u cilju dobijanja preplanulog tena je isključena:

1. kod dece i osoba mlađih od 18 godina;
2. kod osoba sa UV tipom kože 1;
3. kod akutnih oboljenja kože;
4. kod oboljenja kože koja su nastala usled izlaganja sunčevom zračenju;
5. ukoliko koža ima veći broj mladeža;
6. ukoliko je u detinjstvu bilo više opekotina od Sunca;
7. ukoliko postoji ili je postojalo kancerogeno oboljenje kože;
8. ukoliko postoji genetska predispozicija za karcinom kože (ukoliko neko od krvnih srodnika ima ili je imao karcinom kože);

Ukoliko postoje nejasnoće u pogledu bilo kog kriterijuma, treba konsultovati lekara.

#### 7.5.1.1. Saveti



Saveti Švedskog instituta za zaštitu od zračenja koji se odnose na primenu solarijuma sa ciljem dobijanja preplanulog tena i koji su vidno istaknuti u svim švedskim salonima za sunčanje, glase:

1. *Nikada se ne sunčajte toliko da vaša koža pocrveni. Ako već nemate preplanuli ten, prvi tretman treba da bude kratak. Pet minuta je dovoljno. Svaki tretman prilagodite pragu tolerancije vaše kože.*
2. *Ne koristite solarijum:*
  - ako imate manje od 18 godina;
  - ako imate osetljivu kožu koja ne tamni lako ni na suncu;
  - ako ste se već sunčali tog dana ili ako je prošlo manje od dva dana od poslednjeg tretmana u solarijumu;
  - ako koristite lekove ili imate neku infekciju;
  - ako ste imali, imate ili je u vašoj porodici bilo slučajeva karcinoma kože.
3. *Ne koristite preparate koji ubrzavaju tamnjenje kože. Uklonite šminku i ostale kozmetičke preparate.*
4. *Ne očekujte da će vas taman ten dobijen u solarijumu štititi od dejstva solarnog UV zračenja ili da će ublažiti iritaciju kože.*
5. *Koristite štitičke naočale.*
6. *Obratite se lekaru ako vaši mladeži počnu da svrbe, krvare, rastu ili menjaju u bilo kom drugom smislu.*

#### 7.5.2. INDIVIDUALNO DOZIRANJE UV ZRAČENJA I PLAN OZRAČIVANJA



Pored poštovanja kriterijuma navedenih u poglavlju 7.5.1, radi smanjenja rizika od štetnog dejstva UV zračenja pri upotrebi solarijuma, važno je pridržavati se i sledećih propisa koji se odnose na doziranje UV zračenja:

- a) Uvek, pri izlaganju kože UV zračenju, treba izbegavati pojavu opekotina.
- b) Ukoliko ipak dođe do pojave opekotina, ozračivanje prekinuti sve dok se simptomi opekotina potpuno ne povuku i koža ne oporavi.
- c) Koža ne sme često da se izlaže dejstvu UV zračenja i moraju se odrediti granice kako u pogledu ukupnog broja, tako i u okviru jedne serije ozračivanja.

d) Posle serije ozračivanja treba da usledi pauza, koja treba da traje onoliko koliko i ukupno ozračivanje.

#### 7.5.2.1. Određivanje pojedinačnih doza UV zračenja

ri svakoj upotrebi solarijuma se treba pridržavati najmanjeg propisanog rastojanja. Maksimalna dozvoljena doza UV zračenja u pogledu pojave crvenila kože prilikom prvog ozračivanja, za sve tipove kože iznosi  $100 \text{ J/m}^2$  (0,4 MED). Kao maksimalno dozvoljene vrednosti pojedinačnih doza UV zračenja za tipove kože 2-4 preporučuju se vrednosti njihovih minimalnih eritemalnih doza:

- $250 \text{ J/m}^2$  (1,0 MED), za tip kože 2;
- $350 \text{ J/m}^2$  (1,4 MED), za tip kože 3;
- $450 \text{ J/m}^2$  (1,8 MED), za tip kože 4.

#### 7.5.2.2. Učestalost ozračivanja i kumulativne doze

to se tiče učestalosti ozračivanja UV zračenjem, preporučuje se sledeće:

1. Maksimalno jedno ozračivanje dnevno. Ovo se odnosi kako na izlaganje solarnom, tako i na izlaganje UV zračenju u solarijumima. Nikada se u istom danu ne treba sunčati i koristiti solarijum.
2. Između dva ozračivanja napraviti pauzi od 2-3 dana.
3. Ukoliko dođe do pojave opekotina, sa ozračivanjem nastaviti tek kada se svi simptomi potpuno povuku i koža oporavi.
4. Maksimalno tri ozračivanja nedeljno.
5. Maksimalno deset ozračivanja mesečno.
6. Preporučuje se maksimalno deset ozračivanja u seriji. Nakon toga treba napraviti odgovarajuću pauzu.
7. Preporučuje se maksimalno pedeset ozračivanja na suncu ili u solarijumu godišnje.

Peporučljive kumulativne godišnje doze (maksimalne godišnje doze) UV zračenja za tipove kože 2-4 iznose:

- $12,5 \text{ kJ/m}^2$  (50 MED), za tip kože 2;
- $17,5 \text{ kJ/m}^2$  (70 MED), za tip kože 3;
- $22,5 \text{ kJ/m}^2$  (90 MED), za tip kože 4.

### 7.6. RAZGOVOR I SAVETOVANJE KLIJENATA

rilikom prvog korišćenja solarijuma, osoblje salona treba da pre ozračivanja obavi razgovor sa klijentom, pri kome će ga upoznati sa biološkim dejstvom UV zračenja, mogućim rizicima i merama zaštite. Pri ovom razgovoru teba obaviti sledeće:

1. proveriti iz kog razloga se klijent izlaže UV zračenju;

2. utvrditi da li je ozračivanje dozvoljeno na osnovu propisanih kriterijuma (godine, tip kože, uzimanje lekova, eventualna oboljenja kože, prisustvo kozmetike i šminke...);
3. ukazati na moguće rizike:
  - staviti na raspolaganje informativni materijal,
  - staviti na raspolaganje zaštitne naočare,
  - pripremiti izjavu o saglasnosti (prema dodatku A);
4. odrediti tip kože (prema dodatku B);
5. napraviti detaljan plan ozračivanja uzimajući u obzir tip kože, broj i doze prethodnih ozračivanja u solarijumu i na suncu;
6. dati informacije o dopunskoj kozmetici (preparati za posle sunčanja).

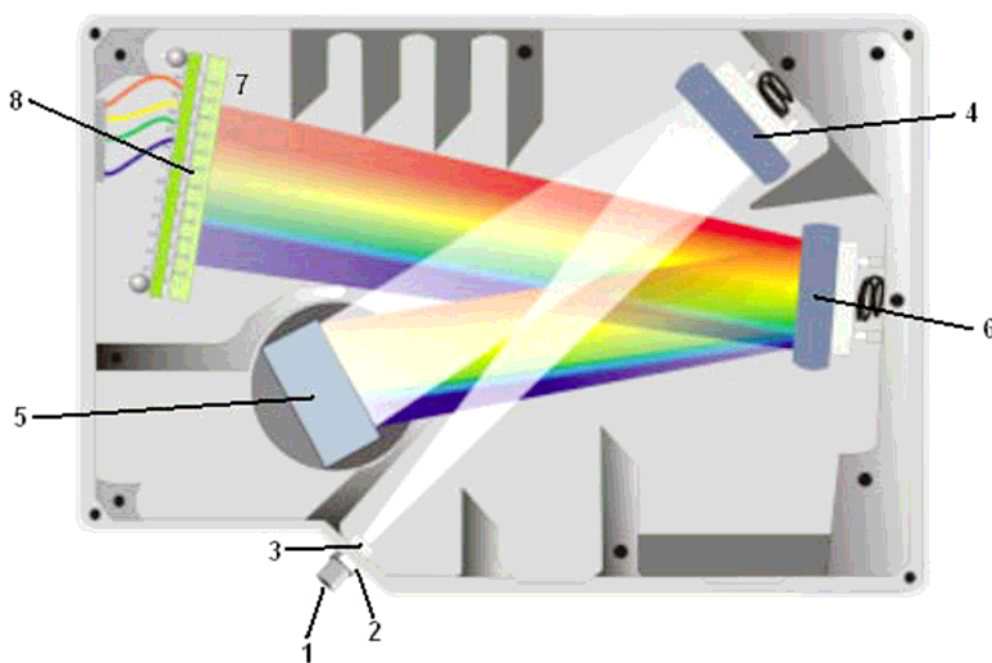
## 8. REZULTATI. OBRADA I ANALIZA

**U** cilju provere kvaliteta solarijuma koji se danas koriste kod nas, što je ujedno i cilj ovog diplomskog rada, snimljeni su spektri i izmereni intenziteti UV zračenja pet različitih solarijum-aparata u tri novosadska salona za sunčanje. Svih pet aparata je nemačke proizvodnje. Četiri aparata je iz serije Ergoline, dok je jedan iz serije UV. Na osnovu snimljenih spektara i izmerenih intenziteta zračenja određene su spektralne karakteristike ovih aparata i izvršena njihova klasifikacija prema kriterijumima RTS-a i Komisije za zaštitu od zračenja.

### 8.1. MERNI UREĐAJI I METOD RADA

#### 8.1.1. SNIMANJE SPEKTRA ZRAČENJA

**Z**a snimanje spektra zračenja korišćen je spektrograf Oceans Optics HR2000. To je kompaktni spektrograf sa optičkom rešetkom koja ima 1200 zareza po mm. Ovim spektrografom se mogu snimati spektri zračenja u opsegu 200-400 nm, a njegova optička rezolucija je 0,65 nm. Na slici 8.1 je dat šematski prikaz ovog spektrografa.



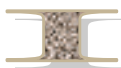
Sl.XX Optička šema spektrografa Oceans Optics HR2000

1. SMA konektor pomoću koga se priključuje optički kabl
2. Pukotina (ulazna apertura)
3. Filter
4. Kolimatorsko ogledalo

5. Difrakciona rešetka
6. Fokusirajuće ogledalo
7. Sabirna sočiva
8. CCD detektor

Pomoću SMA konektora se na spektrograf priključuje optički kabl koji se postavlja na ležeću površinu solarijuma u predelu galave, trupa i nogu respektivno. Emitovano zračenje putem optičkog kabla stiže do ulazne pukotine spektrografa širine  $10\text{ }\mu\text{m}$ . Nakon prolaska kroz filter zračenje pada na kolimatorsko ogledalo, koje fokusira zrake na difrakcionu rešetku. Zračenje razloženo po talasnim dužinama i usmereno pomoću fokusirajućeg ogledala pada na sabirna sočiva koja ga fokusiraju na piksele CCD detektora. Na svaki piksel detektora pada foton određene talasne dužine. Na taj način se dobija određeni zapis informacije o intenzitetu zračenja koje pada na detektor, a koje se u obliku spektra prikazuje na ekranu računara. Pomoću programa OOIBase32 vrši se kontrola i komunikacija između računara i spektrografa. CCD koji je korišćen u eksperimentu sadrži 2048 piksela dimenzije  $14\text{ }\mu\text{m} \times 200\text{ }\mu\text{m}$ . Rezolucija A/D konverzije je 12 bita. Program OOIBase32 omogućava podešavanje vremena integracije. Produžavanjem vremena integracije povećava se osetljivost detektora. U eksperimentu je vreme integracije birano tako da A/D konvertor sa 4096 nivoa pokrije ceo UV spektar.

### 8.1.2. MERENJE INTENZITETA ZRAČENJA



Intenzitet UV zračenja je meren instrumentom Vilber Lourmat WLX-3W sa tri sonde:

1. sonda za merenje intenziteta UV-A zračenja;
2. sonda za merenje intenziteta UV-B zračenja i
3. sonda za merenje intenziteta UV-C zračenja.

Najpre se na instrument priključi odgovarajuća sonda, na primer sonda za merenje intenziteta UV-A zračenje, instrument se uključi, a zatim se sonda postavi na ležeću površinu solarijuma u predelu glave, trupa i nogu respektivno, tako da meri intenzitet zračenja lampi iznad ležeće površine. Za sva tri segmenta se posebno očitata vrednost intenziteta UV-A zračenja. Vrednosti intenziteta zračenja se očitavaju direktno sa displeja instrumenta i date su u  $\text{mW}/\text{cm}^2$ . Zatim se istim postupkom, primenom odgovarajućih sonde, izmere intenziteti UV-B i UV-C zračenja i očitaju njihove vrednosti. Kod poslednja dva aparata su sonde postavljane na dva načina: kada su okrenute na gore tako da mere intenzitet zračenja lampi iznad ležeće površine i kada su okrenute na dole tako da mere intenzitet zračenja lampi ispod ležeće površine.

Greška instrumenta je 1 %, dok ukupno procenjena greška pri merenju iznosi 5 %.

### 8.2. OBRADA I ANALIZA REZULTATA



Obradom rezultata dobijenih na osnovu snimljenih spektara i izmerenih intenziteta UV zračenja određene su spektralne karakteristike ispitivanih solarijuma ( $E_{er}$  u opsegu UV-A, UV-B i UV-A+UV-B,  $f_{SE}$ ,  $t_{1er}$  i  $t_{ser}$  za tip kože 2-4) i izvršena

njihova klasifikacija prema veličini korisne površine i spektralnoj raspodeli, odnosno određeno je kojim grupama aparata, prema kriterijumima RTS-a i Komisije za zaštitu od zračenja, pripadaju ovi solarijumi.

- **Aparat br. 1 (Ergoline LOUNGE)**

Ergoline LOUNGE je stojeći solarijum zatvorenog tipa. Prema veličini korisne površine spada u aparate za dvostrano ozračivanje tela (kratka oznaka: XL). Kao izvor zračenja koristi jednodielne fluorescentne lampe bez posebnih lampi u predelu glave za ozračivanje lica.

U Tabeli 5 su date izmerene vrednosti intenziteta UV-B i UV-A zračenja kod ovog aparata za tri različita segmenta: predeo glave, predeo trupa i predeo nogu. UV-C zračenje nije registrovano ( $I_{UV-C} = 0$ ).

**Tabela 5**  
Intenzitet zračenja aparata br.1  
(Ergoline LOUNGE)

| INTENZITET ZRAČENJA<br>[mW/cm <sup>2</sup> ] |        |       |             |
|----------------------------------------------|--------|-------|-------------|
|                                              | UV-A   | UV-B  | UV-A + UV-B |
| GLAVA                                        | 10.500 | 0.880 | 11.380      |
| TRUP                                         | 8.800  | 0.840 | 9.640       |
| NOGE                                         | 8.500  | 0.740 | 9.240       |

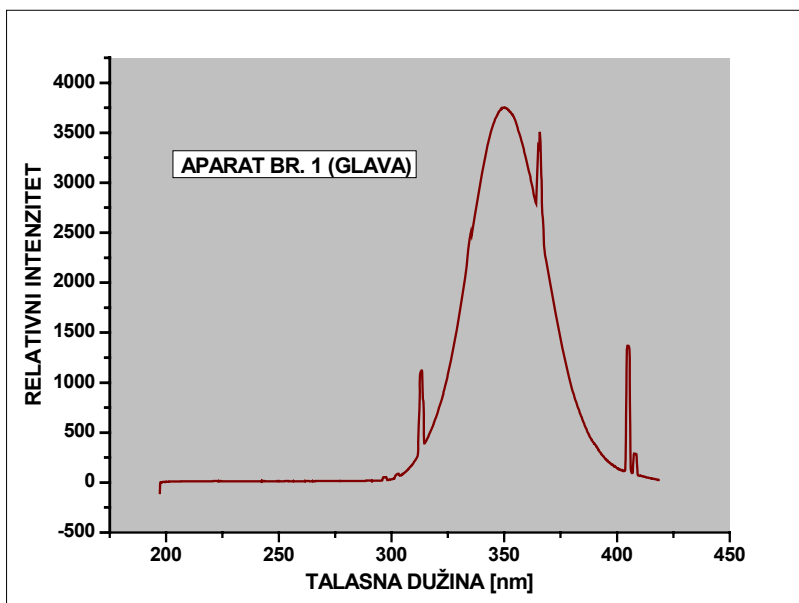
Na Slici 8.2 je grafički predstavljen snimljeni spektar zračenja u predelu glave, a na Slici 8.3 snimljeni spektar zračenja u predelu trupa ovog aparata. Oblik ova dva spektra se poklapa sa spektrom na slici 7.2 na osnovu čega se može zaključiti da ovaj aparat kao izvor zračenja koristi standardne fluorescentne lampe ( $UV-B < 1\%$ ). Ova dva spektra se i međusobno poklapaju, što je i očekivano s obzirom da se radi o jednodielnim lampama, odnosno o jednom modulu za ozračivanje i jednoj korisnoj površini. Na osnovu te činjenice kod ovog aparata se mogu izračunati srednje vrednosti intenziteta UV-B i UV-A zračenja  $I_{sr}(UV-A)$  i  $I_{sr}(UV-B)$  i one koristiti u daljoj obradi podataka:

$$I_{sr}(UV-A) = \frac{105 \text{ W/m}^2 + 88 \text{ W/m}^2 + 85 \text{ W/m}^2}{3} = 92.67 \text{ W/m}^2$$

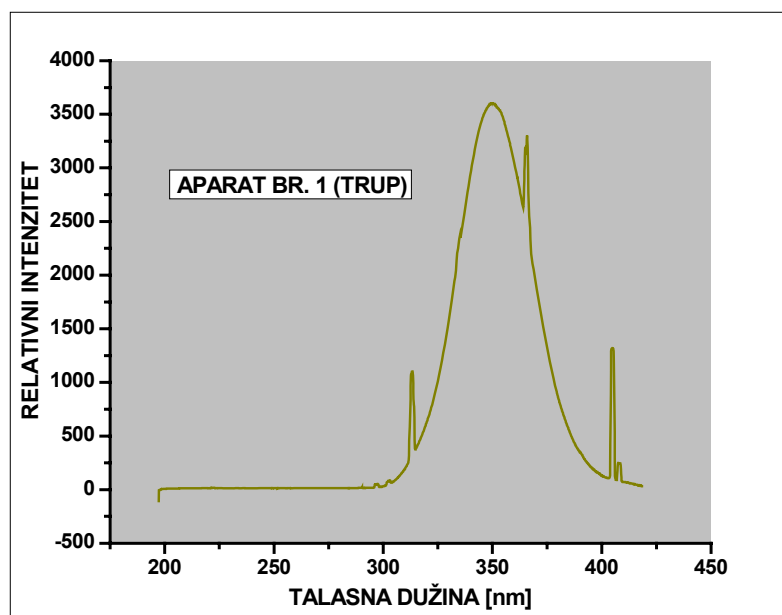
$$I_{sr}(UV-B) = \frac{8.8 \text{ W/m}^2 + 8.4 \text{ W/m}^2 + 7.4 \text{ W/m}^2}{3} = 8.20 \text{ W/m}^2$$

$$I_{AB} = I_{sr}(UV-A) + I_{sr}(UV-B) = 100.87 \text{ W/m}^2$$

$I_{AB}$  je ukupan intenzitet UV zračenja ovog aparata u  $\text{W/m}^2$ . Ukupan intenzitet UV zračenja ovog aparata od  $100.87 \text{ W/m}^2$  spada u dozvoljene vrednosti prema važećim standardima.



Slika 8.2. Spektar zračenja aparata br.1 (Ergoline LOUNGE) u predelu glave

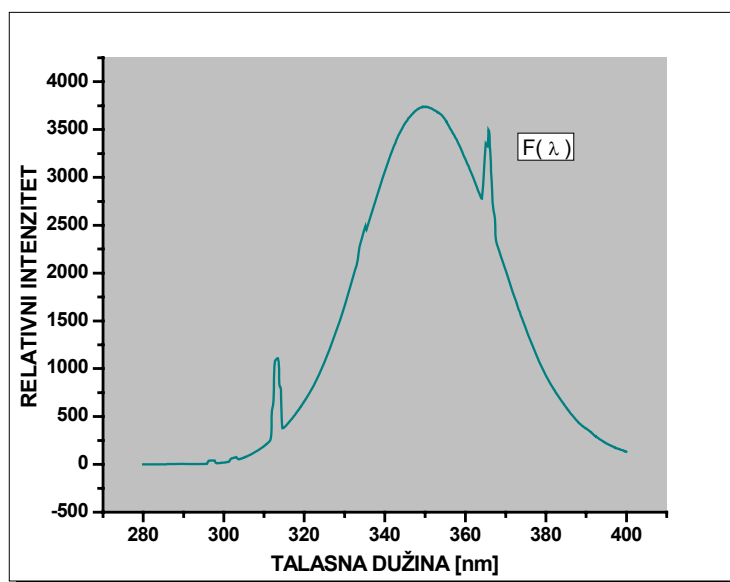


Sl. 8.3. Spektar zračenja aparata br.1 (Ergiline LOUNGE) u predelu trupa

Na osnovu intenziteta UV-B i UV-A zračenja može se odrediti udeo UV-B zračenja  $U_{UV-B}$  u ukupnom UV spektru ovog aparata:

$$U_{UV-B} = \frac{I_{sr}(UV-B)}{I_{sr}(UV-A) + I_{sr}(UV-B)} \cdot 100 = 8.13\%$$

Kako pri merenju intenziteta zračenja UV-C zračenje nije registrovano ( $I_{UV-C} = 0$ ), a u snimljenom spektru su dobijene izvesne vrednosti intenziteta zračenja na talasnim dužinama ispod 280 nm (UV-C oblast), to je uzeto u obzir kao šum i oduzeto kao ofset. Za vrednost ofseta je uzeta vrednost intenziteta zračenja na talasnoj dužini od 250 nm, koja u ovom slučaju iznosi 13.5 relativnih jedinica. Na Slici 8.4 je prikazan spektar zračenja ovog aparata u intervalu talasnih dužina od 280-400 nm (UV-B + UV-A oblast) kod koga je oduzet ofset.



