



AFS 2009:7

# Artificiell optisk strålning

**Arbetsmiljöverkets föreskrifter om artificiell optisk strålning och allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna**

*(Ändringar införda t.o.m. den 9 april 2019.)*

## Innehåll

### Arbetsmiljöverkets föreskrifter om artificiell optisk strålning och allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna

Arbetsmiljöverkets föreskrifter och allmänna råd om artificiell optisk strålning .....	3
Syfte .....	3
Tillämpningsområde .....	3
Definitioner .....	3
Gränsvärden .....	4
Fastställande av exponering .....	4
Riskbedömning .....	4
Åtgärder .....	5
Information och utbildning .....	6
Medicinsk kontroll .....	6
Arbete med laser .....	6
Arbete med lasrar klass 3B och 4 .....	6
Bestämmelser om sanktionsavgifter .....	7
Arbetsmiljöverkets allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna om artificiell optisk strålning .....	8
Optisk strålning .....	8
Laser .....	8
Exponering för optisk strålning .....	8
Mätning av optisk strålning .....	9
Hälsoeffekter .....	9
Ögonskador .....	10
Hudskador .....	10
Hudcancer .....	11
Kommentarer till vissa paragrafer .....	12
BILAGA I .....	19
Icke-koherent optisk strålning .....	19
BILAGA II .....	27
Optisk strålning från laser .....	27

# Arbetsmiljöverkets föreskrifter och allmänna råd om artificiell optisk strålning

Utkom från trycket  
den 10 november 2009

beslutade den 3 november 2009.

(Ändringar införda t.o.m. den 9 april 2019.)

## Syfte

1 § Syftet med dessa föreskrifter är att skydda arbetstagares ögon och hud mot hälsorisker samt förebygga säkerhetsrisker som kan uppstå vid exponering för artificiell optisk strålning under arbetet.

## Tillämpningsområde

2 § Dessa föreskrifter gäller varje verksamhet där arbetstagare utför sådant arbete för arbetsgivares räkning som medför exponering för artificiell optisk strålning.

Arbetsgivaren ansvarar för att dessa föreskrifter följs. Med arbetsgivare jämställs i dessa föreskrifter den som anlitat inhyrd arbetskraft för att utföra arbete i sin verksamhet.

Föreskrifterna gäller även för arbete som arbetsgivaren själv utför samt för verksamhet som två eller flera personer, som inte är medlemmar av samma familj, driver för gemensam räkning utan anställda.

För den som ensam eller gemensamt med en familjemedlem driver yrkesmässig verksamhet utan anställd gäller föreskrifterna i 17–18 §§. (AFS 2014:8)

## Definitioner

3 § I dessa föreskrifter avses med

Artificiell optisk strålning	all optisk strålning som inte avges från solen.
Energitäthet (H)	tidsintegralen av irradiansen uttryckt i joule per kvadratmeter [ $J m^{-2}$ ].
Gränsvärden för exponering	gränser för exponering för artificiell optisk strålning vilka baserats på fastställd inverkan på hälsan och biologiska överväganden.
Hälsoundersökning	medicinsk undersökning av varierande omfattning där läkaren inte behöver medverka i undersökningen av varje enskild individ men ansvarar för den slutliga bedömningen.
Icke-koherent strålning	all annan strålning än laserstrålning.
Infraröd strålning (IRS)	optisk strålning inom våglängdsområdet 780 nm – 1 mm.
Irradians (E)	den infallande strålningens effekt per yt-enhet, uttryckt i watt per kvadratmeter [ $W m^{-2}$ ].
Laserstrålning	ljusförstärkning genom stimulerad emission av strålning; varje anordning som kan fås att producera eller förstärka elektromagnetisk strålning inom våglängdsområdet för optisk strålning, framför allt genom processen med kontrollerad stimulerad emission.
Laserklass	beteckning enligt svensk standard SS-EN 60825-1 som anger hur riskfylld användningen av lasern är.
Laserklass 3B	lasrar vilkas styrka överskrider klass 3R, med en övre klassgräns på 0,5 watt.
Laserklass 4	lasrar som är starkare än klass 3B.
Läkarundersökning	en undersökning som en läkare ansvarar för och där denne medverkar i undersökningen av varje enskild arbetstagare.
Medicinsk kontroll	en medicinsk åtgärd avsedd att vara till stöd i arbetsmiljöarbetet.
Nivå (exponering)	den sammanlagda exponering för optisk strålning som en arbetstagare utsätts för.
Optisk strålning	elektromagnetisk strålning inom våglängdsområdet 100 nm – 1 mm; indelas i ultraviolett, synlig och infraröd strålning.
Radians (L)	strålningsflödet eller uteffekten per rymdvinkelenhet per areaenhet uttryckt i watt per

steradian per kvadratmeter [ $W sr^{-1} m^{-2}$ ].

Riskområde område inom vilket strålning kan överstiga maximalt tillåten exponering.

Synlig strålning elektromagnetisk strålning inom våglängdsområdet 380–780 nm.

Ultraviolet strålning (UVS); elektromagnetisk strålning inom våglängds-

UV-strålning området 100 nm–400 nm.

#### Förkortningar

CEN European Committee for Standardization; Europeiska standardiseringskommittén.

CIE International Commission on Illumination – internationellt organ för standardisering inom belysningsområdet.

IEC International Electrotechnical Commission; Internationella elektrotekniska kommissionen.

SEK Svensk Elstandard.

SIS Swedish Standards Institute.

## Gränsvärden

4 § Exponeringen för artificiell optisk strålning får inte överskrida något av de gränsvärden som anges i bilaga I och II.

Om detta ändå sker ska arbetsgivaren:

1. vidta omedelbara åtgärder för att minska exponeringen så att den ligger under gränsvärdena,
2. utreda orsakerna till att gränsvärdena överskridits, och
3. vidta sådana åtgärder att gränsvärdena inte överskrids i fortsättningen.

## Fastställande av exponering

5 § Arbetsgivaren ska bedöma den sammanlagda exponeringen för artificiell optisk strålning som arbetstagarna kan komma att utsättas för.

Om det finns risk att arbetstagarna kan komma att utsättas för exponering av artificiell optisk strålning som överskrider de gränsvärden som anges i 4 §, ska arbetsgivaren mäta eller beräkna dessa nivåer. Arbetsgivaren ska då tillämpa IEC:s standarder för laserstrålning, CIE:s och CEN:s standarder och rekommendationer för icke-koherent strålning, eller andra standarder eller rekommendationer som harmoniserar med dessa.

När det gäller exponering som inte omfattas av dessa standarder och -rekommendationer ska mätning och beräkning genomföras i enlighet med tillgängliga vetenskapligt grundade riktlinjer.

Beräkningarna av exponeringen för artificiell optisk strålning får baseras på uppgifter som tillverkarna av utrustningen har lämnat. Detta förutsatt att utrustningen uppfyller kraven i EU-direktiv eller standarder som harmoniserar med dessa.

6 § Arbetsgivarens bedömning av exponeringen enligt 5 § ska planeras i samråd med berörda arbetstagare och genomföras med lämpliga intervall av sakkunnig person.

Resultatet av bedömningen, inbegripet resultatet av mätningar och beräkningar av exponeringsnivån, ska bevaras i en sådan form att det är möjligt att använda det senare.

## Riskbedömning

7 § Arbetsgivaren ska undersöka arbetsförhållandena och bedöma riskerna till följd av exponering för optisk strålning i arbetet. Resultatet förs in i den riskbedömning som ska göras enligt Arbetsmiljöverkets föreskrifter om Systematiskt arbetsmiljöarbete.