Sl. 8.4. Spektar zračenja aparata br.1 (Ergoline LOUNGE) kod koga je oduzet ofset

Ovaj spektar, odnosno funkcija  $F(\lambda)$ , zapravo predstavlja spektar UV zračenja aparata br.1 (Ergoline LOUNGE) kojim se klijent izlaže. Površina ispod krive  $F(\lambda)$  je srazmerna ukupnom intenzitetu UV zračenja (UV-A+UV-B)  $I_{AB}$  ovog aparata datom u relativnim jedinicama, a koji se dobija integracijom funkcije  $F(\lambda)$  u intervalu talasnih dužina od 280-400 nm:

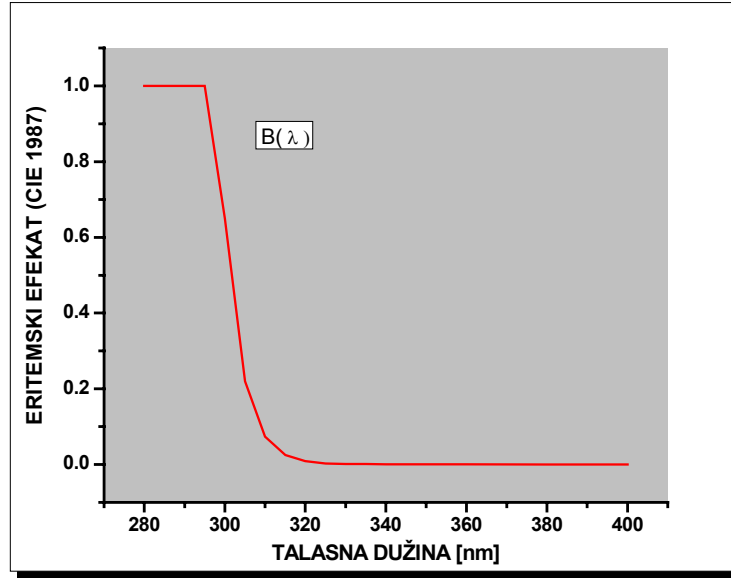
$$P_{AB} = \int_{280}^{400} F(\lambda) d\lambda = I_{AB} [\text{rel.jed.}] \quad (8.1)$$

$$I_{AB} = 162879 \text{ rel.jed.}$$

Za dobijanje realnog biološki aktivnog spektra ovog aparata, pored spektra UV zračenja kojim se klijent izlaže (funkcija  $F(\lambda)$ ), potreban je i aktivan biološki spektar UV zračenja (u ovom slučaju UV-A+UV-B), koji je predstavljen u Tabeli 6 i na Slici 8.5.

**Tabela 6**  
Aktivan biološki spektar UV zračenja

| TALASNA<br>DUŽINA<br>[nm] | ERITEMSKI<br>EFEKAT<br>(CIE 1987) |
|---------------------------|-----------------------------------|
| 280                       | 1.0                               |
| 285                       | 1.0                               |
| 290                       | 1.0                               |
| 295                       | 1.0                               |
| 300                       | 0.65                              |
| 305                       | 0.22                              |
| 310                       | $7.4 \times 10^{-2}$              |
| 315                       | $2.5 \times 10^{-2}$              |
| 320                       | $8.6 \times 10^{-3}$              |
| 325                       | $2.9 \times 10^{-3}$              |
| 330                       | $1.4 \times 10^{-3}$              |
| 335                       | $1.2 \times 10^{-3}$              |
| 340                       | $9.7 \times 10^{-4}$              |
| 345                       | $8.1 \times 10^{-4}$              |
| 350                       | $6.8 \times 10^{-4}$              |
| 355                       | $5.7 \times 10^{-4}$              |
| 360                       | $4.8 \times 10^{-4}$              |
| 365                       | $4.0 \times 10^{-4}$              |
| 370                       | $3.4 \times 10^{-4}$              |
| 375                       | $2.9 \times 10^{-4}$              |
| 380                       | $2.4 \times 10^{-4}$              |
| 385                       | $2.0 \times 10^{-4}$              |
| 390                       | $1.7 \times 10^{-4}$              |
| 395                       | $1.4 \times 10^{-4}$              |
| 400                       | $1.2 \times 10^{-4}$              |



Sl. 8.5. Aktivan biološki spektar UV (UV-A+UV-B) zračenja

Realan biološki aktivan spektar se dobija kombinacijom spektra zračenja kojim se klijent izlaže i aktivnog biološkog spektra, odnosno kao proizvod funkcija  $F(\lambda)$  i  $B(\lambda)$  prema 3.1. Na Slici 8.6 je grafički predstavljen realan biološki aktivan spektar aparata br. 1 (Ergoline LOUNGE). Površina ispod krive  $B(\lambda) \cdot F(\lambda)$  srazmerna je intenzitetu zračenja ovog aparata koji utiče na pojavu eritema  $E_{er,aparata}$  datom u relativnim jedinicama, a koji se dobija integracijom funkcije  $B(\lambda) \cdot F(\lambda)$  u intervalu talasnih dužina od 280-400 nm:

$$P_{er} = \int_{280}^{400} B(\lambda) \cdot F(\lambda) = E_{er,aparata} [\text{rel.jed.}] \quad (8.2)$$

$$E_{er,aparata} = 465.76 \text{ rel.jed.}$$

Klasifikacija solarijuma prema spektralnoj raspodeli se vrši na osnovu njegovog intenziteta zračenja koji utiče na pojavu eritema u oblasti UV-A i UV-B zračenja izraženom u  $\text{W/m}^2$  (Tabela 4). Vrednosti ovih veličine dobijamo iz proporcija:

$$I: E_{er,aparata} [\text{rel.jed.}] : E_{er}(\text{UV-A}) [\text{W/m}^2] = I_{AB} [\text{rel.jed.}] : I_{UV-A} [\text{W/m}^2] \quad (8.3)$$

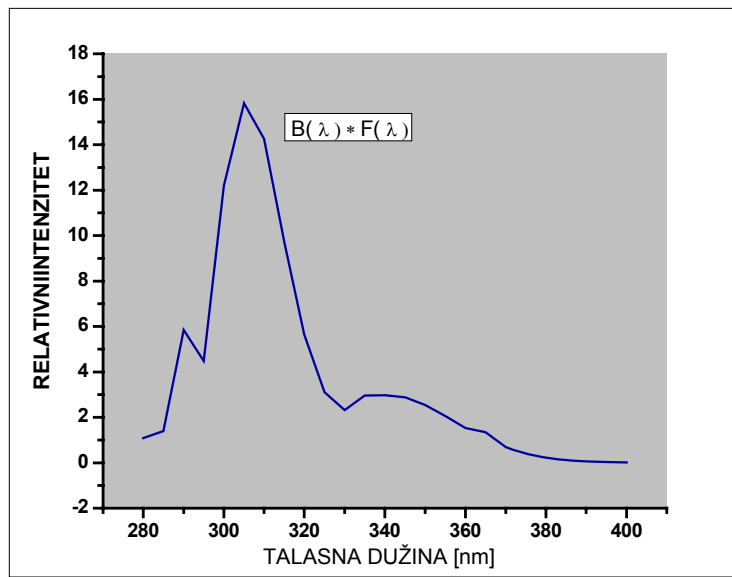
gde je  $E_{er}(\text{UV-A})$  intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u UV-A oblasti. Iz (8.3) direkno sledi izraz za  $E_{er}(\text{UV-A})$  u  $\text{W/m}^2$ :

$$E_{er}(\text{UV-A}) = \frac{E_{er,aparata} [\text{rel.jed.}] \cdot I_{UV-A} [\text{W/m}^2]}{I_{AB} [\text{rel.jed.}]} \quad (8.4)$$

U ovom slučaju je:

$$E_{er}(\text{UV-A}) = \frac{465.76 \cdot 92.67 \text{ W/m}^2}{162879} = 0.265 \text{ W/m}^2$$

što spada u dozvoljene vrednosti (Tabela 4).



Sl.8.6. Realan biološki aktivan spektar aparata br.1 (Ergoline LOUNGE)

$$II: E_{er,aparata} [\text{rel.jed.}]: E_{er}(\text{UV} - \text{B}) [\text{W/m}^2] = I_{AB} [\text{rel.jed.}]: I_{UV-B} [\text{W/m}^2] \quad (8.5)$$

gde je  $E_{er}(\text{UV-B})$  intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u UV-B oblasti. Iz (8.5) direktno sledi izraz za  $E_{er}(\text{UV} - \text{B})$  u  $\text{W/m}^2$ :

$$E_{er}(\text{UV} - \text{B}) = \frac{E_{er,aparata} [\text{rel.jed.}] \cdot I_{UV-B} [\text{W/m}^2]}{I_{AB} [\text{rel.jed.}]} \quad (8.6)$$

U ovom slučaju je:

$$E_{er}(\text{UV} - \text{B}) = \frac{465.76 \cdot 8.20 \text{ W/m}^2}{162879} = 0.023 \text{ W/m}^2$$

što takođe spada u dozvoljene vrednosti prema Tabeli 4. Ukupan intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema kod ovog aparata  $E_{er}(\text{UV} - \text{A} + \text{UV} - \text{B})$ , iznosi:

$$E_{er}(\text{UV} - \text{A} + \text{UV} - \text{B}) = 0.288 \text{ W/m}^2$$

Na osnovu vrednosti  $E_{er}(\text{UV} - \text{A})$ ,  $E_{er}(\text{UV} - \text{B})$  i  $E_{er}(\text{UV} - \text{A} + \text{UV} - \text{B})$  može se zaključiti da ovaj aparat prema spektralnoj raspodeli spada u Ic grupu. To je solarijum koji svoje biološko dejstvo ispoljava preko UV-A zračenja velikog intenziteta sa malim udelom UV-B zračenja. Koristi se za brzo dobijanje preplanule boje kože (tena), koja se relativno brzo i gubi.

Prema (7.1) Faktor Sunca koji utiče na pojavu eritema  $f_{SE}$  iznosi:

$$f_{SE} = \frac{0.288 \text{ W/m}^2}{0.3 \text{ W/m}^2} = 0.956 \approx 1$$

Faktor Sunca koji utiče na pojavu eritema je približno jednak jedinici, što znači da je biološko dejstvo ovog aparata približno jednako biološkom dejstvu najintenzivnijeg Sunčevog zračenja.

Prema (7.2) maksimalno vreme trajanja prvog ozračivanja  $t_{1er}$  je:

$$t_{1er} = \frac{100 \text{ J/m}^2}{0.288 \text{ W/m}^2} = 5.79 \text{ min} \approx 6 \text{ min}$$

a prema (7.3-7.5) granična vremena ozračivanja  $t_{ser}$  za tip kože od 2-4 iznose:

$$t_{ser} = \frac{250 \text{ J/m}^2}{0.288 \text{ W/m}^2} = 14.47 \text{ min} \approx 14.5 \text{ min (za tip kože 2)}$$

$$t_{ser} = \frac{350 \text{ J/m}^2}{0.288 \text{ W/m}^2} = 20.25 \text{ min} \approx 20 \text{ min (za tip kože 3)}$$

$$t_{ser} = \frac{450 \text{ J/m}^2}{0.288 \text{ W/m}^2} = 26 \text{ min (za tip kože 4)}.$$

U Tabeli 7 su date spektralne karakteristike aparata br. 1 (Ergoline LOUNGE).

**Tabela 7**

Spektralne karakteristike aparata br.1(Ergoline LOUNGE)

| $E_{er}(\text{UV-A})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $E_{er}(\text{UV-B})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $E_{er}(\text{UV-A+UV-B})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $f_{SE}$ | $t_{1er}$<br>[min] | $t_{ser}$<br>[min] | $t_{ser}$<br>[min] | $t_{ser}$<br>[min] |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 0.265                                        | 0.023                                        | 0.288                                             | 1        | 6                  | 14.5               | 20                 | 26                 |

Oznake na aparatu br. 1 (Ergoline LOUNGE) bi glasile:

1. "aparat za ozračivanje" XL-1-grupa I<sub>C</sub>
2. maksimalno vreme trajanja prvog ozračivanja: 6 min
3. granično vreme ozračivanja:

tip kože 2: 14.5 min; tip kože 3: 20 min; tip kože 4: 26 min.

- **Aparat br. 2 (Ergoline TURBO POWER 600 AVANGARDA)**

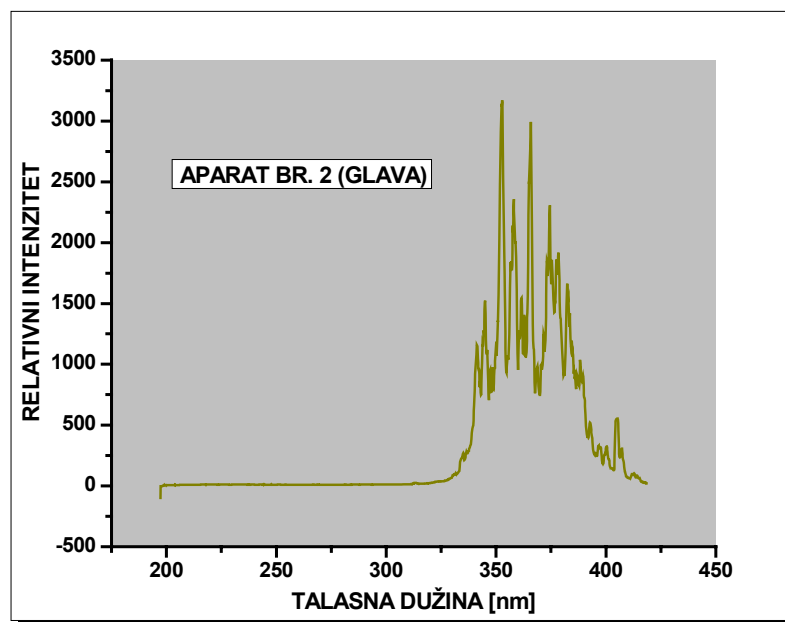
Ergoline TURBO POWER 600 AVANGARDA je ležeći solarijum zatvorenog tipa. Prema veličini korisne površine spada u aparate za obostrano ozračivanje tela (kratka oznaka: XL). Kao izvor zračenja koristi jednodelne fluorescentne lampe u predelu trupa sa posebnim fluorescentnim lampama za ozračivanje lica i posebnim fluorescentnim lampama za ozračivanje ramena. S obzirom na to, ovaj aparat ima tri modula za ozračivanje, a samim tim i tri korisne površine.

U Tabeli 8 su date izmerene vrednosti intenziteta UV-B i UV-A zračenja ovog aparata za tri različita segmenta: predeo glave (lica), predeo ramena i predeo trupa. UV-C zračenje nije registrovano ( $I_{UV-C} = 0$ ).

**Tabela 8**  
Intenzitet zračenja aparata br.2  
(Ergoline TURBO POWER 600 AVANGARDA)

| INTENZITET ZRAČENJA<br>[mW/cm <sup>2</sup> ] |        |       |             |
|----------------------------------------------|--------|-------|-------------|
|                                              | UV-A   | UV-B  | UV-A + UV-B |
| GLAVA                                        | 46.100 | 0.780 | 46.880      |
| RAMENA                                       | 16.360 | 1.043 | 17.403      |
| TRUP                                         | 12.300 | 1.044 | 13.344      |

1) Na Slici 8.7 je grafički preikazan snimljeni spektar zračenja aparata br.2 u predelu glave (lica).



Sl. 8.7 Spektar zračenja aparata br.2 (Ergoline TURBO POWER 600 AVANGARDA) u predelu glave (lica)

Intenzitet UV-A zračenja  $I_{UV-A}$  ovog modula za ozračivanje u W/m<sup>2</sup> iznosi:

$$I_{UV-A} = 461 \text{ W/m}^2$$

Intenzitet UV-B zračenja  $I_{UV-B}$  ovog modula za ozračivanje u  $\text{W/m}^2$  iznosi:

$$I_{UV-A} = 7.8 \text{ W/m}^2$$

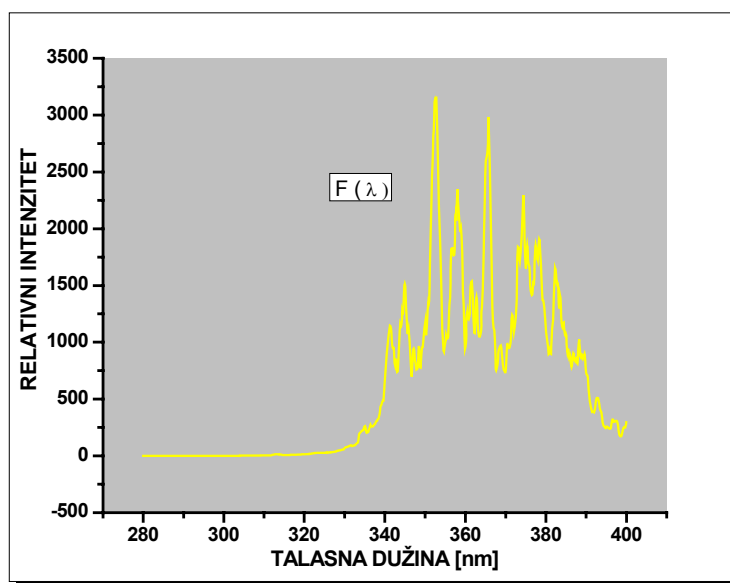
Na osnovu intenziteta UV-B i UV-A zračenja, može se odrediti udeo UV-B zračenja  $U_{UV-B}$  u ukupnom UV spektru ovog aparata u predelu glave:

$$U_{UV-B} = \frac{I_{UV-B}}{I_{UV-A} + I_{UV-B}} \cdot 100 = 1.7 \%$$

Ukupan intenzitet UV zračenja  $I_{AB}$  ovog modula za ozračivanje u  $\text{W/m}^2$  iznosi:

$$I_{AB} = 468.8 \text{ W/m}^2$$

Na Slici 8.8 je prikazan spektar zračenja ovog modula za ozračivanje u intervalu talasnih dužina od 280-400 nm (UV-B + UV-A oblast) kod koga je oduzet ofset od 10 rel.jed. Ovaj spektar, odnosno funkcija  $F(\lambda)$ , predstavlja spektar UV zračenja aparata br.2 u predelu glave (lica) kojim se klijent izlaže.



Sl. 8.8. Spektar zračenja aparata br.2 (Ergoline TURBO POWER 600 AVANGARDA) u predelu glave (lica) kod koga je oduzet ofset

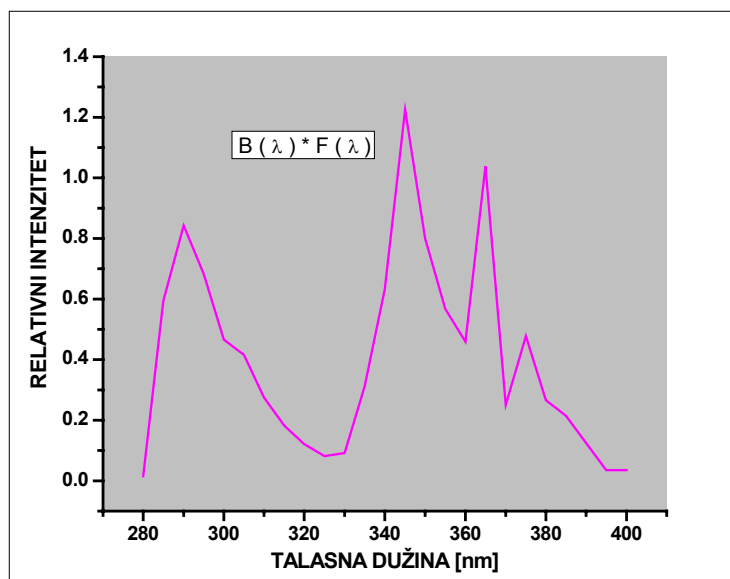
Prema (8.1) ukupan intenzitet UV zračenja  $I_{AB}$  ovog modula za ozračivanje u relativnim jedinicama, iznosi:

$$I_{AB} = 73335$$

Realan biološki aktivan spektar ovog modula za ozračivanje (sl.8.9) se dobija kao proizvod funkcija  $B(\lambda)$  (sl.8.5) i  $F(\lambda)$  (sl.8.8).

Prema (8.2) intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema  $E_{er,aparata}$  dat u relativnim jedinicama iznosi:

$$E_{er,aparata} = 50.92$$



Sl. 8.9. Realan biološki aktivan spektar UV zračenja aparata br.2 (Ergoline TURBO POWER 600 AVANGARDA) u predelu glave (lica)

Intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u UV-A oblasti  $E_{er}$  (UV-A) izražen u  $W/m^2$  je prema (8.4):

$$E_{er}(UV - A) = \frac{50.92 \cdot 461 W/m^2}{73335} = 0.320 W/m^2$$

Kod ovog modula za ozračivnje  $E_{er}$  (UV-A) odstupa od dozvoljenih vrednosti. Prema (8.6) intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u UV-B oblasti  $E_{er}$  (UV-B) izražen u  $W/m^2$  je:

$$E_{er}(UV - B) = \frac{50.92 \cdot 7.8 W/m^2}{73335} = 0.005 W/m^2$$

što spada u dozvoljene vrednosti. Ukupan intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema ovog modula za ozračivanje  $E_{er}$  (UV-A+UV-B) iznosi:

$$E_{er}(UV - A + UV - B) = 0.325 W/m^2$$

što takođe odstupa od standardnih vrednosti.

Međutim, kada se uzme u obzir procenjena grešku merenja, može se zaključiti da aparat br.2 prema ovom modulu za ozračivanje (predeo glave) ispunjava kriterijume RTS-a i spada u Ic grupu. To znači da kao izvor zračenja za ozračivanje lica koristi standardne fluorescentne lampe, koje svoj biološki efekat ispoljavaju preko UV-A zračenja velikog intenziteta sa malim udelom UV-B zračenja ( $U_{UV-B} < 1\%$ ).