Följande ska uppmärksammas särskilt:

1. nivå, våglängdsområde och hur lång tid arbetstagaren exponeras för artificiell optisk strålning,
2. de gränsvärden för exponering som avses i 4 §,
3. information från tillverkarna av optiska strålkällor och därmed sammanhängande arbetsutrustning,
4. inverkan på hälsa och säkerhet för de arbetstagare som tillhör särskilt känsliga riskgrupper,
5. inverkan på arbetstagares hälsa och säkerhet som följd av växelverkan på arbetsplatsen mellan artificiell optisk strålning och kemiska ämnen som påverkar ljuskänsligheten,

6. eventuella indirekta effekter, som tillfällig bländning, explosion eller eld,
7. förekomst av utrustning som konstruerats för att minska exponeringen för artificiell optisk strålning,
8. betydelsefull information från hälsokontroller,
9. exponering för artificiell optisk strålning från flera källor,
10. laserutrustningar med en klassificering definierad i enlighet med tillämplig IEC-standard,
11. artificiella källor som kan orsaka skador liknande dem som orsakas av laserstrålning av klass 3B eller 4, eller motsvarande tillämpliga klassificeringar.

Om arbetsgivarens bedömning av exponeringsförhållandena enligt 5 § leder till att riskerna med optisk strålning är av sådan art och omfattning att en ytterligare detaljerad riskbedömning enligt andra stycket är onödig, kan arbetsgivaren konstatera det i riskbedömningen enligt Arbetsmiljöverkets föreskrift om Systematiskt arbetsmiljöarbete. Detta ska framgå av dokumentationen enligt 8 § andra stycket.

Arbetsgivaren ska även kartlägga de indirekta arbetsmiljörisker som kan uppkomma med anledning av laseranvändning. Denna riskbedömning ska särskilt uppmärksamma risken för

1. gasbildning
2. rökbildning
3. explosion
4. brand

Arbetstagare ska informeras om dessa risker och om de skyddsåtgärder som behövs. Riskerna ska i första hand förebyggas genom att skyddsåtgärder vidtas vid källan. Lämplig personlig skyddsutrustning ska tillhandahållas och användas om inte arbetsmiljöriskerna kan åtgärdas på annat sätt.

**8 §** Riskbedömningen ska uppdateras regelbundet, särskilt om viktiga förändringar har ägt rum som kan göra den inaktuell eller om resultat av hälsokontroller visar att det är nödvändigt.

Arbetsgivarens riskbedömning ska dokumenteras, dateras och lagras i lämplig form.

## Åtgärder

**9 §** Arbetsgivaren ska genomföra de åtgärder som är nödvändiga för att exponeringen inte ska överskrida gränsvärdena.

Risker, som härrör från exponering för artificiell optisk strålning, ska undanröjas eller reduceras till ett minimum. Detta med hänsyn tagen till den tekniska utvecklingen och möjligheten att minska en risk redan vid strålningskällan.

Om riskbedömningen visar att gränsvärdena för exponeringen kan komma att överskridas ska arbetsgivaren utarbeta en handlingsplan som innehåller tekniska eller organisatoriska åtgärder, eller båda, som förhindrar att exponeringen överskrider gränsvärdena.

När handlingsplanen utarbetas ska följande särskilt beaktas:

1. alternativa arbetsmetoder som minskar risker förenade med artificiell optisk strålning,
2. val av utrustning som minskar den artificiella optiska strålningen, med hänsyn tagen till det arbete som ska utföras,
3. tekniska åtgärder, så att den artificiella optiska strålningen kan minskas, inbegripet spärranordningar, avskärmning eller liknande åtgärder,
4. lämpliga program för underhåll av arbetsutrustning, arbetsplatser och arbetsställen,
5. utformning och planering av arbetsplatser och arbetsställen,
6. begränsning av den tid exponeringen pågår och av exponeringens nivå,
7. tillgång till effektiv personlig skyddsutrustning,
8. instruktioner från tillverkaren av utrustningen,
9. behoven hos de arbetstagare som tillhör särskilt känsliga riskgrupper.

Åtgärder som inte kan vidtas omedelbart ska tidsplaneras och föras in i handlingsplanen.

**10 §** Utifrån riskbedömningen ska lämpliga skyltar markera de arbetsplatser där arbetstagarna kan komma att utsättas för nivåer av artificiell optisk strålning som överstiger gränsvärdena för exponering. Tillträdet till dessa områden ska begränsas där detta är tekniskt möjligt. (AFS 2014:8)

## Information och utbildning

**11 §** Arbetsgivaren ska säkerställa att de arbetstagare som utsätts för risker på grund av artificiell optisk strålning på arbetsplatsen, och deras företrädare i arbetsmiljöfrågor, får all nödvändig information och utbildning som föranleds av resultatet av den riskbedömning som föreskrivs i 7 §.

Informationen ska särskilt avse

1. åtgärder som vidtas för att följa dessa föreskrifter,
2. gränsvärden för exponering och därmed sammanhängande potentiella risker,
3. resultaten av de bedömningar, mätningar eller beräkningar av exponeringsnivåerna för artificiell optisk strålning som har gjorts i enlighet med 6 §, med en förklaring av deras innebörd och de potentiella risker de påvisar,
4. möjligheterna att upptäcka exponeringens skadliga inverkan på hälsan och hur sådan ska rapporteras,
5. de omständigheter under vilka arbetstagare har rätt till hälsokontroller,
6. säkra arbetsrutiner för att minimera riskerna i samband med exponering,
7. korrekt användning av lämplig personlig skyddsutrustning.

## Medicinsk kontroll

**12 §** Arbetsgivaren ska erbjuda arbetstagaren läkarundersökning enligt Arbetsmiljöverkets föreskrifter om Medicinska kontroller i arbetslivet om

1. exponeringen för artificiell optisk strålning överskridit gränsvärdena i 4 § eller
2. det vid en hälsoundersökning visat sig att en arbetstagare drabbats av en sjukdom eller skadlig inverkan på hälsan som en läkare eller annan sakkunnig inom företagshälsovården eller inom den övriga sjukvården anser beror på exponering för artificiell optisk strålning på arbetsplatsen.

Arbetsgivaren ansvarar för att den som utför läkarundersökningen får tillgång till de resultat i riskbedömningen enligt 7 § som kan vara av betydelse för undersökningen. (AFS 2019:11)

**13 §** Arbetsgivaren ska ta del av läkarens bedömning vad gäller tecken på skador genom exponering för artificiell optisk strålning så länge sekretess eller tystnadsplikt inte hindrar detta.

Om en arbetstagare har utsatts för exponering över gränsvärdena eller om denne har tecken på skador på grund av optisk strålning ska arbetsgivaren

1. revidera riskbedömningen,
2. revidera de åtgärder som vidtagits för att eliminera eller minska riskerna och i samband med detta vid behov anlita företagshälsovård eller motsvarande sakkunnig hjälp utifrån,
3. erbjuda medicinsk kontroll till övriga arbetstagare som exponerats på liknande sätt.

## Arbete med laser

**14 §** Arbetsgivare som använder lasrar i sin verksamhet ska säkerställa att lasrars märkning och varningstexter är korrekta samt att skyddsutrustning finns att tillgå. Denne ska även informera arbetstagarna om vilken laserklass lasern tillhör, om vilka risker som är förenade med den och om vilka säkerhetsåtgärder som behövs. Arbetsgivaren ska förvissa sig om att laseroperatörerna har erforderlig kunskap.

## Arbete med lasrar klass 3B och 4

**15 §** På arbetsplatser där laser klass 3B och 4 används ska arbetsgivaren utse en särskild person att övervaka lasersäkerheten på arbetsplatsen. Denna person ska vara väl förtrogen med det sätt på vilket laserutrustningen används, med risker förknippade med dess användning och med tillämpliga föreskrifter.

**16 §** Riskområdet på sådana arbetsplatser ska bestämmas med hänsyn till reflexioner och användning av strålningssamlade optik. Det ska märkas ut med varningsskyltar. Riskområdet får endast beträdas av dem som behöver vara där för att arbeta med eller underhålla lasern eller för att assistera vid laserarbetet. Området ska i första hand vara avspärrat och i andra hand, om avspärrning av praktiska skäl inte är lämplig, vara övervakat.

**17 §** Laserstrålens bana ska vara inkapslad eller avskärmad. Inomhus ska strålbanan avslutas med ett strålstopp. Detta gäller dock ej för laser i medicinska tillämpningar.