Prema (7.1) Faktor Sunca koji utiče na pojavu eritema  $f_{SE}$  iznosi:

$$f_{SE} = \frac{0.325 \text{ W/m}^2}{0.3 \text{ W/m}^2} = 1.08 \approx 1$$

Faktor Sunca koji utiče na pojavu eritema je u ovom slučaju približno jednak jedinici, što znači da je biološko dejstvo ovog modula za ozračivanje približno jednako biološkom dejstvu najintenzivnijeg Sunčevog zračenja.

Prema (7.2-7.5) dobijamo:

$$t_{1er} = \frac{100 \text{ J/m}^2}{0.325 \text{ W/m}^2} = 5.13 \text{ min} \approx 5 \text{ min}$$

$$t_{Ser} = \frac{250 \text{ J/m}^2}{0.325 \text{ W/m}^2} = 12.8 \text{ min} \approx 13 \text{ min (za tip kože 2);}$$

$$t_{Ser} = \frac{350 \text{ J/m}^2}{0.325 \text{ W/m}^2} = 17.9 \text{ min} \approx 18 \text{ min (za tip kože 3);}$$

$$t_{Ser} = \frac{450 \text{ J/m}^2}{0.325 \text{ W/m}^2} = 23 \text{ min (za tip kože 4).}$$

U Tabeli 9 su date spektralne karakteristike aparata br.2 (Ergoline TURBO POWER 600 AVANGARDA) u predelu glave (lica).

**Tabela 9**

Spektralne karakteristike aparata br.2 (Ergoline TURBO POWER 600 AVANGARDA) u predelu glave (lica).

| $E_{er}(\text{UV-A})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $E_{er}(\text{UV-B})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $E_{er}(\text{UV-A+UV-B})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $f_{SE}$ | $t_{1er}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 0.320                                        | 0.005                                        | 0.325                                             | 1        | 5                  | 13                 | 18                 | 23                 |

Prema ovom modulu za ozračivanje oznaka aparata br.2 bi glasila:

**”aparat za ozračivanje” XL-1-grupa I<sub>C</sub>.**

2) Na Slici 8.10 je grafički predstavljen snimljeni spektar zračenja aparata br.2 u predelu ramena. Intenzitet UV-A zračenja  $I_{UV-A}$  ovog modula za ozračivanje u W/m<sup>2</sup> iznosi:

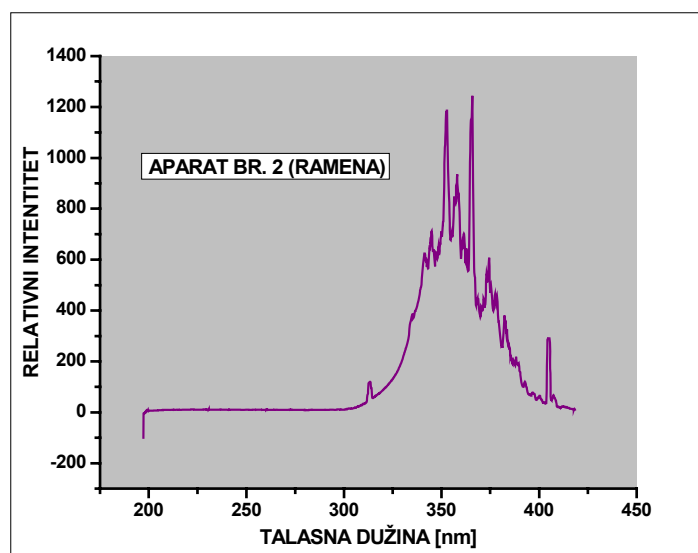
$$I_{UV-A} = 163.6 \text{ W/m}^2$$

Intenzitet UV-B zračenja  $I_{UV-B}$  ovog modula za ozračivanje u W/m<sup>2</sup> iznosi:

$$I_{UV-B} = 10.43 \text{ W/m}^2$$

Udeo UV-B zračenja u ukupnom UV spektru ovog aparata u predelu ramena je:

$$U_{UV-B} = \frac{I_{UV-B}}{I_{UV-A} + I_{UV-B}} \cdot 100 = 6 \%$$

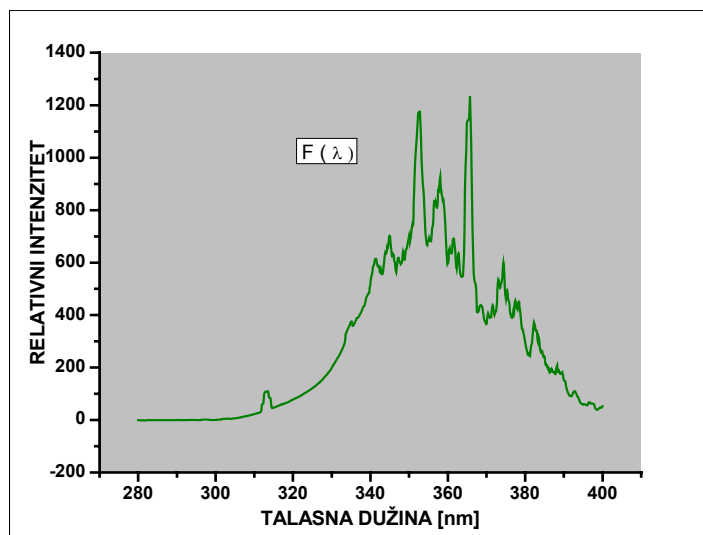


Sl. 8.10. Spektar zračenja aparata br.2 (Ergoline TURBO POWER 600 AVANGARDA) u predelu ramena

Ukupan intenzitet UV zračenja  $I_{AB}$  ovog modula za ozračivanje u  $W/m^2$  iznosi:

$$I_{AB} = 174.03 W/m^2$$

Na Slici 8.11 je prikazan spektar zračenja ovog modula za ozračivanje u intervalu talasnih dužina od 280-400 nm kod koga je oduzet ofset od 10 rel.jed. Ovaj spektar predstavlja spektar UV zračenja aparata br.2 u predelu ramena kojim se klijent izlaže.



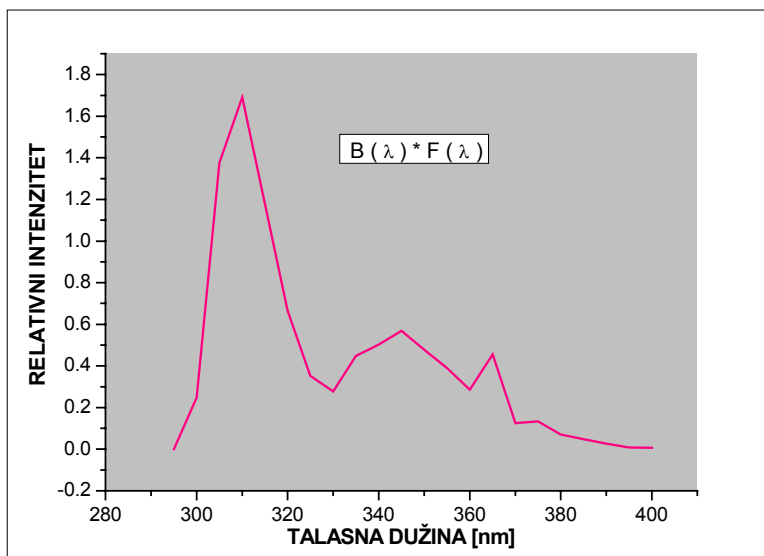
Sl. 8.11 Spektar zračenja aparata br.2 (Ergoline TURBO POWER 600 AVANGARDA) u predelu ramena kod koga je oduzet offset

Prema (8.1) ukupan intenzitet UV zračenja  $I_{AB}$  ovog modula za ozračivanje u relativnim jedinicama iznosi:

$$I_{AB} = 33888$$

Realan biološki aktivan spektar ovog modula za ozračivanje je prikazan na Slici 8.12. Prema (8.2) intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema  $E_{er,aparata}$  dat u rlativnim jedinicama iznosi:

$$E_{er,aparata} = 46$$



Sl.8.12. Realan biološki aktivan spektar aparata br.2 (Ergoline TURBO POWER 600 AVANGARDA) u predelu ramena

Intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u UV-A oblasti  $E_{er}$  (UV-A) izražen u  $W/m^2$  je prema (8.4):

$$E_{er}(UV - A) = \frac{38.95 \cdot 163.6 \text{ W/m}^2}{33888} = 0.222 \text{ W/m}^2$$

Prema (8.6) intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u UV-B oblasti  $E_{er}$  (UV-B) izražen u  $W/m^2$  je:

$$E_{er}(UV - B) = \frac{38.95 \cdot 10.43 \text{ W/m}^2}{33888} = 0.014 \text{ W/m}^2$$

Ukupan intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema ovog modula za ozračivanje  $E_{er}$  (UV-A+UV-B) prema 8.4 iznosi:

$$E_{er}(UV - A + UV - B) = 0.236 \text{ W/m}^2$$

Na osnovu  $E_{er}$  (UV-A),  $E_{er}$  (UV-B) i  $E_{er}$  (UV-A+UV-B) ovog modula za ozračivanje aparat br.2 prema spektralnoj raspodeli spada u Ic grupu. To znači da kao izvor zračenja za ozračivanje ramena koristi standardne fluorescentne lampe.

Prema 7.1 Faktor Sunca koj utiče na pojavu eritema iznosi:

$$f_{SE} = \frac{0.222 \text{ W/m}^2}{0.3 \text{ W/m}^2} = 0.8 < 1$$

Faktor Sunca koji utiče na pojavu eritema je u ovom slučaju manji od jedinice, što znači da je biološko dejstvo ovog modula za ozračivanje manje od biološkog dejstva najintenzivnijeg Sunčevog zračenja.

$$t_{1er} = \frac{100 \text{ J/m}^2}{0.222 \text{ W/m}^2} = 7 \text{ min}$$

$$t_{Ser} = \frac{250 \text{ J/m}^2}{0.222 \text{ W/m}^2} = 17.6 \text{ min} \approx 18 \text{ min} \text{ (za tip kože 2);}$$

$$t_{Ser} = \frac{350 \text{ J/m}^2}{0.222 \text{ W/m}^2} = 24.7 \text{ min} \approx 25 \text{ min} \text{ (za tip kože 3);}$$

$$t_{Ser} = \frac{450 \text{ J/m}^2}{0.222 \text{ W/m}^2} = 31.8 \text{ min} \approx 32 \text{ min} \text{ (za tip kože 4).}$$

U Tabeli 10 su date spektralne karakteristike aparata br.2 (Ergoline TURBO POWER 600 AVANGARDA) u predelu ramena.

**Tabela 10**

Spektralne karakteristike aparata br.2 (Ergoline TURBO POWER 600 AVANGARDA) u predelu ramena

| $E_{er}(\text{UV-A})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $E_{er}(\text{UV-B})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $E_{er}(\text{UV-A+UV-B})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $f_{SE}$ | $t_{1er}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 0.222                                        | 0.014                                        | 0.236                                             | 0.8      | 7                  | 18                 | 25                 | 32                 |

Prema ovom modulu za ozračivanje oznaka aparata br.2 bi glasila:

**”aparat za ozračivanje” XL-0.8-grupa Ic.**

3) Na Slici 8.13 je grafički prikazan snimljeni spektar zračenja aparata br.2 u predelu trupa.

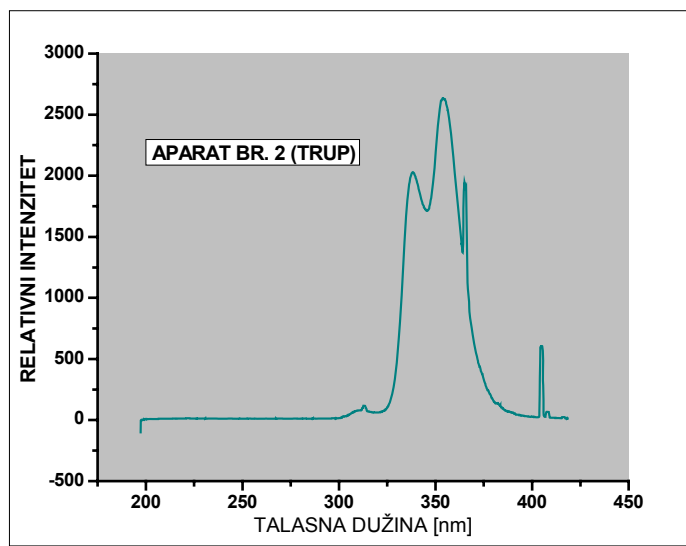
$$I_{UV-A} = 123 \text{ W/m}^2$$

$$I_{UV-B} = 10.44 \text{ W/m}^2$$

$$U_{UV-B} = \frac{I_{UV-B}}{I_{UV-A} + I_{UV-B}} \cdot 100 = 7.8\%$$

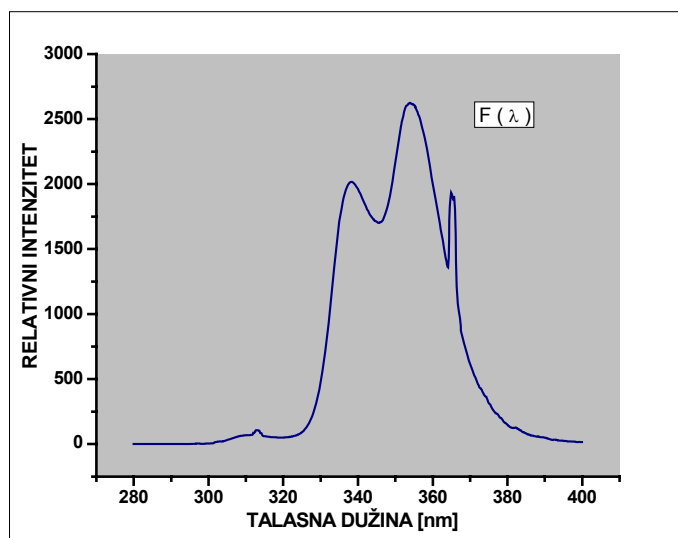
Ukupan intenzitet UV zračenja  $I_{AB}$  ovog modula za ozračivanje u  $W/m^2$  iznosi:

$$I_{AB} = 133.44 W/m^2$$



Sl. 8.13 Spektar zračenja aparata br.2 (Ergoline TURBO POWER 600 AVANGARDA) u predelu trupa

Na Slici 8.14 je prikazan spektar zračenja ovog modula za ozračivanje u intervalu talasnih dužina od 280-400 nm kod koga je oduzet ofset od 11 rel.jed. Ovaj spektar predstavlja spektar UV zračenja aparata br.2 u predelu trupa kojim se klijent izlaže.



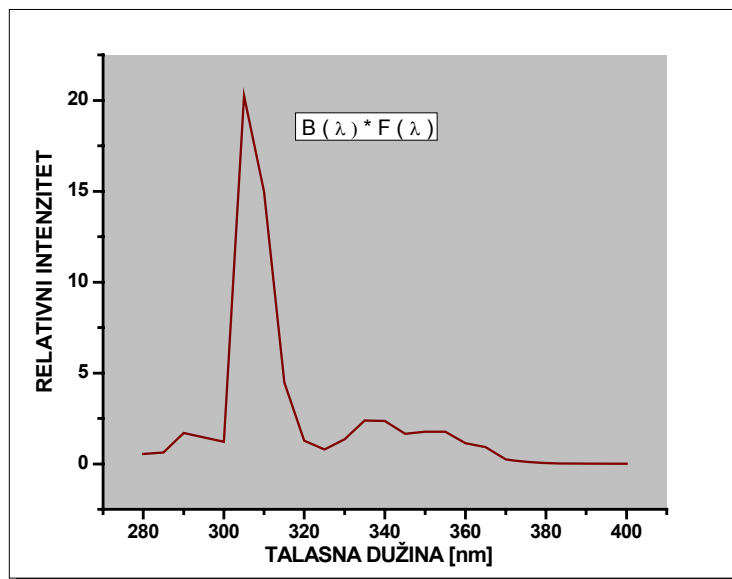
Sl. 8.14. Spektar zračenja aparata br.2 (Ergoline TURBO POWER 600 AVANGARDA) u predelu trupa kod koga je oduzet offset

Ukupan intenzitet UV zračenja ovog modula za ozračivanje u relativnim jedinicama iznosi:

$$I_{AB} = 78525$$

Realan biološki aktivan spektar ovog modula za ozračivanje predstavljen je na Slici 8.15. Intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema  $E_{er,aparata}$  dat u rlativnim jedinicama iznosi:

$$E_{er,aparata} = 304$$



Sl. 8.15. Realan biološki aktivan spektar aparata br.2 (Ergoline TURBO POWER 600 AVANGARDA) u predelu trupa

Intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u UV-A oblasti  $E_{er}$  (UV-A) izražen u  $W/m^2$  je:

$$E_{er}(UV - A) = 0.476 W/m^2$$

što znatno odstupa od dozvoljenih vrednosti. Intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u UV-B oblasti  $E_{er}$  (UV-B) izražen u  $W/m^2$  je:

$$E_{er}(UV - B) = 0.04 W/m^2$$

Ukupan intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema ovog modula za ozračivanje iznosi:

$$E_{er}(UV - A + UV - B) = 0.516 W/m^2$$

što takođe odstupa od standardnih vrednosti. Ova odstupanja intenziteta zračenja se javljaju iz dva razloga: usled oštećenja filtera posmatranog modula za ozračivanje ili usled nekorišćenja originalnih rezervnih optičkih delova, odnosno rezervnih optičkih delova koje preporučuje proizvođač aparata.

S obzirom na veliki intenzitet UV-A zračenja i vrednosti intenziteta UV-B zračenja ovog modula za ozračivanje, može se zaključiti da aparat br.2 spada u Ic grupu. To znači da kao izvor zračenja za ozračivanje trupa koristi standardne fluorescentne lampe.

Ostale spektralne veličine ovog modula za ozračivanje iznose:

$$f_{SE} = \frac{0.516 \text{ W/m}^2}{0.3 \text{ W/m}^2} = 1.72 \approx 1.7 > 1$$

Faktor Sunca koji utiče na pojavu eritema je u ovom slučaju 1.7 puta veći od jedinice, što znači da je biološko dejstvo ovog modula za ozračivanje 1.7 puta veće od biološkog dejstva najintenzivnijeg Sunčevog zračenja.

$$t_{1er} = \frac{100 \text{ J/m}^2}{0.516 \text{ W/m}^2} = 3 \text{ min}$$

$$t_{Ser} = \frac{250 \text{ J/m}^2}{0.516 \text{ W/m}^2} = 8 \text{ min (za tip kože 2);}$$

$$t_{Ser} = \frac{350 \text{ J/m}^2}{0.516 \text{ W/m}^2} = 11 \text{ min (za tip kože 3);}$$

$$t_{Ser} = \frac{450 \text{ J/m}^2}{0.516 \text{ W/m}^2} = 14.5 \text{ min (za tip kože 4).}$$

Spektralne karakteristike aparata br.2 (Ergoline TURBO POWER 600 AVANGARDA) u predelu trupa date su u Tabeli 11.

**Tabela 11**

Spektralne karakteristike aparata br. 2 (Ergoline TURBO POWER 600 AVANGARDA) u predelu trupa

| $E_{er}(\text{UV-A})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $E_{er}(\text{UV-B})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $E_{er}(\text{UV-A+UV-B})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $f_{SE}$ | $t_{1er}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 0.476                                        | 0.04                                         | 0.516                                             | 1.7      | 3                  | 8                  | 11                 | 14.5               |

Prema ovom modulu za ozračivanje oznaka aparata br.2 bi glasila:

**1. "aparat za ozračivanje" XL-1.7-grupa Ic.**

Aparat br.2 prema spektralnim karakteristikama sva tri svoja modula za ozračivanje spada u Ic grupu aparata sa izvesnim odstupanjima u predelu trupa. S obzirom da se kod aparata sa više modula za ozračivanje podatak o graničnom vremenu ozračivanja odnosi na modul sa najvećim dejstvom na pojavu eritema, ostale oznake na aparatu br.2 (Ergoline TURBO POWER 600 AVANGARDA) bi glasile:

**2. maksimalno vreme trajanja prvog ozračivanja: 3 min**

**3. granično vreme ozračivanja:**

**tip kože 2: 8 min; tip kože 3: 11 min; tip kože 4: 14.5 min**

- **Aparat br. 3 (Ergoline OPEN SUN A.R.T. 450)**

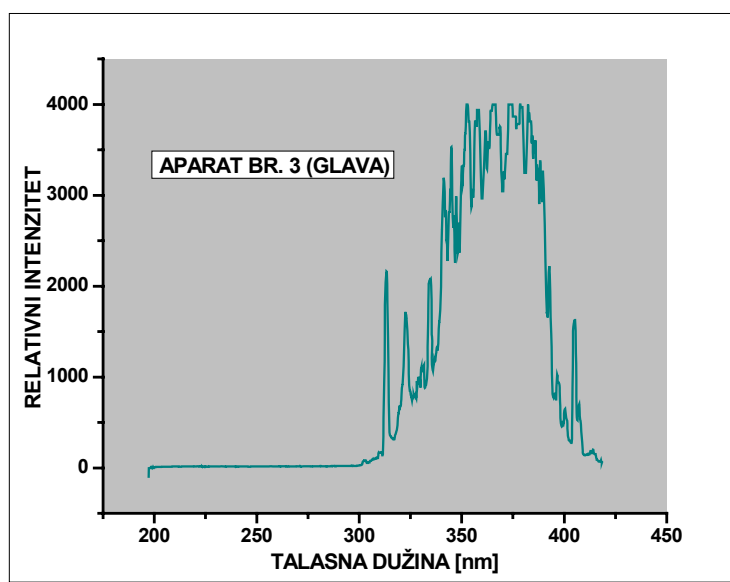
Ergoline OPEN SUN A.R.T. 450 je ležeći solarijum otvorenog tipa. Prema veličini korisne površine spada u aparate za obostrano ozračivanje tela (kratka oznaka: XL). Kao izvor zračenja koristi jednodielne fluorescentne lampe u predelu trupa sa posebnim lampama visokog pritiska za ozračivanje lica, tako da ima dva modula za ozračivanje i dve korisne površine.

U Tabeli 12 su date izmerene vrednosti intenziteta UV-B i UV-A zračenja ovog aparata za dva različita segmenta: predeo glave (lica) i predeo trupa. UV-C zračenje nije registrovano.

**Tabela 12**  
Intenzitet zračenja aparata br. 3  
(Ergoline OPEN SUN A.R.T. 450)

| INTENZITET ZRAČENJA<br>[mW/cm <sup>2</sup> ] |        |       |             |
|----------------------------------------------|--------|-------|-------------|
|                                              | UV-A   | UV-B  | UV-A + UV-B |
| GLAVA                                        | 13.700 | 0.342 | 14.042      |
| TRUP                                         | 14.000 | 0.603 | 14.603      |

1) Na slici 8.16 je grafički prikazan snimljeni spektar zračenja aparata br.3 u predelu glave (lica).



Sl.8.16. Spektar zračenja aparata br.3 (Ergoline OPEN SUN A.R.T. 450) u predelu glave (lica)

$$I_{UV-A} = 137 \text{ W/m}^2$$

$$I_{UV-B} = 3.42 \text{ W/m}^2$$

$$U_{UV-B} = \frac{I_{UV-B}}{I_{UV-A} + I_{UV-B}} \cdot 100 = 2.4\%$$

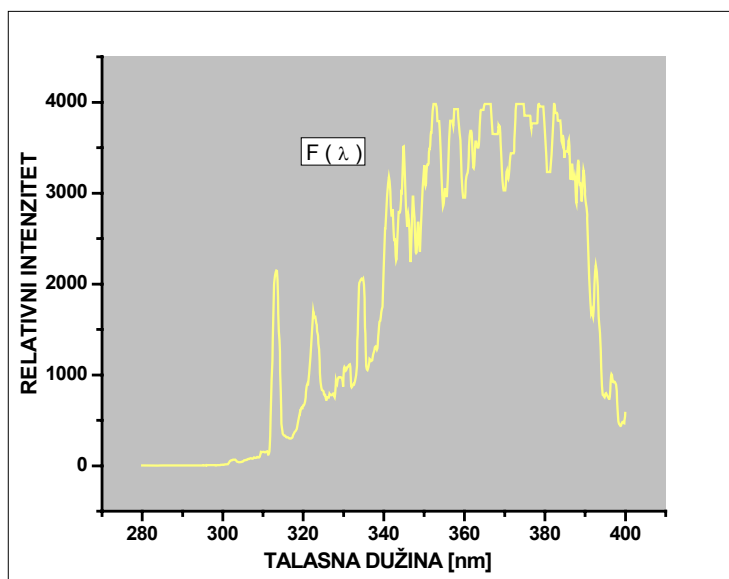
Ukupan intenzitet UV zračenja ovog modula za ozračivanje u  $\text{W/m}^2$  iznosi:

$$I_{AB} = 140.42 \text{ W/m}^2$$

Spektar zračenja ovog modula za ozračivanje u intervalu talasnih dužina od 280-400 nm kod koga je oduzet offset od 16 rel.jed. prikazan je na Slici 8.17. Ovaj spektar predstavlja spektar UV zračenja aparata br.3 u predelu glave (lica) kojim se klijent izlaže.

Ukupan intenzitet UV zračenja ovog modula za ozračivanje u relativnim jedinicama iznosi:

$$I_{AB} = 213500$$



Sl. 8.17. Spektar zračenja aparata br.3 (Ergoline OPEN SUN A.R.T. 450) u predelu glave (lica) kod koga je oduzet offset

Realan biološki aktivan spektar ovog modula za ozračivanje predstavljen je na Slici 8.18. Intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema  $E_{er,aparata}$  dat u relativnim jedinicama iznosi:

$$E_{er,aparata} = 406$$

Intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u UV-A oblasti dat u  $\text{W/m}^2$  iznosi:

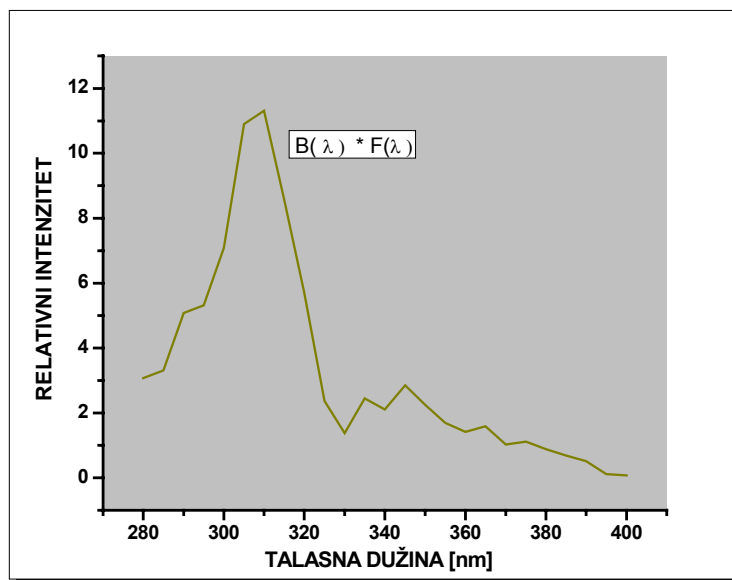
$$E_{er}(UV-A) = 0.260 \text{ W/m}^2$$

Intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u UV-B oblasti izražen u  $\text{W/m}^2$  je:

$$E_{er}(UV - B) = 0.0065 \text{ W/m}^2$$

Ukupan intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema ovog modula za ozračivanje iznosi:

$$E_{er}(UV - A + UV - B) = 0.267 \text{ W/m}^2$$



Sl. 8.18. Realan biološki aktivan spektar aparata br.3 (Ergoline OPEN SUN A.R.T. 450) u predelu glave (lica)

Prema spektralnoj raspodeli ovog modula za ozračivanje aparat br.3 spada u Ic grupu.

$$f_{SE} = \frac{0.267 \text{ W/m}^2}{0.3 \text{ W/m}^2} = 0.89 \approx 0.9 < 1$$

Faktor Sunca koji utiče na pojavu eritema je u ovom slučaju manji od jedinice, što znači da je biološko dejstvo ovog modula za ozračivanje manje od biološkog dejstva najintenzivnijeg Sunčevog zračenja.

$$t_{1er} = \frac{100 \text{ J/m}^2}{0.267 \text{ W/m}^2} = 6 \text{ min}$$

$$t_{Ser} = \frac{250 \text{ J/m}^2}{0.267 \text{ W/m}^2} = 15.6 \text{ min} \approx 17 \text{ min (za tip kože 2);}$$

$$t_{Ser} = \frac{350 \text{ J/m}^2}{0.267 \text{ W/m}^2} = 21.8 \text{ min} \approx 22 \text{ min (za tip kože 3);}$$

$$t_{Ser} = \frac{450 \text{ J/m}^2}{0.267 \text{ W/m}^2} = 28 \text{ min (za tip kože 4).}$$

Spektralne karakteristike aparata br.3 (Ergoline OPEN SUN A.R.T. 450) u predelu glave (lica) su date u Tabeli 13.

Tabela 13

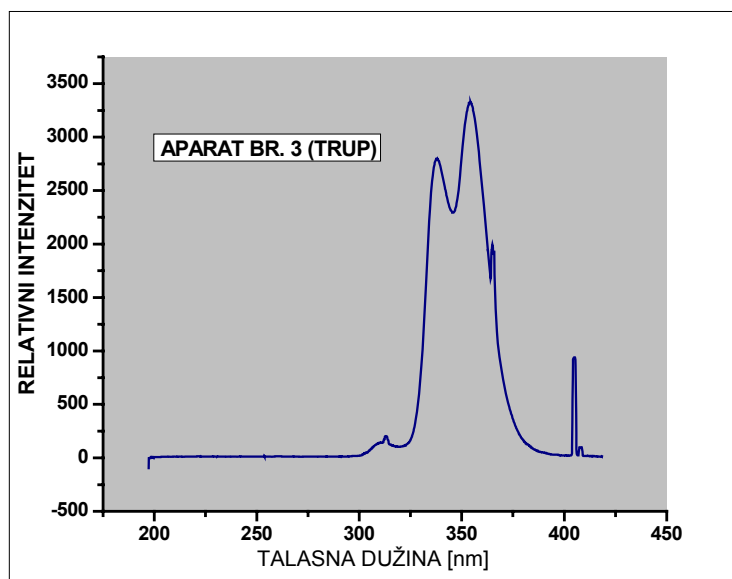
Spektralne karakteristike aparata br.3 (Ergoline OPEN SUN A.R.T. 450) u predelu glave (lica)

| $E_{er}(\text{UV-A})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $E_{er}(\text{UV-B})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $E_{er}(\text{UV-A+UV-B})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $f_{SE}$ | $t_{1er}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 0.260                                        | 0.0065                                       | 0.267                                             | 0.9      | 6                  | 17                 | 22                 | 28                 |

Prema ovom modulu za ozračivanje oznaka aparata br.3 bi glasila:

”aparat za ozračivanje” XL-0.9-grupa I<sub>C</sub>.

2) Snimljeni spektar zračenja aparata br. 3 u predelu trupa prikazan je na Slici 8.19.



Sl. 8.19. Spektar zračenja aparata br. 3 (Ergoline OPEN SUN A.R.T. 450) u predelu trupa

$$I_{UV-A} = 140 \text{ W/m}^2$$

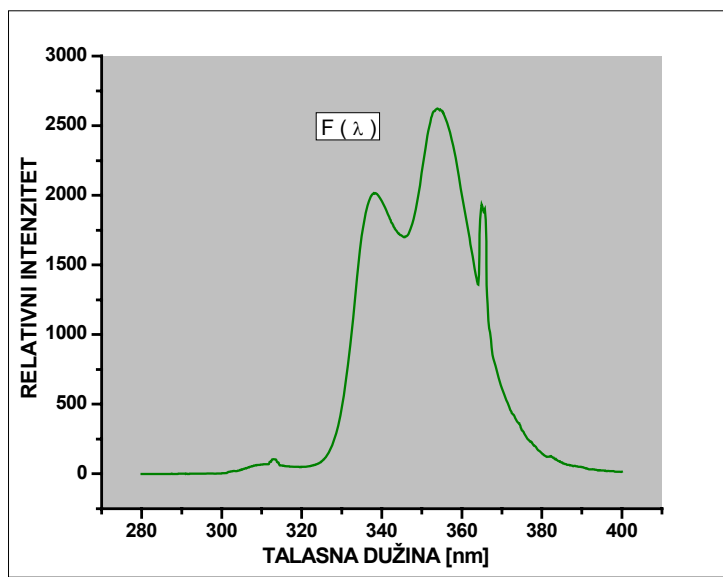
$$I_{UV-B} = 6.03 \text{ W/m}^2$$

$$U_{UV-B} = \frac{I_{UV-B}}{I_{UV-A} + I_{UV-B}} \cdot 100 = 4.13\%$$

Ukupan intenzitet UV zračenja ovog modula za ozračivanje u W/m<sup>2</sup> iznosi:

$$I_{AB} = 146.03 \text{ W/m}^2$$

Spektar zračenja ovog modula za ozračivanje u intervalu talasnih dužina od 280-400 nm kod koga je oduzet ofset od 12 rel.jed. prikazan je na Slici 8.20. Ovaj spektar predstavlja spektar UV zračenja aparata br.3 u predelu trupa kojim se klijent izlaže.



Sl.8.20. Spektar zračenja aparata br. 3 (Ergoline OPEN SUN A.R.T. 450) u predelu trupa kod koga je oduzet ofset

Ukupan intenzitet UV zračenja ovog modula za ozračivanje u relativnim jedinicama iznosi:

$$I_{AB} = 102187$$

Realan biološki aktivan spektar ovog modula za ozračivanje predstavljen je na Slici 8.21. Intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema dat u relativnim jedinicama iznosi:

$$E_{er,aparata} = 257$$

Intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u UV-A oblasti dat u  $W/m^2$  iznosi:

$$E_{er}(UV - A) = 0.352 W/m^2$$

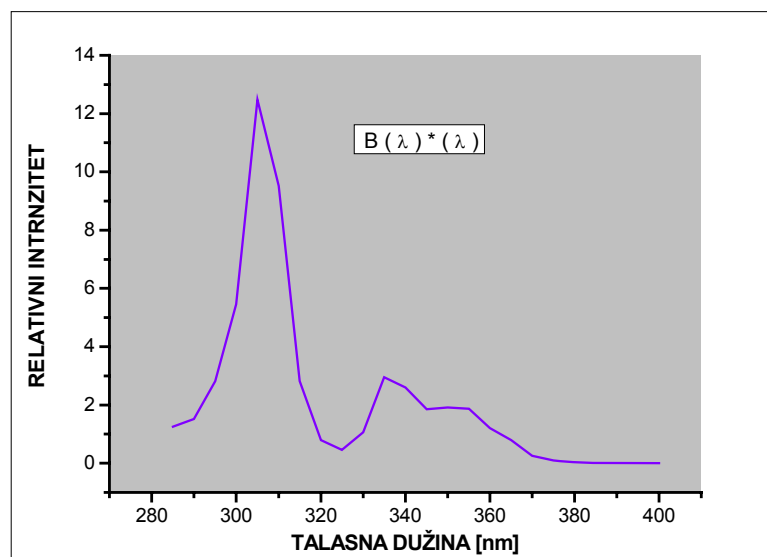
što odstupa od dozvoljenih vrednosti. Intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u UV-B oblasti izražen u  $W/m^2$  iznosi:

$$E_{er}(UV - B) = 0.015 W/m^2$$

Ukupan intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema ovog modula za ozračivanje iznosi:

$$E_{er}(UV - A + UV - B) = 0.367 W/m^2$$

što takođe odstupa od standardnih vrednosti.



Sl. 8.21. Realan biološki aktivan spektar aparata br. 3 (Ergoline OPEN SUN A.R.T. 450) u predelu trupa

Međutim, s obzirom na veliki intenzitet UV-A zračenja i vrednosti UV-B zračenja, može se zaključiti da aparat br.3 prema ovom modulu za ozračivanje spada u Ic grupu.

Faktor Sunca koji utiče na pojavu ertema ovog modula za ozračivanje je:

$$f_{SE} = \frac{0.367 \text{ W/m}^2}{0.3 \text{ W/m}^2} = 1.2 > 1$$

Faktor Sunca koji utiče na pojavu eritema je u ovom slučaju 1.2 puta veći od jedinice, što znači da je biološko dejstvo ovog modula za ozračivanje 1.2 puta veće od biološkog dejstva najintenzivnijeg Sunčevog zračenja.

$$t_{1er} = \frac{100 \text{ J/m}^2}{0.367 \text{ W/m}^2} = 4.5 \text{ min}$$

$$t_{Ser} = \frac{250 \text{ J/m}^2}{0.367 \text{ W/m}^2} = 11.4 \text{ min} \approx 11 \text{ min (za tip kože 2);}$$

$$t_{Ser} = \frac{350 \text{ J/m}^2}{0.367 \text{ W/m}^2} = 15.9 \text{ min} \approx 16 \text{ min (za tip kože 3);}$$

$$t_{Ser} = \frac{450 \text{ J/m}^2}{0.367 \text{ W/m}^2} = 20.4 \text{ min} \approx 20 \text{ min (za tip kože 4).}$$

U Tabeli 14 su date spektralne karakteristike aparata br.3 (Ergoline OPEN SUN A.R.T. 450) u predelu trupa.

Tabela 14

Spektralne karakteristike aparata br.3 (Ergoline OPEN SUN A.R.T. 450) u predelu trupa

| $E_{er}(UV-A)$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $E_{er}(UV-B)$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $E_{er}(UV-A+UV-B)$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $f_{SE}$ | $t_{1er}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] |
|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------|----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 0.352                                 | 0.015                                 | 0.367                                      | 1.2      | 4.5                | 11                 | 16                 | 20                 |

Prema ovom modulu za ozračivanje oznaka aparata br.3 bi glasila:

**1. "aparat za ozračivanje" XL-1.2-grupa I<sub>C</sub>.**

Vidimo da aparat br.3 (Ergoline OPEN SUN A.R.T. 450) prema spektralnoj raspodeli oba svoja modula za ozračivanje spada u I<sub>C</sub> grupu sa izvesnim odstupanjima u predelu trupa. Ostale oznake na ovom aparatu bi glasile:

**2. maksimalno vreme trajanja prvog ozračivanja: 4.5 min**

**3. granično vreme ozračivanja:**

**tip kože 2: 11 min; tip kože 3: 16 min; tip kože 4: 20 min**

• **Aparat br. 4 (CPS +)**

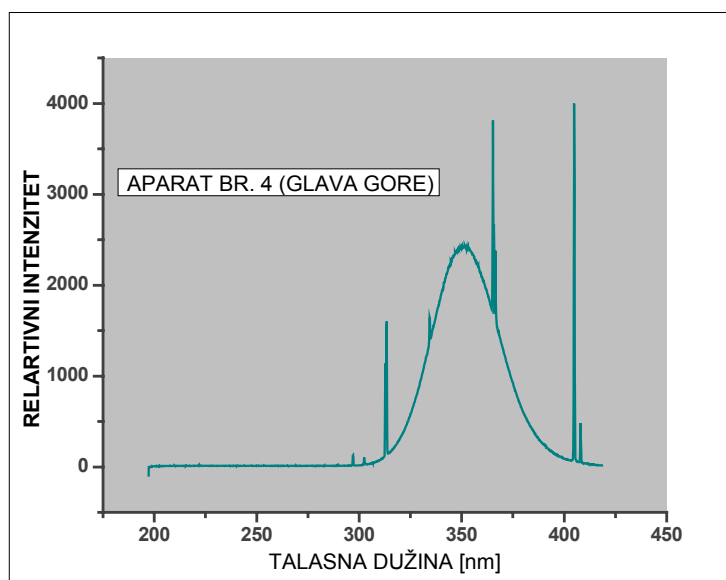
Ovo je ležeći solarijum zatvorenog tipa. Prema veličini korisne površine spada u aparate za obostrano ozračivanje tela (kratka oznaka: XL). Kao izvor zračenja koristi fluorescentne lampe istog tipa (REVOLUTION S100 17094) koje su podeljenje na tri segmenta: predeo glave, trupa i nogu.

U Tabeli 15 su date izmerene vrednosti intenziteta UV-B i UV-A zračenja ovog aparata za tri različita segmenta: predeo glave (lica), predeo trupa i predeo nogu, s tim da su u ovom slučaju sonde pri merenju intenziteta i snimanju spektra zračenja postavljane na dva načina: kada su okrenute prema gore tako da mere intenzitet i snimaju spektar zračenja lampi iznad ležeće površine i kada su okrenute prema dole tako da mere intenzitet i snimanju spektar zračenja lampi ispod ležeće površine. Veće vrednosti intenziteta UV-B i UV-A zračenja koje se dobijaju kada je sonda okrenuta prema dole, posledica su toga što se "donje" lampe nalaze na manjem rastojanju (bliže) od ležeće površine u odnosu na "gornje" lampe. S obzirom da se u sva tri segmenta radi o fluorescentnim lampama istog tipa, pri merenju intenziteta UV-B zračenja i snimanju spektra u slučaju kada je sonda okrenuta prema dole, izvršeno je samo jedno merenje i jedno snimanje u predelu trupa, koje je korišćeno pri određivanju spektralnih karakteristika sva tri segmenta.

**Tabela 15**  
Intenzitet zračenja aparata br.4  
(CPS+)

|       |      | INTENZITET ZRAČENJA<br>[mW/cm <sup>2</sup> ] |       |             |
|-------|------|----------------------------------------------|-------|-------------|
|       |      | UV-A                                         | UV-B  | UV-A + UV-B |
| GLAVA | GORE | 5.500                                        | 0.442 | 5.942       |
|       | DOLE | 7.660                                        | 0.595 | 8.255       |
| TRUP  | GORE | 7.760                                        | 0.545 | 8.305       |
|       | DOLE | 10.190                                       | 0.595 | 10.785      |
| NOGE  | GORE | 6.380                                        | 0.508 | 6.888       |
|       | DOLE | 9.560                                        | 0.595 | 10.155      |

1) a) Na Slici 8.22 je grafički preikazan snimljeni spektar zračenja aparata br.4 u predelu glave (lica) kada je sonda okrenuta prema gore.