Den arbetsgivare som bryter mot något eller några av kraven i första stycket ska betala en sanktionsavgift, se 19 §. Detsamma gäller den som driver verksamhet enligt 3 kap. 5 § arbetsmiljölagen.

Lägsta avgiften är 40 000 kronor och högsta avgiften är 400 000 kronor. För den som har 500 eller fler sysselsatta är avgiften 400 000 kronor. För den som har färre än 500 sysselsatta ska sanktionsavgiften beräknas enligt följande:

Avgift = 40 000 kronor + (antalet sysselsatta - 1) x 721 kronor.

Summan ska avrundas nedåt till närmaste hela hundratal. (AFS 2014:8)

**18 §** Laserskyddsglasögon ska användas om det finns risk för att ett oskyddat öga exponeras för laserstråle. Glasögonen ska ha så hög optisk dämpning vid de våglängder av laserstrålning som används vid det aktuella tillfället att denna risk elimineras.

Den arbetsgivare som låter en eller flera personer arbeta utan laserskyddsglasögon, trots att sådana ska användas enligt första stycket, ska betala en sanktionsavgift, se 19 §. Detsamma gäller den som driver verksamhet enligt 3 kap. 5 § arbetsmiljölagen.

Lägsta avgiften är 40 000 kronor och högsta avgiften är 400 000 kronor. För den som har 500 eller fler sysselsatta är avgiften 400 000 kronor. För den som har färre än 500 sysselsatta ska sanktionsavgiften beräknas enligt följande:

Avgift = 40 000 kronor + (antalet sysselsatta - 1) x 721 kronor.

Summan ska avrundas nedåt till närmaste hela hundratal. (AFS 2014:8)

## Bestämmelser om sanktionsavgifter

**19 §** Bestämmelserna i 17 och 18 §§ utgör föreskrifter enligt 4 kap. 1 § arbetsmiljölagen (1977:1160).

Den som överträder dessa bestämmelser ska betala sanktionsavgift enligt 8 kap. 5–10 §§ arbetsmiljölagen. Sanktionsavgiftens storlek beräknas enligt de grunder som anges i 17 och 18 §§. (AFS 2014:8)

-----  
Denna författning träder i kraft den 27 april 2010.

-----  
AFS 2014:8

Denna författning träder i kraft den 1 juli 2014.

AFS 2019:11

Denna författning träder i kraft den 1 november 2019.

## Arbetsmiljöverkets allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna om artificiell optisk strålning

Arbetsmiljöverket meddelar följande allmänna råd om tillämpningen av Arbetsmiljöverkets föreskrifter (AFS 2009:7) om artificiell optisk strålning.

Allmänna råd har en annan juridisk betydelse än föreskrifter. De är inte tvingande. Deras funktion är att förtydliga innebörden i föreskrifterna (t.ex. upplysa om lämpliga sätt att uppfylla kraven, visa exempel på praktiska lösningar och förfaringsätt) och att ge rekommendationer, bakgrundsinformation och hänvisningar.

Dessa föreskrifter bygger på Europaparlamentets och rådets direktiv 2006/25/EG av den 5 april 2006 om minimikrav för arbetstagares hälsa och säkerhet vid exponering för risker som har samband med fysikaliska agens (artificiell optisk strålning) i arbetet (nittonde särdirektivet enligt artikel 16.1 i direktiv 89/391/EEG; EUT L114, 27.4.2006, s. 38, Celex 32006L0025).

Kommissionen har utarbetat en omfattande handbok A Non-Binding Guide to the Artificial Optical Radiation Directive 2006/25/EC för att underlätta den praktiska tillämpningen av direktivet på arbetsplatserna. Då beslut fattas om denna föreskrift är direktivhandboken ännu ej färdigställd men en svensk översättning är beslutad. Eftersom handboken är detaljerad och kommer att vara lättillgänglig via Arbetsmiljöverket har följande allmänna råd kunnat hållas relativt kortfattade.