Sl. 8.22. Spektar zračenja aparata br.4 (CPS +) u predelu glave (lica) kada je sonda okrenuta prema gore

$$I_{UV-A} = 55 \text{ W/m}^2$$

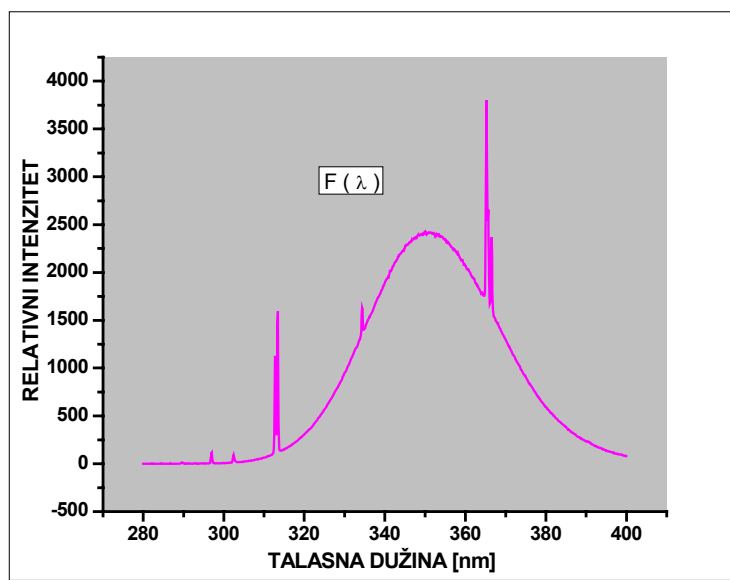
$$I_{UV-B} = 4.42 \text{ W/m}^2$$

$$U_{UV-B} = \frac{I_{UV-B}}{I_{UV-A} + I_{UV-B}} \cdot 100 = 7.4\%$$

Ukupan intenzitet UV zračenja ovog modula za ozračivanje u W/m<sup>2</sup> iznosi:

$$I_{AB} = 59.42 \text{ W/m}^2$$

Spektar zračenja ovog modula za ozračivanje u intervalu talasnih dužina od 280-400 nm kod koga je oduzet ofset od 11 rel.jed. prikazan je na Slici 8.23. Ovaj spektar predstavlja spektar UV zračenja aparata br.4 u predelu glave (gore) kojim se klijent izlaže.



Sl. 8.23. Spektar zračenja aparata br.4 (CPS +) u predelu glave (gore) kod koga je oduzet ofset

Ukupan intenzitet UV zračenja ovog modula za ozračivanje u relativnim jedinicama iznosi:

$$I_{AB} = 101280$$

Realan biološki aktivan spektar ovog modula za ozračivanje predstavljen je na Slici 8.24. Intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema dat u relativnim jedinicama iznosi:

$$E_{er,aparata} = 203.9$$

Intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u UV-A oblasti dat u  $\text{W/m}^2$  iznosi:

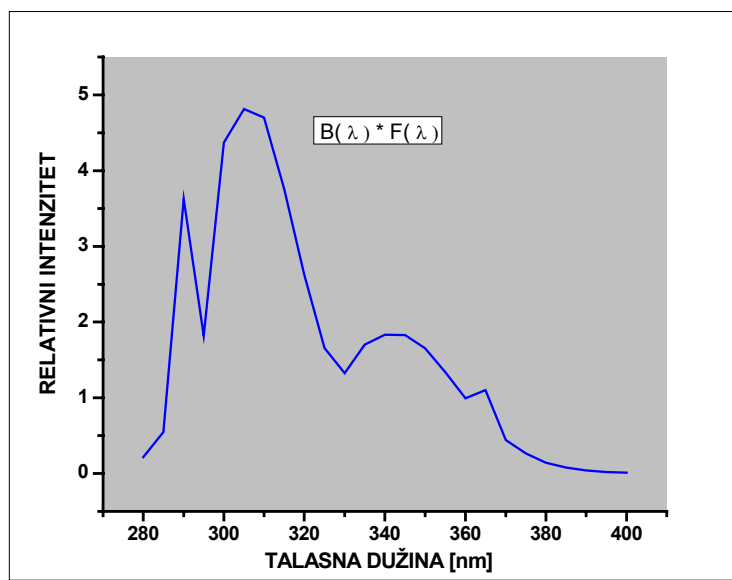
$$E_{er}(\text{UV} - \text{A}) = 0.11 \text{ W/m}^2$$

Intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u UV-B oblasti izražen u  $\text{W/m}^2$  iznosi:

$$E_{er}(\text{UV} - \text{B}) = 0.009 \text{ W/m}^2$$

Ukupan intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema ovog modula za ozračivanje iznosi:

$$E_{er}(\text{UV} - \text{A} + \text{UV} - \text{B}) = 0.119 \text{ W/m}^2$$



Sl. 8.24. Realan biološki aktivan spektar aparata br.4 (CPS +) u predelu glave (gore)

Na osnovu dobijenih rezultata se može zaključiti da prema spektralnoj raspodeli aparat br.4 u predelu glave (gore) spada u Id grupu. To znači da svoje biološko dejstvo ostvaruje preko UV-B zračenja i ograničenog intenziteta UV-A zračenja.

Ostale spektralne karakteristike ovog modula za ozračivanje iznose:

$$f_{SE} = \frac{0.119 \text{ W/m}^2}{0.3 \text{ W/m}^2} = 0.4$$

Faktor Sunca koji utiče na pojavu eritema je u ovom slučaju manji od jedinice, što znači da je biološko dejstvo ovog modula za ozračivanje manje od biološkog dejstva najintenzivnijeg Sunčevog zračenja.

$$t_{1er} = \frac{100 \text{ J/m}^2}{0.119 \text{ W/m}^2} = 14 \text{ min}$$

$$t_{Ser} = \frac{250 \text{ J/m}^2}{0.119 \text{ W/m}^2} = 35 \text{ min (za tip kože 2);}$$

$$t_{Ser} = \frac{350 \text{ J/m}^2}{0.119 \text{ W/m}^2} = 49 \text{ min (za tip kože 3);}$$

$$t_{Ser} = \frac{450 \text{ J/m}^2}{0.119 \text{ W/m}^2} = 63 \text{ min} \approx 1 \text{ h (za tip kože 4).}$$

U Tabeli 16 su date spektralne karakteristike aparata br.4 (CPS +) u predelu glave (gore).

Tabela 16

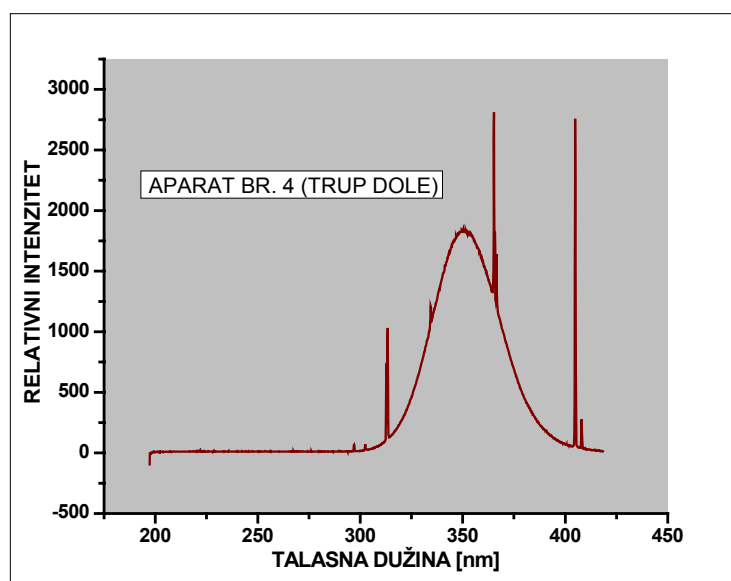
Spektralne karakteristike aparata br.4 (CPS +) u predelu glave (gore)

| $E_{er}(UV-A)$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $E_{er}(UV-B)$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $E_{er}(UV-A+UV-B)$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $f_{SE}$ | $t_{1er}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] |
|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------|----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 0.062                                 | 0.003                                 | 0.065                                      | 0.4      | 14                 | 35                 | 49                 | 63                 |

Prema ovom modulu za ozračivanje oznaka aparata br.4 bi glasila:

**”aparat za ozračivanje” XL-0.4-grupa Id.**

b) Snimljeni spektar zračenja (trup dole) koji koristimo za određivanje spektralnih karakteristika aparata br.4 u predelu glave (dole) prikazan je na Slici 8.25.



Sl.8.25. Snimljeni spektar zračenja aparata br.4 (CPS+) u predelu trupa kada je sonda okrenuta prema dole

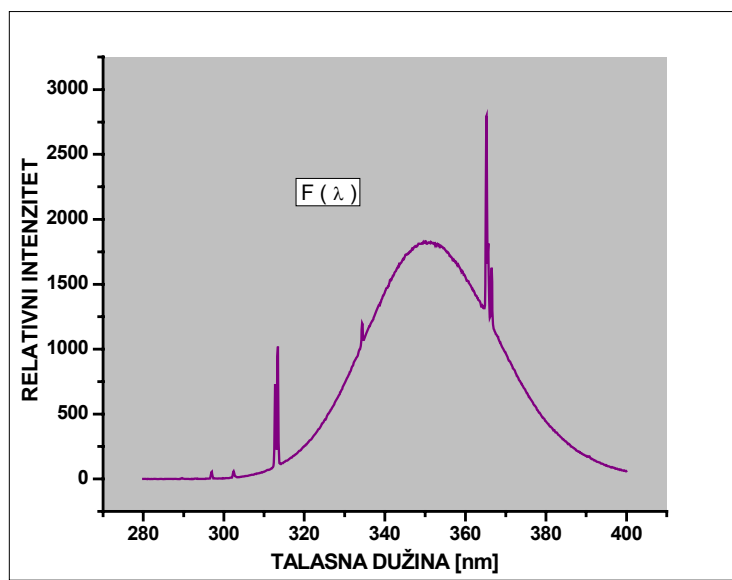
Spektar zračenja ovog modula za ozračivanje u intervalu talasnih dužina od 280-400 nm kod koga je oduzet ofset od 12 rel.jed. prikazan je na Slici 8.26 i predstavlja spektar UV zračenja aparata br.4 u predelu trupa (dole) kojim se klijent izlaže.

Ukupan intenzitet UV zračenja ovog modula za ozračivanje u relativnim jedinicama iznosi:

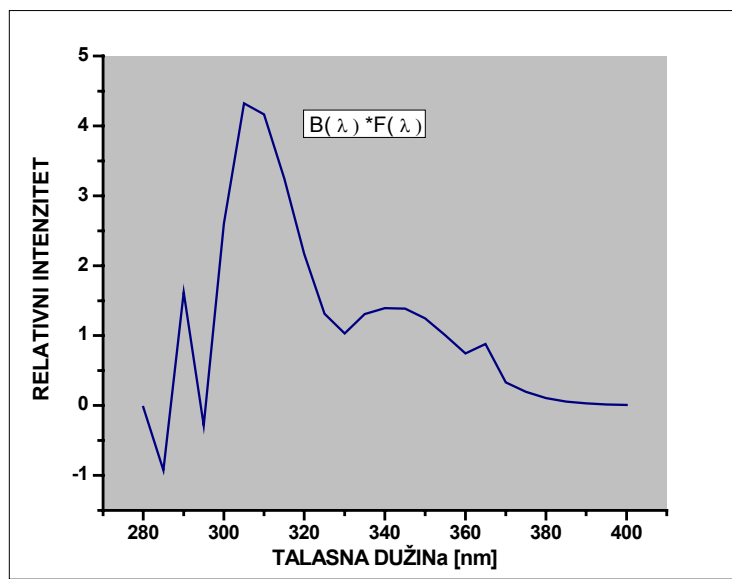
$$I_{AB} = 76515$$

Realan biološki aktivan spektar aparata br.4 u predelu trupa (dole) predstavljen je na Slici 8.27. Intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema dat u ralativnim jedinicama iznosi:

$$E_{er,aparata} = 139.8$$



Sl.8.26. Spektar zračenja aparata br.4 (CPS+) u predelu trupa (dole) kod koga je oduzet ofset



Sl.8.27. Realan biološki aktivan spektar aparata br.4 (CPS+) u predelu trupa (dole)  
Spektralne karakteristike aparata br.4 u predelu glave (dole) iznose:

$$I_{UV-A} = 76.6 \text{ W/m}^2$$

$$I_{UV-B} = 5.95 \text{ W/m}^2$$

$$U_{UV-B} = \frac{I_{UV-B}}{I_{UV-A} + I_{UV-B}} \cdot 100 = 7.2\%$$

Ukupan intenzitet UV zračenja aparata br. 4 u predelu glave (dole) u  $\text{W/m}^2$  iznosi:

$$I_{AB} = 82.55 \text{ W/m}^2$$

Intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u UV-A oblasti dat u  $\text{W/m}^2$  iznosi:

$$E_{er}(\text{UV} - \text{A}) = 0.14 \text{ W/m}^2$$

Intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u UV-B oblasti izražen u  $\text{W/m}^2$  iznosi:

$$E_{er}(\text{UV} - \text{B}) = 0.011 \text{ W/m}^2$$

Ukupan intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema ovog modula za ozračivanje iznosi:

$$E_{er}(\text{UV} - \text{A} + \text{UV} - \text{B}) = 0.151 \text{ W/m}^2$$

Na osnovu dobijenih rezultata se može zaključiti da prema spektralnoj raspodeli aparat br.4 u predelu glave (dole) takođe spada u Id grupu.

$$f_{SE} = \frac{0.151 \text{ W/m}^2}{0.3 \text{ W/m}^2} = 0.5 < 1$$

$$t_{1er} = \frac{100 \text{ J/m}^2}{0.151 \text{ W/m}^2} = 11 \text{ min}$$

$$t_{Ser} = \frac{250 \text{ J/m}^2}{0.151 \text{ W/m}^2} = 27.6 \text{ min} \approx 28 \text{ min (za tip kože 2);}$$

$$t_{Ser} = \frac{350 \text{ J/m}^2}{0.151 \text{ W/m}^2} = 38.6 \text{ min} \approx 39 \text{ min (za tip kože 3);}$$

$$t_{Ser} = \frac{450 \text{ J/m}^2}{0.151 \text{ W/m}^2} = 49.7 \text{ min} \approx 50 \text{ min (za tip kože 4).}$$

**Tabela 17**

Spektralne karakteristike aparata br.4 (CPS +) u predelu glave (dole)

| $E_{er}(\text{UV-A})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $E_{er}(\text{UV-B})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $E_{er}(\text{UV-A+UV-B})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $f_{SE}$ | $t_{1er}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 0.14                                         | 0.011                                        | 0.151                                             | 0.5      | 11                 | 28                 | 39                 | 50                 |

Prema ovom modulu za ozračivanje oznaka aparata br.4 bi glasila:

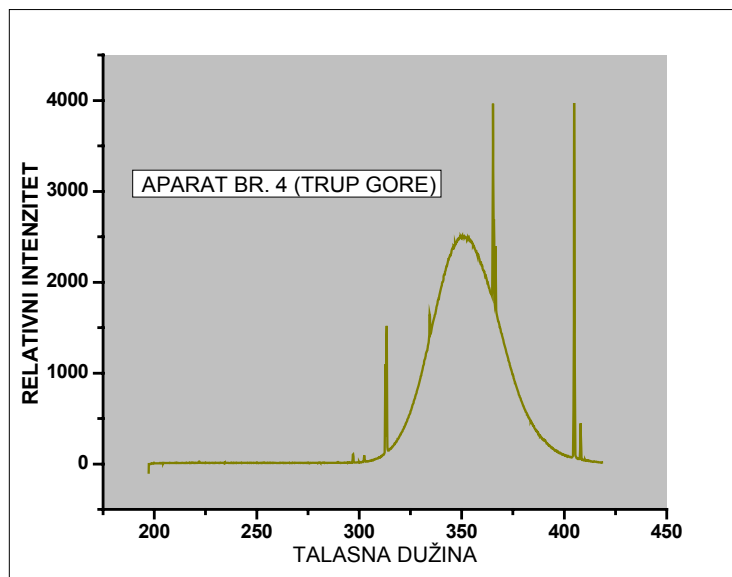
**''aparat za ozračivanje'' XL-0.5-grupa Id.**

2) a) Na slici 8.28 je grafički preikazan snimljeni spektar zračenja aparata br.4 u predelu trupa (gore).

$$I_{UV-A} = 77.6 \text{ W/m}^2$$

$$I_{UV-B} = 5.45 \text{ W/m}^2$$

$$U_{UV-B} = \frac{I_{UV-B}}{I_{UV-A} + I_{UV-B}} \cdot 100 = 6.6\% \approx 7\%$$



Sl. 8.28. Spektar zračenja aparata br. 4 (CPS+) u predelu trupa (gore)

Ukupan intenzitet UV zračenja ovog modula za ozračivanje u  $\text{W/m}^2$  iznosi:

$$I_{AB} = 83.05 \text{ W/m}^2$$

Spektar zračenja ovog modula za ozračivanje kod koga je oduzet ofset od 11 rel.jed. prikazan je na Slici 8.29 i predstavlja spektar UV zračenja aparata br.4 u predelu trupa (gore) kojim se klijent izlaže.

Ukupan intenzitet UV zračenja ovog modula za ozračivanje u relativnim jedinicama iznosi:

$$I_{AB} = 104693$$

Realan biološki aktivan spektar ovog modula za ozračivanje predstavljen je na Slici 8.30. Intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema dat u rlativnim jedinicama iznosi:

$$E_{er,aparata} = 225.8$$

Intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u UV-A oblasti dat u  $\text{W/m}^2$  iznosi:

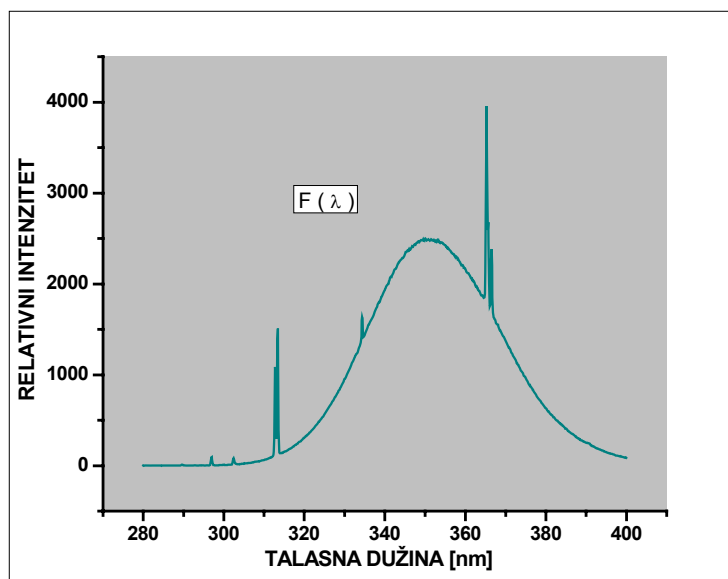
$$E_{er}(UV-A) = 0.167 \text{ W/m}^2$$

Intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u UV-B oblasti izražen u  $\text{W/m}^2$  iznosi:

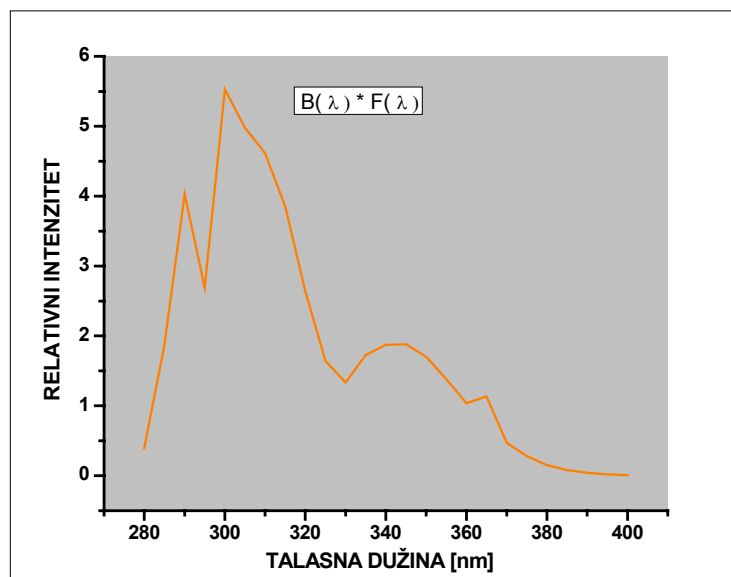
$$E_{er}(UV-B) = 0.012 \text{ W/m}^2$$

Ukupan intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema ovog modula za ozračivanje iznosi:

$$E_{er}(\text{UV} - \text{A} + \text{UV} - \text{B}) = 0.179 \text{ W/m}^2$$



Sl.8.29. Spektar zračenja aparata br. 4 (CPS +) u predelu trupa (gore) kod koga je oduzet offset



Sl.8.30. Realan biološki aktivan spektar zračenja aparata br. 4 (CPS +) u predelu trupa (gore)

Prema ovom modulu za ozračivanje aparat br.4 spada u Ic grupu.

$$f_{SE} = \frac{0.179 \text{ W/m}^2}{0.3 \text{ W/m}^2} \approx 0.6 < 1$$

$$t_{1er} = \frac{100 \text{ J/m}^2}{0.179 \text{ W/m}^2} = 9 \text{ min}$$

$$t_{Ser} = \frac{250 \text{ J/m}^2}{0.179 \text{ W/m}^2} = 23 \text{ min (za tip kože 2);}$$

$$t_{Ser} = \frac{350 \text{ J/m}^2}{0.179 \text{ W/m}^2} = 32.6 \text{ min} \approx 33 \text{ min (za tip kože 3);}$$

$$t_{Ser} = \frac{450 \text{ J/m}^2}{0.179 \text{ W/m}^2} \approx 42 \text{ min (za tip kože 4).}$$

Tabela 18

Spektralne karakteristike aparata br.4 (CPS +) u predelu trupa (gore)

| $E_{er}(\text{UV-A})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $E_{er}(\text{UV-B})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $E_{er}(\text{UV-A+UV-B})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $f_{SE}$ | $t_{1er}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 0.167                                        | 0.012                                        | 0.179                                             | 0.6      | 9                  | 23                 | 33                 | 42                 |

Prema ovom modulu za ozračivanje oznaka aparata br.4 bi glasila:

**”aparat za ozračivanje” XL-0.6-grupa Ic.**

b) Pri određivanju spektralnih karakteristika aparata br.4 u predelu trupa (dole) koriste se grafič 8.25, 8.26 i 8.27, kao i u tom slučaju dobijene vrednosti za  $E_{er,aparata}$  i  $I_{AB}$  u relativnim jedinicama.

Izmereni intenziteti UV-A i UV-B zračenja ovog aparata u predelu trupa (dole) iznose:

$$I_{UV-A} = 101.9 \text{ W/m}^2$$

$$I_{UV-B} = 5.95 \text{ W/m}^2$$

Udeo UV-B zračenja je:

$$U_{UV-B} = \frac{I_{UV-B}}{I_{UV-A} + I_{UV-B}} \cdot 100 = 5.5\%$$

Ukupan intenzitet UV zračenja u W/m<sup>2</sup> iznosi:

$$I_{AB} = 107.85 \text{ W/m}^2$$

Intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u UV-A i UV-B oblastima iznosi:

$$E_{er}(\text{UV-A}) = 0.186 \text{ W/m}^2$$

$$E_{er}(\text{UV-B}) = 0.011 \text{ W/m}^2$$

Ukupan intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u ovom slučaju iznosi:

$$E_{er}(\text{UV-A} + \text{UV-B}) = 0.197 \text{ W/m}^2$$

Na osnovu dobijenih rezultata vidimo da aparat br.4 u predelu trupa (dole) takođe spada u Ic grupu.

$$f_{SE} = \frac{0.197 \text{ W/m}^2}{0.3 \text{ W/m}^2} = 0.66 \approx 0.7 < 1$$

$$t_{1er} = \frac{100 \text{ J/m}^2}{0.197 \text{ W/m}^2} = 8.5 \text{ min}$$

$$t_{Ser} = \frac{250 \text{ J/m}^2}{0.179 \text{ W/m}^2} = 21 \text{ min (za tip kože 2);}$$

$$t_{Ser} = \frac{350 \text{ J/m}^2}{0.197 \text{ W/m}^2} \approx 30 \text{ min (za tip kože 3);}$$

$$t_{Ser} = \frac{450 \text{ J/m}^2}{0.197 \text{ W/m}^2} = 38 \text{ min (za tip kože 4).}$$

**Tabela 19**

Spektralne karakteristike aparata br.4 (CPS +) u predelu trupa (dole)

| $E_{er}(\text{UV-A})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $E_{er}(\text{UV-B})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $E_{er}(\text{UV-A+UV-B})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $f_{SE}$ | $t_{1er}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 0.186                                        | 0.011                                        | 0.197                                             | 0.7      | 8.5                | 21                 | 30                 | 38                 |

Prema ovom modulu za ozračivanje oznaka aparata br.4 bi glasila:

**”aparat za ozračivanje” XL-0.7-grupa Ic.**

3) a) Na Slici 8.31 je predstavljen snimljeni spektar zračenja aparata br.4 u predelu nogu (gore).

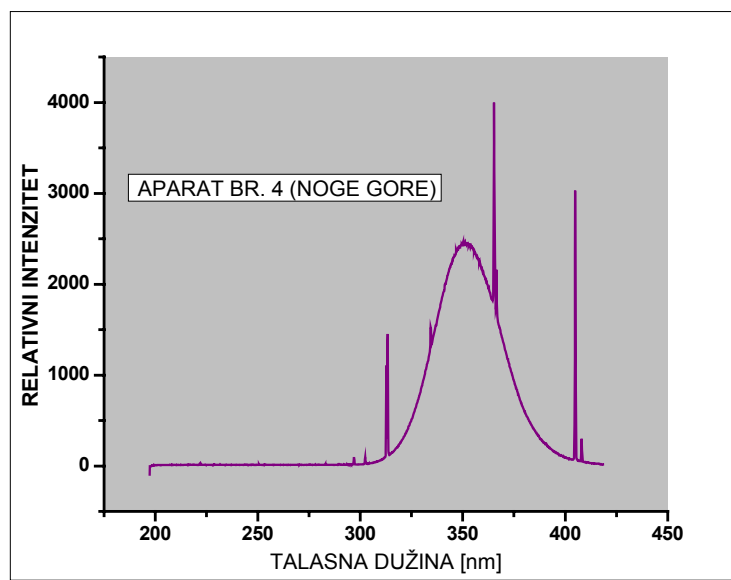
$$I_{UV-A} = 63.8 \text{ W/m}^2$$

$$I_{UV-B} = 5.08 \text{ W/m}^2$$

$$U_{UV-B} = \frac{I_{UV-B}}{I_{UV-A} + I_{UV-B}} \cdot 100 = 7.4\%$$

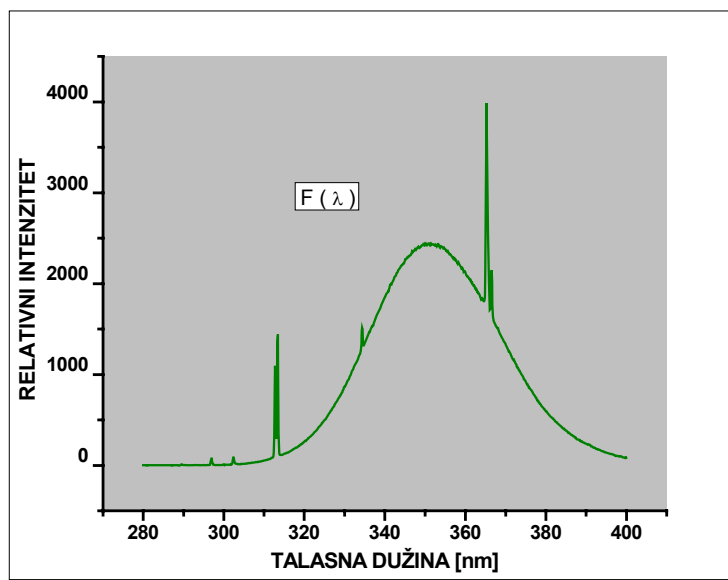
Ukupan intenzitet UV zračenja ovog modula za ozračivanje u W/m<sup>2</sup> iznosi:

$$I_{AB} = 68.88 \text{ W/m}^2$$



Sl. 8.31. Spektar zračenja aparata br. 4 (CPS +) u predelu nogu (gore)

Spektar zračenja ovog modula za ozračivanje kod koga je oduzet ofset od 12 rel.jed. prikazan je na Slici 8.32 i predstavlja spektar UV zračenja aparata br.4 u predelu nogu (gore) kojim se klijent izlaže.



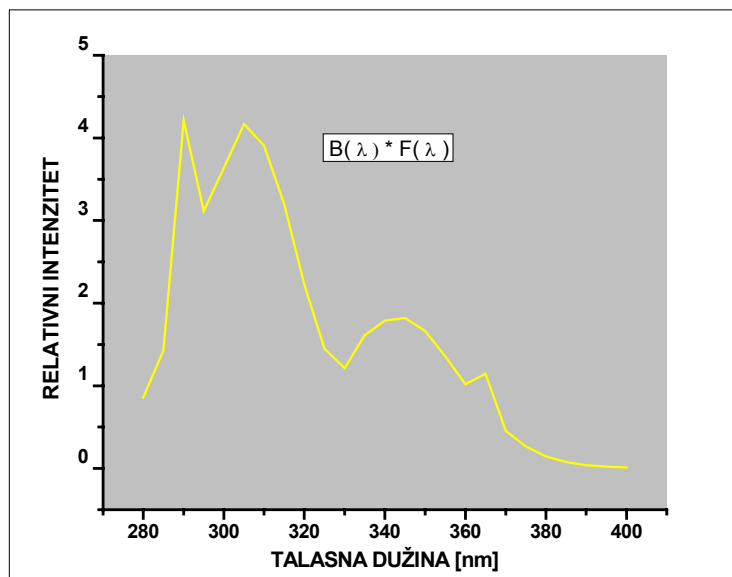
Sl. 8.32. Spektar zračenja aparata br. 4 (CPS +) u predelu nogu (gore) kod koga je oduzet ofset

Ukupan intenzitet UV zračenja ovog modula za ozračivanje u relativnim jedinicama iznosi:

$$I_{AB} = 100326$$

Realan biološki aktivan spektar ovog modula za ozračivanje predstavljen je na Slici 8.33. Intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema dat u rlativnim jedinicama iznosi:

$$E_{er,aparata} = 202$$



Sl. 8.33. Realan biološki aktivan spektar aparata br. 4 (CPS +) u predelu nogu (gore)  
Intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u UV-A oblasti dat u  $W/m^2$  iznosi:

$$E_{er}(UV - A) = 0.128 W/m^2$$

Intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u UV-B oblasti izražen u  $W/m^2$  iznosi:

$$E_{er}(UV - B) = 0.010 W/m^2$$

Ukupan intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema ovog modula za ozračivanje iznosi:

$$E_{er}(UV - A + UV - B) = 0.138 W/m^2$$

Prema ovom modulu za ozračivanje aparat br.4 spada u Id grupu.

$$f_{SE} = \frac{0.138 W/m^2}{0.3 W/m^2} = 0.46 \approx 0.5 < 1$$

$$t_{1er} = \frac{100 J/m^2}{0.138 W/m^2} = 12 \text{ min}$$

$$t_{Ser} = \frac{250 J/m^2}{0.138 W/m^2} = 30 \text{ min (za tip kože 2);}$$

$$t_{Ser} = \frac{350 J/m^2}{0.138 W/m^2} = 42 \text{ min (za tip kože 3);}$$

$$t_{Ser} = \frac{450 \text{ J/m}^2}{0.138 \text{ W/m}^2} = 54 \text{ min (za tip kože 4)}.$$

Tabela 20

Spektralne karakteristike aparata br.4 (CPS +) u predelu nogu (gore)

| $E_{er}(\text{UV-A})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $E_{er}(\text{UV-B})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $E_{er}(\text{UV-A+UV-B})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $f_{SE}$ | $t_{1er}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 0.128                                        | 0.010                                        | 0.138                                             | 0.5      | 12                 | 30                 | 42                 | 54                 |

Prema ovom modulu za ozračivanje oznaka aparata br.4 bi glasila:

**''aparat za ozračivanje'' XL-0.5-grupa Id.**

b) Kao i u prethodnom slučaju i ovde se za određivanje spektralnih karakteristika aparata br.4 u predelu nogu (dole) koriste grafici 8.25, 8.26 i 8.27, kao i dobijene vrednosti za  $E_{er,aparata}$  i  $I_{AB}$  u relativnim jedinicama.

Izmereni intenziteti UV-A i UV-B zračenja ovog aparata u predelu nogu (dole) iznose:

$$I_{UV-A} = 95.6 \text{ W/m}^2$$

$$I_{UV-B} = 5.95 \text{ W/m}^2$$

Udeo UV-B zračenja je:

$$U_{UV-B} = \frac{I_{UV-B}}{I_{UV-A} + I_{UV-B}} \cdot 100 = 5.86\% \approx 6\%$$

Ukupan intenzitet UV zračenja u W/m<sup>2</sup> iznosi:

$$I_{AB} = 101.55 \text{ W/m}^2$$

Intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u UV-A i UV-B oblasti iznosi:

$$E_{er}(\text{UV-A}) = 0.175 \text{ W/m}^2$$

$$E_{er}(\text{UV-B}) = 0.011 \text{ W/m}^2$$

Ukupan intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u ovom slučaju iznosi:

$$E_{er}(\text{UV-A} + \text{UV-B}) = 0.186 \text{ W/m}^2$$

Na osnovu dobijenih rezultata se vidi da aparat br.4 u predelu nogu (dole) spada u Ic grupu.

$$f_{SE} = \frac{0.186 \text{ W/m}^2}{0.3 \text{ W/m}^2} = 0.6$$

$$t_{1er} = \frac{100 \text{ J/m}^2}{0.186 \text{ W/m}^2} = 9 \text{ min}$$

$$t_{Ser} = \frac{250 \text{ J/m}^2}{0.186 \text{ W/m}^2} = 22 \text{ min (za tip kože 2);}$$

$$t_{Ser} = \frac{350 \text{ J/m}^2}{0.186 \text{ W/m}^2} = 31 \text{ min (za tip kože 3);}$$

$$t_{Ser} = \frac{450 \text{ J/m}^2}{0.186 \text{ W/m}^2} = 40 \text{ min (za tip kože 4).}$$

Tabela 21

Spektralne karakteristike aparata br.4 (CPS +) u predelu nogu (dole)

| $E_{er}(\text{UV-A})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $E_{er}(\text{UV-B})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $E_{er}(\text{UV-A+UV-B})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $f_{SE}$ | $t_{1er}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 0.175                                        | 0.011                                        | 0.186                                             | 0.6      | 9                  | 22                 | 31                 | 40                 |

Prema ovom modulu za ozračivanje oznaka aparata br.4 bi glasila:

**”aparat za ozračivanje” XL-0.6-grupa Ic.**

S obzirom da moduo za ozračivanje u predelu trupa (dole) ima najveći uticaj na pojavu eritema, oznake na aparatu br.4 (CPS +) bi glasile:

**1. ”aparat za ozračivanje” XL-0.7-grupa Ic.**

**2. maksimalno vreme trajanja prvog ozračivanja: 8.5 min**

**3. granično vreme ozračivanja:**

**tip kože 2: 21 min; tip kože 3: 30 min; tip kože 4: 38 min**

Uočljivo je da se oblici snimljenih spektara zračenja kod svih modula za ozračivanje ovog aparata međusobno poklapaju, što je i očekivano s obzirom da aparat u sva tri segmenta (predeo glave, trupa i nogu) koristi fluorescentne lampe istog tipa.

Na osnovu dobijenih rezultata se može reći da aparat br. 4 (CPS +) prema svojim spektralnim karakteristikama u potpunosti zadovoljava kriterijume RTS-a i Komisije za zaštitu od zračenja.

- Aparat br. 5 (Ergoline 60 ULTRA SUPER POWER)**

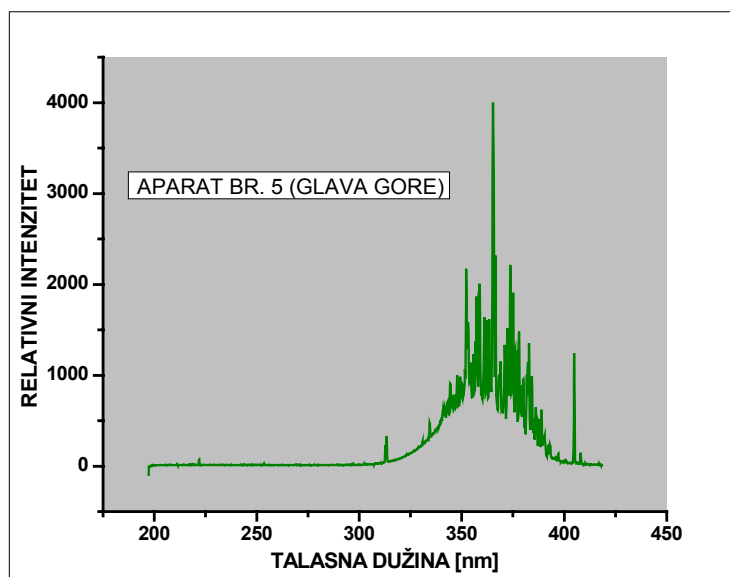
Ergoline 60 ULTRA SUPER POWER je ležeći solarijum zatvorenog tipa. Prema veličini korisne površine spada u aparate za obostrano ozračivanje tela (kratka oznaka: XL). Kao izvor zračenja koristi fluorescentne lampe (TWIST 160W 2.6 % UV-B) sa posebnim fluorescentnim lampama u predelu glave za ozračivanje lica. TWIST lampe prema svojim tehničkim osobinama spadaju u lampe velike snage, a prema emitovanom spektru zračenja u profesionalne lampe za brzo tamnjenje.

U Tabeli 22 su date izmerene vrednosti intenziteta UV-A i UV-B zračenja ovog aparata za tri različita segmenta: predeo glave (lica), trupa i nogu kada su sonde postavljene prema gore i prema dole. I ovde je kao i kod predhodnog aparata izvršeno samo jedno snimanje spektra u slučaju kada je sonda okrenuta prema dole, s obzirom da se u predelu trupa i nogu radi o jednodelnim fluorescentnim lampama i dobijeni rezultati korišćeni za određivanje spektralnih karakteristika oba ova segmenta. U predelu glave ispod ležeće površine kod ovog aparata nema lampi, pa je zato za ovaj segment izvršeno samo merenje kada je sonda okrenuta prema gore.

**Tabela 22**  
Intenzitet zračenja aparata br. 5  
(Elgoline 60 ULTRA SUPER POWER)

|       |      | INTENZITET ZRAČENJA<br>[mW/cm <sup>2</sup> ] |       |             |
|-------|------|----------------------------------------------|-------|-------------|
|       |      | UV-A                                         | UV-B  | UV-A + UV-B |
| GLAVA | GORE | 12.780                                       | 0.300 | 13.080      |
|       | DOLE | /                                            | /     | /           |
| TRUP  | GORE | 12.800                                       | 1.011 | 13.811      |
|       | DOLE | 15.170                                       | 0.974 | 16.144      |
| NOGE  | GORE | 12.060                                       | 0.998 | 13.058      |
|       | DOLE | 14.550                                       | 1.036 | 15.586      |

1) Na slici 8.34 je prikazan snimljeni spektar zračenja aparata br.5 u predelu glave (lica) kada je sonda okrenuta prema gore.



Sl. 8.34 Spektar zračenja aparata br.5 (Ergoline 60 ULTRA SUPER POWER) u predelu glave (lica) kada je sonda okrenuta prema gore

$$I_{UV-A} = 172.8 \text{ W/m}^2$$

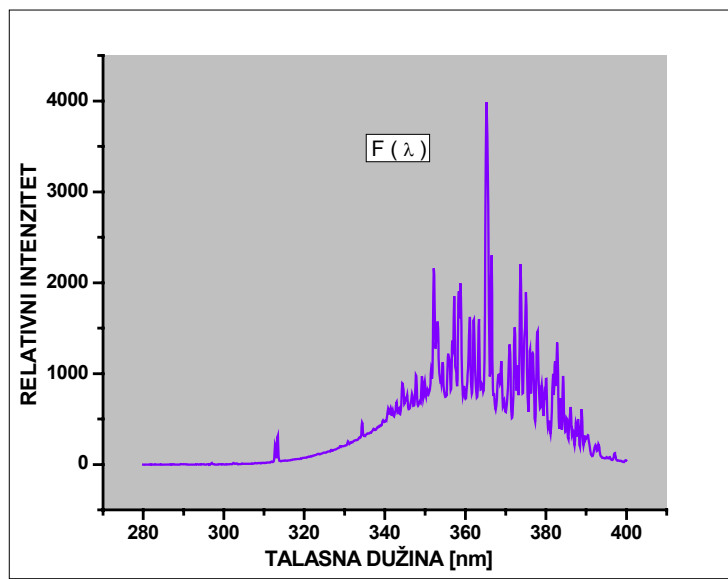
$$I_{UV-B} = 3.00 \text{ W/m}^2$$

$$U_{UV-B} = \frac{I_{UV-B}}{I_{UV-A} + I_{UV-B}} \cdot 100 = 1.7\%$$

Ukupan intenzitet UV zračenja u  $\text{W/m}^2$  iznosi:

$$I_{AB} = 130.8 \text{ W/m}^2$$

Na Slici 8.35 je prikazan spektar zračenja ovog modula za ozračivanje kod koga je oduzet ofset od 13.5 rel.jed.



Sl. 8.35. Spektar zračenja aparata br. 5 (Ergoline 60 ULTRA SUPER POWER) u predelu glave (gore) kod koga je oduzet ofset

Ukupan intenzitet UV zračenja ovog modula za ozračivanje u relativnim jedinicama iznosi:

$$I_{AB} = 52072$$

Realan biološki aktivan spektar ovog modula za ozračivanje predstavljen je na Slici 8.36. Intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u ralativnim jedinicama iznosi:

$$E_{er, aparata} = 69$$

Intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u UV-A i UV-B oblasti iznosi:

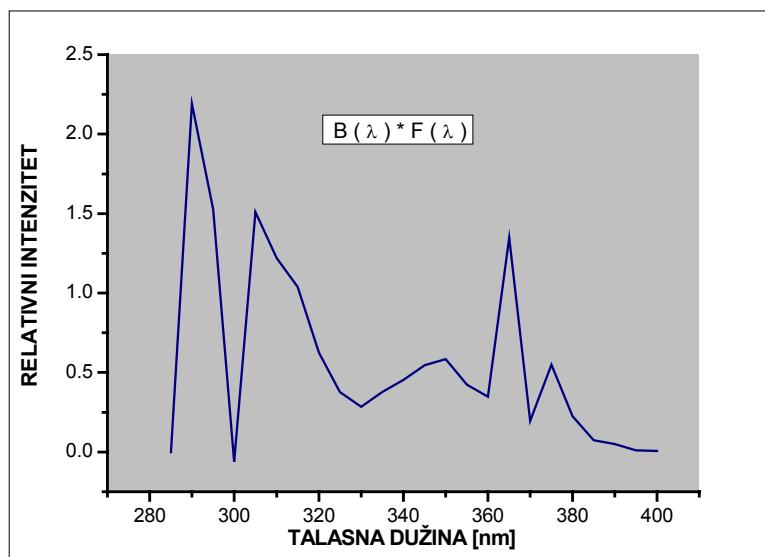
$$E_{er}(UV-A) = 0.229 \text{ W/m}^2$$

$$E_{er}(UV-B) = 0.004 \text{ W/m}^2$$

Ukupan intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u ovom slučaju iznosi:

$$E_{er}(UV-A + UV-B) = 0.233 \text{ W/m}^2$$

Prema ovom modulu za ozračivanje aparat br.5 spada u Ic grupu.