### Optisk strålning

Ultraviolett strålning (UV-strålning) är liksom synlig strålning (ljus) och infraröd strålning (värme) en form av elektromagnetisk strålning. Dessa tre former av strålning kallas med ett gemensamt namn för optisk strålning. Den optiska strålningen lyder vanliga optiska lagar, såsom att strålningen bryts i linser och prismor eller reflekteras i speglar.

Ultraviolett strålning indelas ofta i skilda våglängdsområden. Den vanligaste och mest spridda indelningen av UV-strålning är i tre olika delband: UVC (180–280 nm), UVB (280–315 nm) och UVA (315–400 nm). Gränsen mellan UVA och UVB är biologiskt motiverad; UVC- och UVB-strålningen absorberas exempelvis nästan helt i ögats hornhinna, medan UVA-strålningen i betydande mängd förmår tränga fram till linsen.

Synlig strålning är den del av det elektromagnetiska spektrat som människan kan uppfatta visuellt. Detta spektralområde benämns i dagligt tal som "ljus" och har en våglängd mellan cirka 380 och 780 nm.

Infraröd strålning (IR-strålning) benämns även värmestrålning och är elektromagnetisk strålning inom våglängdsområdet 780 nm till 1 mm. Dessa våglängder kan inte uppfattas visuellt men upplevs, i varierande grad beroende på våglängden, som värme både i ögat och på huden.

### Laser

Benämningen laser används för att beteckna en teknisk anordning som kan producera elektromagnetisk strålning i våglängdsområdet 180 nm till 1 mm genom processen kontrollerad stimulerad emission. LASER är en sammansättning av initialer, bildade ur det engelskspråkiga uttrycket Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation.

Klassindelningen av lasrar har uppkommit som ett led i ett försök att gruppera lasrar efter de risker som det medför att använda dem. En given laserklass omfattar lasrar som i stort sett representerar samma typ av risk och samma grad av farlighet vid användningen. Laserklasserna numreras i stigande följd (1, 1M, 2, 2M, 3R, 3B och 4) efter den bedömda risken. Alla klasser utom den högsta har en kvantitativt definierad övre gräns för den utsända strålningsenergin och effekten. Klassgränserna är beroende både av våglängd och utsändningstid.

### Exponering för optisk strålning

Trots att UV-strålning från solen med våglängder kortare än 290 nm inte når jordytan kan människor utsättas för strålning i både UVC- och UVB-området då det i inomhusmiljö kan förekomma ett antal kraftiga UV-strålkällor. Dessa kan delas in i följande grupper:

- bredbandiga, högintensiva: t.ex. svetsbågar, lackhårdare, UV-lampor för medicinsk behandling,
- bredbandiga, lågintensiva: t.ex. solarielampor, metallhalogenlampor,
- monokromatiska: t.ex. bakteriedödande lysrör.

Med begreppet bredbandig avses en strålkälla som emitterar (sänder ut) strålning inom ett större våglängdsområde. Monokromatiska strålkällor kan emittera en eller flera smala frekvenslinjer, men i regel är en av dessa klart dominerande.

I vårt arbete exponeras vi näst intill konstant för synlig strålning från solen eller från artificiella ljuskällor. Av de senare är belysningsarmaturer och datorskärmar vanligast, men även en industriprocess som svetsning avger stora



mängder synlig strålning.

Infraröd strålning, IR, avges av alla föremål. Höga nivåer förekommer vid stark upphettning av olika material, t.ex. vid metallsmältor, glas vid glasblåsning och IR-lampor för härdning. Infraröd strålning används även inom sjukvården vid exempelvis IR-diagnostik och IR-behandling. Infraröd strålning används också vid kommunikation mellan olika former av utrustning. Vid signalöverföring i datornätverk kan höga intensiteter av IR uppkomma.

## Mätning av optisk strålning

Ultraviolet strålning kan bestämmas med flera olika mätmetoder baserade på fotokatoder, fotomultiplikator, halvledardetektorer, termiska detektorer eller med UV-dosimetrar baserade på polysulfonfilm eller sporutveckling. Valet av metod beror på i vilken grad man önskar detaljerad kännedom om våglängd, spektralfördelning, tidsvariationer eller totaldosen över tid.