Sl. 8.36. Realan biološki aktivan spektar aparata br.5 (Ergoline 60 ULTRA SUPER POWER) u predelu glave (gore)

$$f_{SE} = \frac{0.233 \text{ W/m}^2}{0.3 \text{ W/m}^2} = 0.8$$

$$t_{1er} = \frac{100 \text{ J/m}^2}{0.233 \text{ W/m}^2} = 7 \text{ min}$$

$$t_{Ser} = \frac{250 \text{ J/m}^2}{0.233 \text{ W/m}^2} = 18 \text{ min (za tip kože 2);}$$

$$t_{Ser} = \frac{350 \text{ J/m}^2}{0.233 \text{ W/m}^2} = 25 \text{ min (za tip kože 3);}$$

$$t_{Ser} = \frac{450 \text{ J/m}^2}{0.233 \text{ W/m}^2} = 32 \text{ min (za tip kože 4).}$$

Tabela 23

Spektralne karakteristike aparata br.5 (Ergoline 60 ULTRA SUPER POWER) u predelu glave (gore)

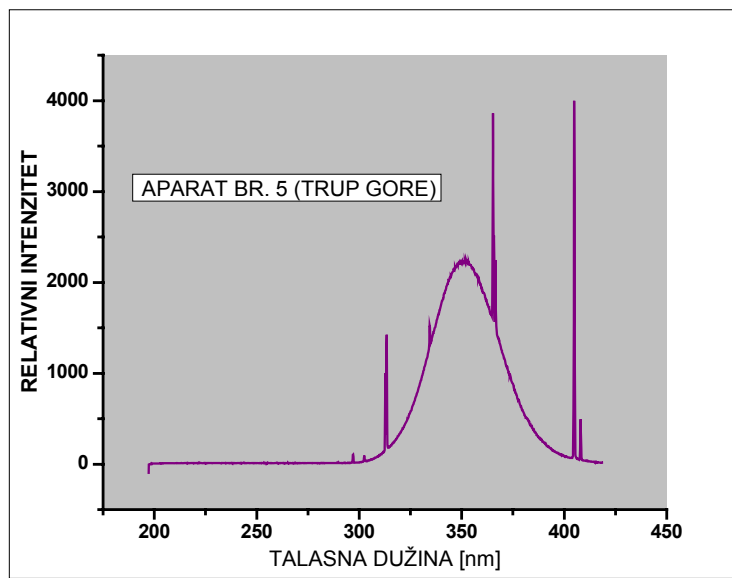
| $E_{er}(UV-A)$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $E_{er}(UV-B)$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $E_{er}(UV-A+UV-B)$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $f_{SE}$ | $t_{1er}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] |
|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------|----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------|----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|

|       |       |       |     |   |    |    |    |
|-------|-------|-------|-----|---|----|----|----|
| 0.229 | 0.004 | 0.233 | 0.8 | 7 | 18 | 25 | 32 |
|-------|-------|-------|-----|---|----|----|----|

Prema ovom modulu za ozračivanje oznaka aparata br.5 bi glasila:

**”aparat za ozračivanje” XL-0.8-grupa Ic.**

2) a) Na slici 8.37 je prikazan snimljeni spektar zračenja aparata br.5 u predelu trupa kada je sonda okrenuta prema gore.



Sl. 8.37. Spektar zračenja aparata br.5 (Ergoline 60 ULTRA SUPER POWER) u predelu trupa kada je sonda okrenuta prema gore

$$I_{UV-A} = 128 \text{ W/m}^2$$

$$I_{UV-B} = 10.11 \text{ W/m}^2$$

$$U_{UV-B} = \frac{I_{UV-B}}{I_{UV-A} + I_{UV-B}} \cdot 100 = 7.3\%$$

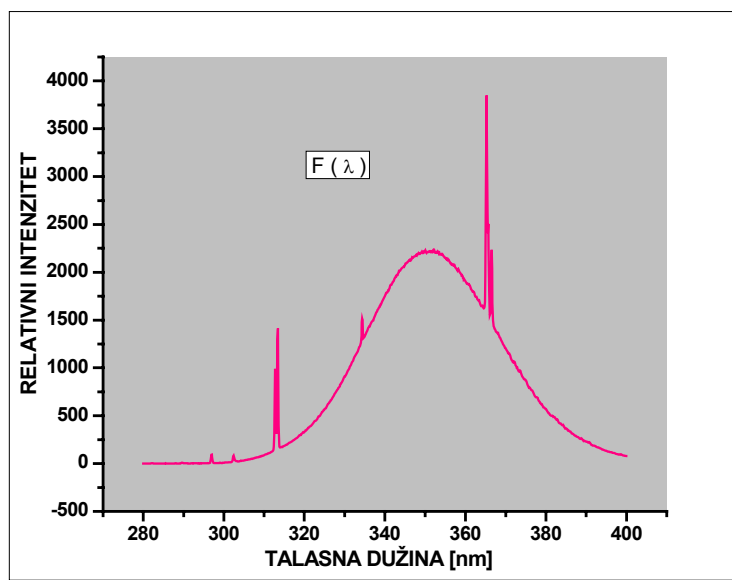
Ukupan intenzitet UV zračenja u  $\text{W/m}^2$  iznosi:

$$I_{AB} = 138.11 \text{ W/m}^2$$

Na Slici 8.38 je prikazan spektar zračenja ovog modula za ozračivanje kod koga je oduzet ofset od 11 rel.jed.

Ukupan intenzitet UV zračenja ovog modula za ozračivanje u relativnim jedinicama iznosi:

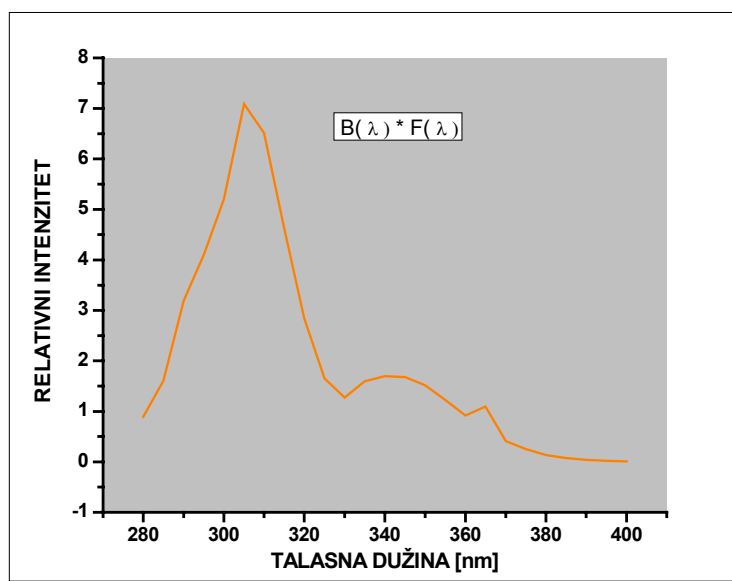
$$I_{AB} = 95169$$



Sl. 8. 38. Spektar zračenja aparata br.5 (Ergoline 60 ULTRA SUPER POWER) u predelu trupa (gore) kod koga je oduzet ofset

Realan biološki aktivan spektar ovog modula za ozračivanje predstavljen je na Slici 8.39. Intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u rlativnim jedinicama iznosi:

$$E_{er,aparata} = 246$$



Sl. 8. 39. Realan biološki aktivan spektar aparata br.5 (Ergoline 60 ULTRA SUPER POWER) u predelu trupa (gore)

Intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u UV-A i UV-B oblasti iznosi:

$$E_{er}(UV - A) = 0.33 \text{ W/m}^2$$

$$E_{er}(\text{UV} - \text{B}) = 0.026 \text{ W/m}^2$$

pri čemu  $E_{er}(\text{UV-A})$  odstupa od dozvoljenih vrednosti. Ukupan intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u ovom slučaju iznosi:

$$E_{er}(\text{UV} - \text{A} + \text{UV} - \text{B}) = 0.356 \text{ W/m}^2$$

što takođe odstupa od standarnih vrednosti vrednosti.

Međutim, s obzirom na veliki intenzitet UV-A zračenja i vrednosti UV-B zračenja, može se zaključiti da aparat br.5 prema ovom modulu za ozračivanje spada u Ic grupu.

$$f_{SE} = \frac{0.356 \text{ W/m}^2}{0.3 \text{ W/m}^2} = 1.2 < 1$$

$$t_{1er} = \frac{100 \text{ J/m}^2}{0.356 \text{ W/m}^2} = 4.7 \text{ min} \approx 5 \text{ min}$$

$$t_{Ser} = \frac{250 \text{ J/m}^2}{0.356 \text{ W/m}^2} = 11.7 \text{ min} \approx 12 \text{ min (za tip kože 2);}$$

$$t_{Ser} = \frac{350 \text{ J/m}^2}{0.356 \text{ W/m}^2} = 16.4 \text{ min} \approx 16 \text{ min (za tip kože 3);}$$

$$t_{Ser} = \frac{450 \text{ J/m}^2}{0.356 \text{ W/m}^2} = 21 \text{ min (za tip kože 4).}$$

**Tabela 24**

Spektralne karakteristike aparata br.5 (Ergoline 60 ULTRA SUPER POWER) u predelu trupa (gore)

| $E_{er}(\text{UV-A})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $E_{er}(\text{UV-B})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $E_{er}(\text{UV-A+UV-B})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $f_{SE}$ | $t_{1er}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 0.33                                         | 0.026                                        | 0.356                                             | 1.2      | 5                  | 12                 | 16                 | 21                 |

Prema ovom modulu za ozračivanje oznaka aparata br.5 bi glasila:

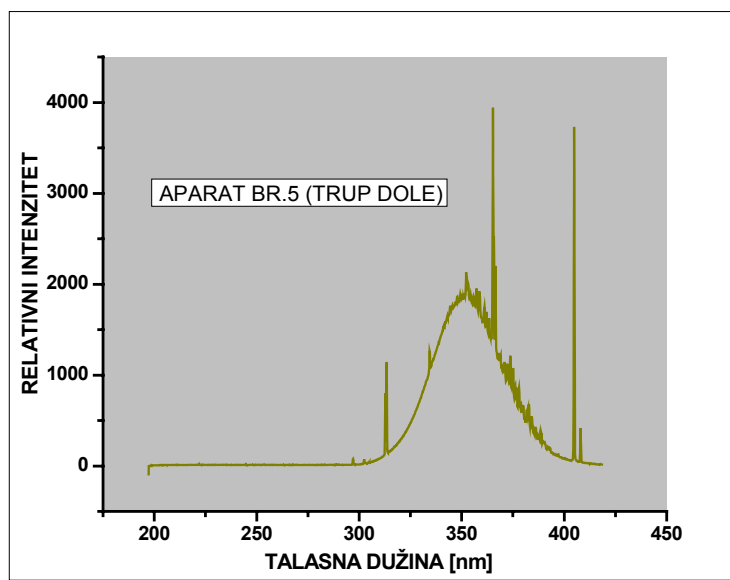
**”aparat za ozračivanje” XL-1.2-grupa Ic.**

b) Snimljeni spektar zračenja aparat br.5 u predelu trupa kada je sonda okrenuta prema dole prikazan je na Slici 8.40.

$$I_{UV-A} = 151.7 \text{ W/m}^2$$

$$I_{UV-B} = 9.74 \text{ W/m}^2$$

$$U_{UV-B} = \frac{I_{UV-B}}{I_{UV-A} + I_{UV-B}} \cdot 100 = 6\%$$

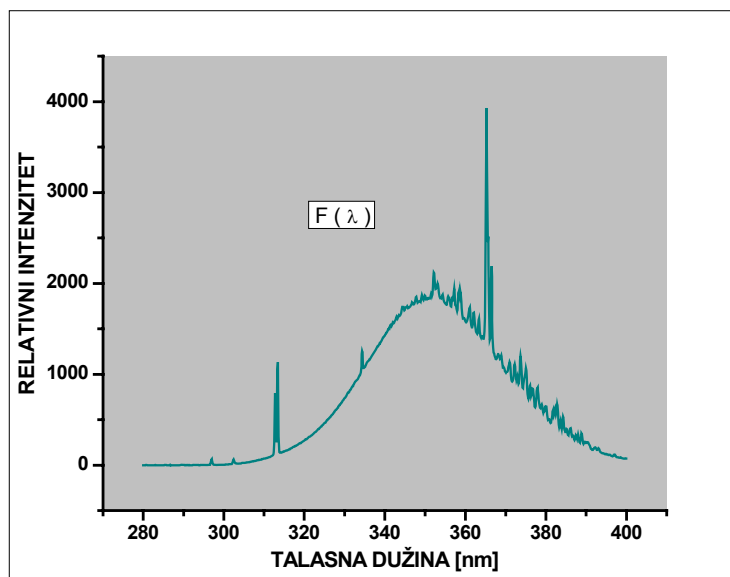


Sl.8.40. Spektar zračenja aparata br.5 (Ergoline 60 ULTRA SUPER POWER) u predelu trupa kada je sonda okrenuta prema dole

Ukupan intenzitet UV zračenja u  $\text{W/m}^2$  iznosi:

$$I_{AB} = 161.44 \text{ W/m}^2$$

Na Slici 8.41 je prikazan spektar zračenja ovog modula za ozračivanje kod koga je oduzet ofset od 12 rel.jed.



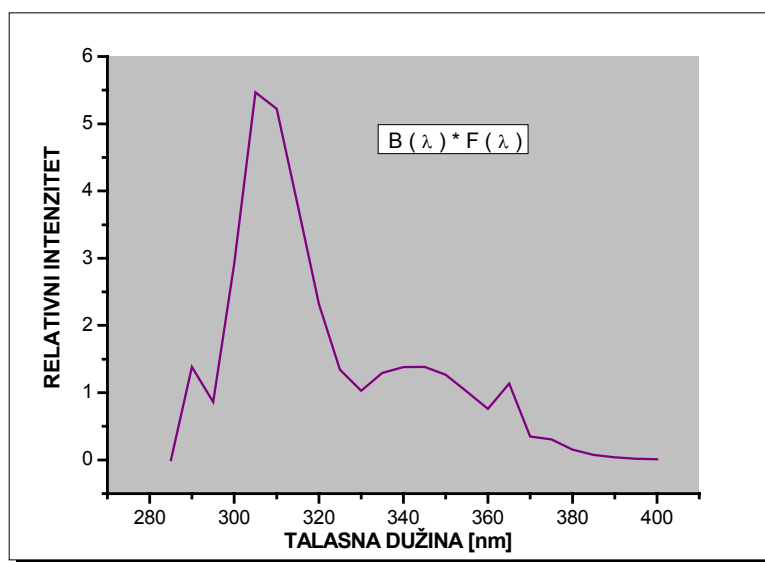
Sl.8.41. Spektar zračenja aparata br.5 (Ergoline 60 ULTRA SUPER POWER) u predelu trupa (dole) kod koga je oduzet ofset

Ukupan intenzitet UV zračenja ovog modula za ozračivanje u relativnim jedinicama iznosi:

$$I_{AB} = 83142$$

Realan biološki aktivan spektar ovog modula za ozračivanje predstavljen je na Slici 8.42. Intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u ralativnim jedinicama iznosi:

$$E_{er,aparata} = 163$$



Sl. 8.42. Realan biološki aktivan spektar aparata br.5 (Ergoline 60 ULTRA SUPER POWER) u predelu trupa (dole)

Intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u UV-A i UV-B oblasti iznosi:

$$E_{er}(UV - A) = 0.297 \text{ W/m}^2$$

$$E_{er}(UV - B) = 0.019 \text{ W/m}^2$$

Ukupan intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u ovom slučaju iznosi:

$$E_{er}(UV - A + UV - B) = 0.316 \text{ W/m}^2$$

što odstupa od dozvoljenih vrednosti.

Uzimajući u obzir procenjenu grešku merenja, aparat br.5 prema spektralnim osobinama ovog modula za ozračivanje zadovoljava kriterijume RTS-a i spada u Ic grupu aparata.

$$f_{SE} = \frac{0.316 \text{ W/m}^2}{0.3 \text{ W/m}^2} = 1.05 \approx 1$$

$$t_{1er} = \frac{100 \text{ J/m}^2}{0.316 \text{ W/m}^2} = 5.3 \text{ min} \approx 5 \text{ min}$$

$$t_{Ser} = \frac{250 \text{ J/m}^2}{0.316 \text{ W/m}^2} = 13.2 \text{ min} \approx 13 \text{ min (za tip kože 2);}$$

$$t_{Ser} = \frac{350 \text{ J/m}^2}{0.316 \text{ W/m}^2} = 18.5 \text{ min (za tip kože 3);}$$

$$t_{Ser} = \frac{450 \text{ J/m}^2}{0.316 \text{ W/m}^2} = 23.7 \text{ min} \approx 24 \text{ min (za tip kože 4).}$$

Tabela 25

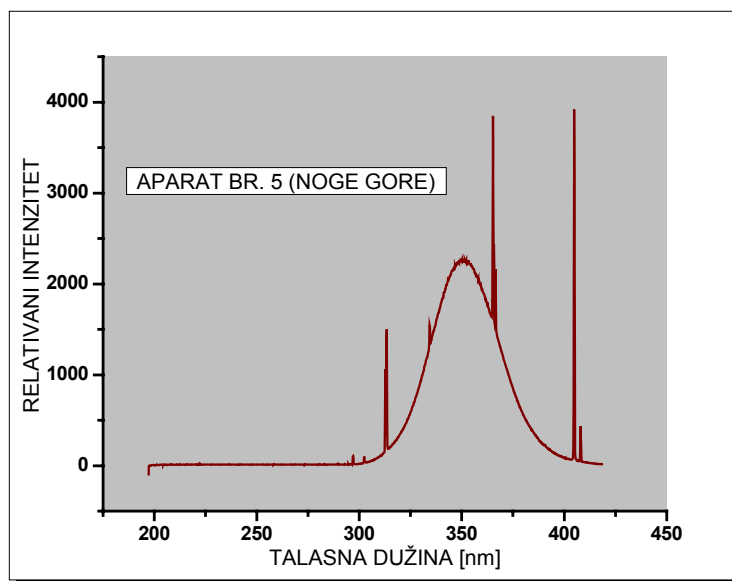
Spektralne karakteristike aparata br.5 (Ergoline 60 ULTRA SUPER POWER) u predelu trupa (dole)

| $E_{er}(\text{UV-A})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $E_{er}(\text{UV-B})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $E_{er}(\text{UV-A+UV-B})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $f_{SE}$ | $t_{1er}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 0.297                                        | 0.019                                        | 0.316                                             | 1        | 5                  | 13                 | 18.5               | 24                 |

Prema ovom modulu za ozračivanje oznaka aparata br.5 bi glasila:

**”aparat za ozračivanje” XL-1-grupa Ic.**

3) a) Na Slici 8.43 je prikazan snimljeni spektar zračenja aparata br.5 u predelu nogu kada je sonda okrenuta prema gore.



Sl. 8.43. Spektar zračenja aparata br.5 (Ergoline 60 ULTRA SUPER POWER) u predelu nogu kada je sonda okrenuta prema gore

$$I_{UV-A} = 120.6 \text{ W/m}^2$$

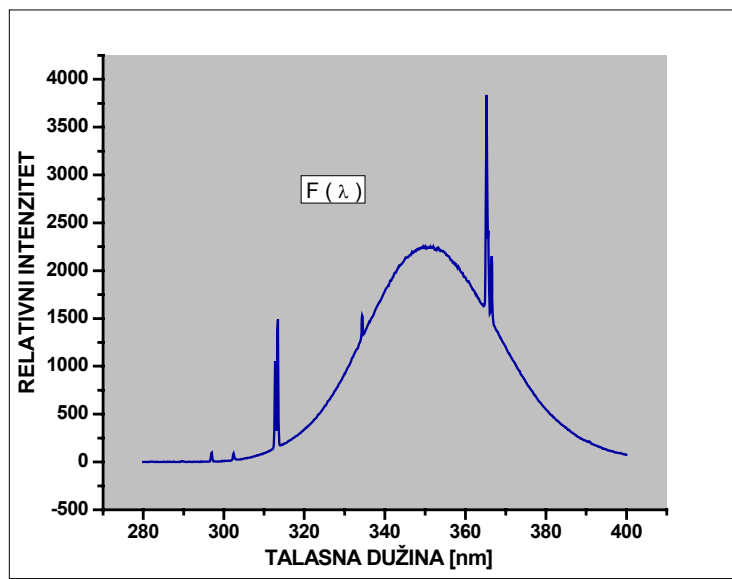
$$I_{UV-B} = 9.98 \text{ W/m}^2$$

$$U_{UV-B} = \frac{I_{UV-B}}{I_{UV-A} + I_{UV-B}} \cdot 100 = 7.6\%$$

Ukupan intenzitet UV zračenja u  $\text{W/m}^2$  iznosi:

$$I_{AB} = 130.58 \text{ W/m}^2$$

Na Slici 8.44 je grafički prikazan spektar zračenja ovog modula za ozračivanje kod koga je oduzet ofset od 11 rel.jed.



Sl. 8.44. Spektar zračenja aparata br.5 (Ergoline 60 ULTRA SUPER POWER) u predelu nogu (gore) kod koga je oduzet ofset

Ukupan intenzitet UV zračenja ovog modula za ozračivanje u relativnim jedinicama iznosi:

$$I_{AB} = 95801$$

Realan biološki aktivan spektar ovog modula za ozračivanje predstavljen je na Slici 8.45. Intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u ralativnim jedinicama iznosi:

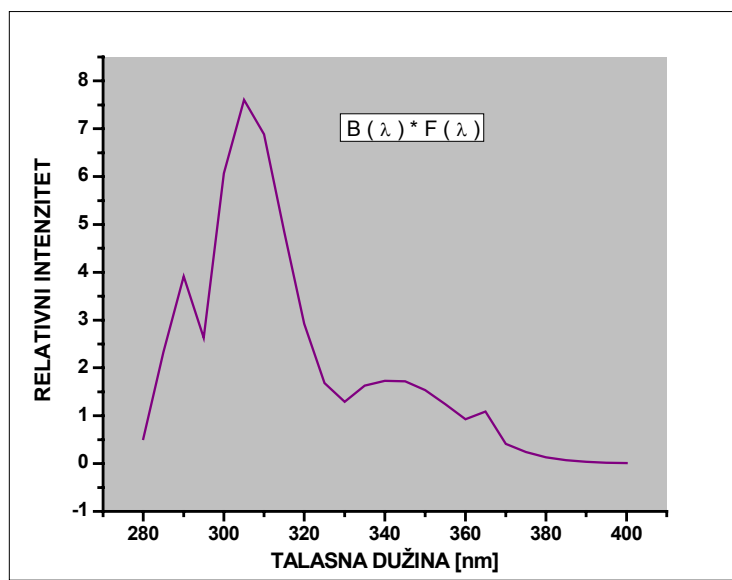
$$E_{er,aparata} = 256$$

Intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u UV-A i UV-B oblasti iznosi:

$$E_{er}(UV-A) = 0.322 \text{ W/m}^2$$

$$E_{er}(UV-B) = 0.027 \text{ W/m}^2$$

pri čemu  $E_{er}(UV-A)$  odstupa od dozvoljenih vrednosti .



Sl. 8.45. Realan biološki aktivan spektar aparata br.5 (Ergoline 60 ULTRA SUPER POWER) u predelu nogu (gore)

Ukupan intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u ovom slučaju iznosi:

$$E_{er}(\text{UV} - \text{A} + \text{UV} - \text{B}) = 0.349 \text{ W/m}^2$$

što takođe odstupa od dozvoljenih vrednosti.

S obzirom na veliki intenzitet UV-A zračenja i vrednosti UV-B zračenja možemo zaključiti da aparat br.5 prema ovom modulu za ozračivanje spada u Ic grupu.

$$f_{SE} = \frac{0.349 \text{ W/m}^2}{0.3 \text{ W/m}^2} \approx 1.2 > 1$$

$$t_{1er} = \frac{100 \text{ J/m}^2}{0.349 \text{ W/m}^2} = 4.8 \text{ min} \approx 5 \text{ min}$$

$$t_{Ser} = \frac{250 \text{ J/m}^2}{0.316 \text{ W/m}^2} = 11.9 \text{ min} \approx 12 \text{ min (za tip kože 2);}$$

$$t_{Ser} = \frac{350 \text{ J/m}^2}{0.349 \text{ W/m}^2} = 16.7 \text{ min} \approx 17 \text{ min (za tip kože 3);}$$

$$t_{Ser} = \frac{450 \text{ J/m}^2}{0.349 \text{ W/m}^2} = 21.5 \text{ min (za tip kože 4).}$$

Tabela 26

Spektralne karakteristike aparata br.5 (Ergoline 60 ULTRA SUPER POWER) u predelu nogu (gore)

| $E_{er}(\text{UV-A})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $E_{er}(\text{UV-B})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $E_{er}(\text{UV-A+UV-B})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $f_{SE}$ | $t_{1er}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 0.322                                        | 0.027                                        | 0.349                                             | 1.2      | 5                  | 12                 | 17                 | 21.5               |

Prema ovom modulu za ozračivanje oznaka aparata br.5 bi glasila:

**”aparat za ozračivanje” XL-1.2-grupa Ic.**

b) Za određivanje spektralnih karakteristika aparata br.5 u predelu nogu kada je sonda okrenuta prema dole koriste se grafici 8.40, 8.41 i 8.42, kao i u tom slučaju dobijene vrednosti za  $E_{er,aparata}$  i  $I_{AB}$  u rel. jed.

Izmereni intenziteti UV-A i UV-B zračenja aparata br.5 u predelu nogu (dole) iznose:

$$I_{UV-A} = 145.5 \text{ W/m}^2$$

$$I_{UV-B} = 10.36 \text{ W/m}^2$$

Udeo UV-B zračenja je u ovom slučaju:

$$U_{UV-B} = \frac{I_{UV-B}}{I_{UV-A} + I_{UV-B}} \cdot 100 = 6.6\%$$

Ukupan intenzitet UV zračenja u W/m<sup>2</sup> iznosi:

$$I_{AB} = 155.86 \text{ W/m}^2$$

Intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u UV-A i UV-B oblastima iznosi:

$$E_{er}(\text{UV-A}) = 0.285 \text{ W/m}^2$$

$$E_{er}(\text{UV-B}) = 0.002 \text{ W/m}^2$$

Ukupan intenzitet zračenja koji utiče na pojavu eritema u ovom slučaju iznosi:

$$E_{er}(\text{UV-A} + \text{UV-B}) = 0.287 \text{ W/m}^2$$

Na osnovu dobijenih rezultata se vidi da aparat br.5 u predelu nogu (dole) takođe spada u Ic grupu.

$$f_{SE} = \frac{0.287 \text{ W/m}^2}{0.3 \text{ W/m}^2} = 0.96 \approx 1$$

$$t_{1er} = \frac{100 \text{ J/m}^2}{0.287 \text{ W/m}^2} = 5.8 \text{ min} \approx 6 \text{ min}$$

$$t_{Ser} = \frac{250 \text{ J/m}^2}{0.287 \text{ W/m}^2} = 14.5 \text{ min (za tip kože 2);}$$

$$t_{Ser} = \frac{350 \text{ J/m}^2}{0.287 \text{ W/m}^2} = 20 \text{ min (za tip kože 3);}$$

$$t_{Ser} = \frac{450 \text{ J/m}^2}{0.287 \text{ W/m}^2} = 26 \text{ min (za tip kože 4).}$$

**Tabela 27**

Spektralne karakteristike aparata br.5 (Ergoline 60 ULTRA SUPER POWER) u predelu nogu (dole)

| $E_{er}(\text{UV-A})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $E_{er}(\text{UV-B})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $E_{er}(\text{UV-A+UV-B})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $f_{SE}$ | $t_{1er}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 0.285                                        | 0.002                                        | 0.287                                             | 1        | 6                  | 14.5               | 20                 | 26                 |

Prema ovom modulu za ozračivanje oznaka aparata br.5 bi glasila:

**”aparat za ozračivanje” XL-1-grupa Ic.**

S obzirom da moduo za ozračivanje u predelu trupa (gore) ima najveći uticaj na pojavu eritema, oznake na aparatu br.5 (Ergoline 60 ULTRA SUPER POWER) bi glasile:

**1. ”aparat za ozračivanje” XL-1.2-grupa Ic.**

**2. maksimalno vreme trajanja prvog ozračivanja: 5 min**

**3. granično vreme ozračivanja:**

**tip kože 2: 12 min; tip kože 3: 16 min; tip kože 4: 21 min**

Posmatranjem snimljenih spektara zračenja u predelu trupa i nogu, može se zapaziti da se oni međusobno poklapaju, što je i očekivano s obzirom da se u ova dva segmenta se radi o fluorescentnim lampama istog tipa (TWIST 160 W 2.6 % UV-B).

U Tabeli 29 su date spektralne karakteristike svih ispitivanih aparata, kao i grupa kojoj pripadaju prema spektralnoj raspodeli. Za aparate 2, 3, 4 i 5 su date spektralne karakteristike i grupa kojoj oni pripadaju prema modulu za ozračivanje koji ima najveći uticaj na pojavu eritema.

**Tabela 29**  
Spektralne karakteristike ispitivanih solarijuma

| Redni<br>br.<br>aparata | $E_{er}(\text{UV-A})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $E_{er}(\text{UV-B})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $E_{er}(\text{UV-A+UV-B})$<br>[W/m <sup>2</sup> ] | $f_{SE}$ | $t_{1er}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] | $t_{Ser}$<br>[min] | Grupa          |
|-------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|
| 1                       | 0.265                                        | 0.023                                        | 0.288                                             | 1        | 6                  | 14.5               | 20                 | 26                 | I <sub>C</sub> |
| 2                       | 0.476                                        | 0.04                                         | 0.516                                             | 1.7      | 3                  | 8                  | 11                 | 14.5               | I <sub>C</sub> |
| 3                       | 0.352                                        | 0.015                                        | 0.367                                             | 1.2      | 4.5                | 11                 | 16                 | 20                 | I <sub>C</sub> |
| 4                       | 0.186                                        | 0.011                                        | 0.197                                             | 0.7      | 8.5                | 21                 | 30                 | 38                 | I <sub>C</sub> |
| 5                       | 0.33                                         | 0.026                                        | 0.356                                             | 1.2      | 5                  | 12                 | 16                 | 21                 | I <sub>C</sub> |

## 9. ZAKLJUČAK



ilj ovog diplomskog rada je bio da se na osnovu ispitanih spektralnih karakteristika proveriti kvalitet solarijum-aparata koji se koriste kod nas, konkretno u Novom Sadu, a samim tim i stepen efikasnosti i bezbednosti pri njihovoj upotrebi. Zapravo, želeli smo da proverimo koliko aparati za veštačko sunčanje koji se koriste kod nas zadovoljavaju kriterijume evropskih standarda. Ono što smo zapazili je da saloni za sunčanje u najvećem broju slučajeva koriste solarijume nemačke marke Ergoline.

Ispitano je pet solarijuma različitog tipa. Spektralne karakteristike ovih aparata smo određivali prema standardima koji važe u Nemačkoj, a koji su dati u sedmom poglavlju. Rezultati merenja, njihova obrada i analiza dati su u osmom poglavlju. Kao što se na osnovu dobijenih rezultata može videti, svi aparati osim aparata br. 4 odstupaju od standardnih vrednosti prema spektralnim karakteristikama najmanje jednog svog modula za ozračivanje za oko 10 % kada se u obzir uzme i procenjena greška merenja od 5%. Ova odstupanja se javljaju iz dva razloga: kao posledica oštećenih i/ili dotrajalih optičkih delova ili kao posledica nekorišćenja originalnih rezervnih optičkih delova, odnosno rezervnih optičkih delova koje preporučuje proizvođač aparata. To znači da solarijumi koji se koriste kod nas nisu adekvatnog kvaliteta, efikasnosti, a samim tim ni bezbednosti. Ako pri tome uzmemo u obzir štetno dejstvo UV zračenja na ljudski organizam, kao i nestručno rukovanje ovim aparatima, što je kod nas vrlo čest slučaj, posledice po zdravlje korisnika solarijuma, ali i osoblja mogu biti veoma ozbiljne.

Zato je neophodno da se kod nas što pre donese i stupi na snagu zakonska regulativa o kontroli uvoza, kvaliteta i upotrebe veštačkih izvora UV zračenja, posebno onih koji se koriste u salonima za veštačko sunčanje i pristupačni su praktično svima.

## DODATAK A

### IZJAVA O SAGLASNOSTI

Upoznat/a sam sa kriterijumima koji isključuju upotrebu solarijuma pre ozračivanja i data su mu sva uputstva vezana za korišćenje, posebno meni preporučeni plan doziranja, koji se usklađen kako sa mojim tipom kože tako i sa odabranim solarijum-aparatom.

#### *Alternativa 1:*

Izjavljujem, da sam obavešten/a, da u slučaju nepridržavanja uputstvima, savetima i preporukama salon za sunčanje ne preuzima nikakvu odgovornost i garanciju za moguća oštećenja.

#### *Alternativa 2:*

Izjavljujem, da u slučaju ne pridržavanja uputstvima, savetima i preporukama neću tražiti nikakvu nadoknadu od salona za sunčanje u slučaju eventualno nastalih oštećenja.

Datum:

.....

Ime i prezime:

.....

Potpis:.....

## **DODATAK B**

### **PROCENA TIPA KOŽE**

Sledećih 10 pitanja treba da Vam pomognu da odredite tip Vaše kože. Molimo Vas, odgovorite što preciznije i tačnije na ova pitanja.

**1. Koju nijansu ima Vaša neozračena koža?**

- a) crvenkastu
- b) beličastu
- c) bež
- d) smeđu

**2. Ima li Vaša koža letnje pege?**

- a) da, mnogo
- b) da, nekoliko
- c) da, ali samo sporadično
- d) ne

**3. Kako reaguje na Sunce Vaša koža na licu?**

- a) veoma osetljivo, najčešće zategnutost kože
- b) osetljivo, delimično zategnutost kože
- c) normalno osetljivo, samo retko zategnutost kože
- d) neosetljivo, bez zatezanja kože.

**4. Koliko dugo se možete sunčati u rano leto u Srednjoj Evropi (u visini mora) u podne ako je nebo bez oblaka, a da ne dobijete opekotine?**

- a) manje od 15 min
- b) između 15 i 25 min
- c) između 25 i 40 min
- d) duže od 40 min.

**5. Kako reaguje Vaša koža na duže izlaganje Suncu?**

- a) uvek sa pojavom opekotina
- b) uglavnom sa pojavom opekotina
- c) često sa pojavom opekotina
- d) retko ili nikada sa pojavom opekotina.

**6. Kakve su kod Vas posledice opekotina od Sunca?**

- a) snažno crvenilo, delimično bolno i stvaranje plikova, zatim se guli koža
- b) jasno crvenilo, zatim se guli koža
- c) crvenilo, zatim se ponekad guli koža
- d) skoro nikada crvenilo i guljenje kože.

**7. Da li se kod Vas već posle jednog, dužeg sunčanja može primetiti tamnjenje?**

- a) nikada
  - b) uglavnom ne
-

- c) često
- d) većinom.

**8. Kako se tamnjenje Vaše kože odvija nakon ponovljenog sunčanja?**

- a) jedva primetno ili ga uopšte nema
- b) blago tamnjenje nakon više sunčanja
- c) napredujuće uočljivo tamnjenje
- d) brzo i duboko tamnjenje.

**9. Koji opis najbolje odgovara Vašoj prirodnoj boji kose?**

- a) crvena do crvenkasto-smeđa
- b) svetlo-plava do plava
- c) tamno-plava do smeđa
- d) tamno-smeđa do crna.

**10. Koje su boje Vaše oči?**

- a) svetlo-plave, svetlo-sive ili svetlo-zelene
- b) plave, sive ili zelene
- c) svetlo-smeđe ili tamno-sive
- d) tamno-smeđe.

## LITERATURA I INTERNET ADRESE

1. Z.Mijatović, Lj.Čonkić, S.Miljković: UV-zračenje, izvori, osobine, efekti, zaštita, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad, 2002.
2. UV-FIBEL, ZERTIFIZIERTES SOLARIUM, nach den Kriterien des BfS (Bundesamt für Strahlenschutz)
3. I.Janić: Osnovi atomske fizike, I deo (skripta), Novi Sad, 1992.
- 4.
5. S.Stanković, A.Kapor, M.Vesković: Biofizika: odabrana poglavlja za studente medicine i stomatologije, Medicinski fakultet, Novi Sad, 1993.
6. A.Stajkovac, M.Bajić, S.Živanović, I.Anđelković: Anatomija i fiziologija, za I razred medicinske škole, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1996.
7. M.B.Yavorsky, A.Yu.Seleznev: *Physics*, A Refresher Course, English translation, Mir Publishers, 1979.
8. M.Morys, D.S.Berger: The accurate measurements of biologically effective ultraviolet radiation in *Atmospheric Radiation*, Ed.K.H.Stamnes, Proc. SPIE 2049, 152-161, 1993.
9. M.Sutherland Betsy: Ultraviolet Radiation Hazards to Humans, in *Nonionizing Radiation: AN Overview of the Physics and Biology*, eds. K.Hardy, M.Meltz, and R.Glickman, Medikal Physics Publishing, Madison, 1997.
10. S.Madronich and S.Flocke: *theoretical estimation of biologically effective UV radiation at the earth's surface*. ASI Series, I 52, Solar Ultraviolet Radiation Modelling, Measurements and Effects. C.S. Zerefos and A.F.Bais, Eds. Springer-Verlag, 1997.
11. ISO 2000, Erythema reference action spectrum and standard erythema dose. Corrected and reprinted 2000-11-15, reference number ISO 17166:1999(E), SIE S 007/E-1998, 2000.
12. M.R.Sayre, D.L.Desrochers, C.J.Wilson and E.Marlowe: skin type, minimal erythemal dose (MED) and sunlight acclimatization. *J. Am. Acad. Dermatol.* 5, 439-443, 1981.
13. A.J.Parrish, K.R.Jaenicke and R.R.Sederson: Erythema and melanogenesis action spectra of normal human skin. *Photochem. Photobiol.* 36, 187-191, 1982.
14. A.M.Pathak and D.L.Fanselow: Photobiology of melanin pigmentation: Dose/response of skin to sunlight and its contents. *J. Am. Acad. Dermatol.* 9, 724-733, 1983.
15. F.A.McKinlay and B.L.Diffey: *CIE-Journal* 6, 17-22, 1987.
16. K.Jokela, K.Leszczynski, R.Visuri: Effects of arctic ozone depletion and snow on UV exposure in Finland, *Photochem. Photobiol.* 58, 559-566, 1993.
17. M.Vivirito: Photoprotection against UV-light, An overview. DCI, 32, 1989.

<http://en.wikipedia.org/wiki/Fluorescent-lamp>

[http://www.sunsmart.com.au/downloads/resources/info\\_sheet/solariums.pdf](http://www.sunsmart.com.au/downloads/resources/info_sheet/solariums.pdf)

<http://dk.akis.at/sonnenschutzverhalten.html>

<http://www.icnirp.de/documents/sunbed.pdf>

<http://www.beste-sonnenstudios.de/formular/SCHULUNG-Technik.pdf>

<http://www.photomed.de/sonne-solarium.html>  
<http://www.ssk.de/werke/volltext/2001/ssk0101.pdf>  
<http://www.photomed.ch/pdf/09september2005.pdf>  
<http://www.sunal-shop.de>  
<http://www.lighttech.du>

## BIOGRAFIJA



*Aleksandra Perić (rođena Milojević) je rođena 05.03.1980. godine u Požarevcu. Osnovnu školu je završila u svom rodnom mestu Srednjevju (Opština Veliko Gradište). Od 1996. je bila učenik Srednje medicinske škole " 7. april " u Novom Sadu. Po završetku srednje škole, 2000. godine, upisala je Prirodno-matematički fakultet u Novom Sadu na departmanu za fiziku, smer medicinska fizika.*



UNIVERZITET U NOVOM SADU  
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

*Redni broj:*

**RBR**

*Identifikacioni broj:*

**IBR**

*Tip dokumentacije:*

Monografska dokumentacija

**TD**

*Tip zapisa:*

Tekstualni štampani materijal

**TZ**

*Vrsta rada:*

Diplomski rad

**VR**

*Autor:*

Aleksandra Perić

**AU**

*Mentor:*

Zoran Mijatović

**MN**

*Naslov rada:*

Spektralne karakteristike veštačkih izvora UV zračenja

**NR**

*Jezik publikacije:*

-Solarijumi-  
srpski (latinica)

**JP**

*Jezik izvoda:*

srpski/engleski

**JI**

*Zemlja publikovanja:*

Srbija

**ZP**

*Uže geografsko područje:*

Vojvodina

**UGP**

*Godina:*

2007

**GO**

*Izdavač:*

Autorski reprint

**IZ**

*Mesto i adresa:*

Prirodno-matematički fakultet, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad

**MA**

*Fizički opis rada:*

(broj poglavlja/broj strana/broj tabela/broj slika/broj grafika/broj priloga):  
(9/128/29/13/54/2)

**FO**

*Naučna oblast:*

Fizika

**NO**

*Naučna disciplina:*

Spektroskopija

**ND**

*Predmetna odrednica/ ključne reči:*

UV zračenje, solarijumi

**PO**

**UDK**

*Čuva se:*

Biblioteka departmana za fiziku, PMF-a u Novom Sadu

**ČU**

*Važna napomena:*

nema

**VN**

*Izvod:*

U radu su prikazani rezultati merenja intenziteta UV zračenja pet različitih tipova solarijuma. Pokazano je da je nivo zračenja kod tih solarijuma u granicama standardnih vrednosti.

**IZ**

*Datum prihvatanja teme od NN veća:*

**DP**

*Datum odbrane:*

**DO**

*Članovi komisije:*

**KO**

*Predsednik:*

*član:*

*član:*

Dr Radomir Kobilarov, redovni profesor

Dr Zoran Mijatović, redovni profesor

Sonja Skuban, docent

Dr Radomir Kobilarov

Dr Zoran Mijatović

Doc Sonja Skuban

UNIVERSITY OF NOVI SAD  
FACULTY OF SCIENCE AND MATHEMATICS

KEY WORDS DOCUMENTATION

*Accession number:*

**ANO**

*Identification number:*

**INO**

*Document type:*

Monograph publication

**DT**

*Type of record:*

Textual printed material

**TR**

*Content code:*

Final paper

**CC**

*Author:*

Aleksandra Peric

**AU**

*Mentor/comentor:*

Zoran Mijatovic

**MN**

*Title:*

Spectral characteristics of artificial UV sources

**TI**

*Language of text:*

-Solariums-  
Serbian (Latin)

**LT**

*Language of abstract:*

English

**LA**

*Country of publication:*

Serbia

**CP**

*Locality of publication:*

Vojvodina

**LP**

*Publication year:*

2007

**PY**

*Publisher:*

Author's reprint

**PU**

*Publication place:*

Faculty of Science and Mathematics, Trg Dositeja Obradovića 4,  
Novi Sad

**PP**

*Physical description:*

(chapters/pages/literature/tables/graphics/additional lists):  
(9/128/29/13/54/2)

**PD**

*Scientific field:*

Physics

**SF**

*Scientific discipline:*

Spektroskopija

**SD**

*Subject/ Key words:*

UV radiation, solariums

**SKW**

**UC**

*Holding data:*

Library of Department of Physics, Trg Dositeja Obradovića 4

**HD**

*Note:*

none

**N**

*Abstract:*

In this work the measured values of UV radiation intensity for five solariums are presented. It is shown that of UV radiation are inside recommended values.

**AB**

*Accepted by the Scientific Board:*

**ASB**

*Defended on:*

**DE**

*Thesis defend board:*

**DB**

*President:*

*Member:*

*Member:*

Dr Radomir Kobilarov

Dr Zoran Mijatovic

Doc Sonja Skuban

Dr Radomir Kobilarov

Dr Zoran Mijatovic

Doc Sonja Skuban