I bilagorna anges gränsvärden även för synlig strålning i storheterna watt och joule trots att flertalet mätningar i det synliga området gäller belysning och då vanligen rapporteras i lux och candela. Gemensamt för de två senare storheterna är att de är proportionella mot näthinnans känslighet vid de olika våglängderna men oproportionella mot de hälsorisker som kan uppkomma i t.ex. hornhinnan, linsen och huden. Rent hälsovådligt höga strålningsflöden kan alltså förekomma vid våglängder där näthinnans ljuskänslighet är låg och därmed förrädiskt nog även luxtalet.

Vid mätning av strålningsflödet eller effekten av infraröd strålning -används vanligen radiometrar.

## Hälsoeffekter

I Tabell 1 sammanfattas de skadeverkningar som strålning i olika våglängdsområden kan ge upphov till på såväl öga som hud.

Intensiv exponering för optisk strålning kan ge upphov till akuta skador på oskyddad hud och oskyddade ögon. Upprepad exponering för optisk strålning kan orsaka kroniska skador på ögon och hud samt leda till hudcancer. Hur svår skadan blir beror på stråldosen och våglängden.

Att laserstrålningen, till skillnad från konventionella optiska källor, är -koherent gör den inte i sig mer biologiskt farlig. Riskerna för skador på ögon och hud beror på strålningens ofta mycket höga intensitet i förening med att människans naturliga skyddsmekanismer inte längre räcker till. Dels kan ett väl samlat strålknippe från en laser utgöra en risk på mycket stora avstånd (hundratals meter även utan användandet av optiska system som t.ex. en kikare), dels kan en laser som sänder ut en serie av mycket kortvariga pulser medföra stora effekttätheter i ögat utan att utlösa de naturliga skyddsmekanismerna. Detta sammantaget har lett till att laserstrålningen har omgärdats med särskilda säkerhetsåtgärder. Indelningen av lasrar i olika klasser utgör den tekniska utgångspunkten i säkerhetsarbetet.

**Tabell 1. Skadetyper vid exponering för optisk strålning**

Spektralområde	Öga	Hud
UVC (180—280 nm)	Fotokeratit	Erytem
UVB (280—315 nm)	Som UVC	Erytem Elastos Pigmentering
UVA (315—400 nm)	Katarakt	Pigmentering Fotosensitiva reaktioner Brännskada
Synligt (380—780 nm)	Fotokemisk och termisk skada på näthinnan	Som UV-A
IRA (780—1 400 nm)	Termisk skada på näthinnan	Brännskada
IRB (1,4—3,0 µm)	Katarakt  Termisk skada på hornhinnan	Som IRA
IRC (3,0 µm—1 mm)	Som IRB	Som IRA

## Ögonskador

Ultraviolett strålning av olika våglängder absorberas på olika nivåer i ögat. Medan mer kortvågig strålning (UVB) i huvudsak absorberas i hornhinnan absorberas mer långvågig strålning (UVA) i linsen.

Ultraviolett strålning kan skada hornhinnan och ge upphov till s.k. svetsblänk eller snöblindhet (fotokeratit). Skadorna uppträder oftast några timmar efter exponering. Symptomen är smärta, tårflöde och obehag av ljus. Efter ett par dagar har skadan läkt. Vid mycket höga doser av ultraviolett strålning kan dock den bakre delen av hornhinnan (endotelcellerna) skadas vilket kan resultera i en permanent nedsättning av synen.

Sjukdomen grå starr – grumling av ögats lins – är vanlig hos äldre personer. Optisk strålning, i form av ultraviolett strålning och värmestrålning, anses vara en viktig faktor för utveckling av denna sjukdom.

Synlig strålning absorberas endast marginellt i hornhinnan och ögats lins och når därför relativt opåverkad in till näthinnan. Nivåerna kan således bli höga och där orsaka skador på fotoreceptorer och nervceller.

Infraröd strålning absorberas beroende av våglängden av hornhinnan och linsen och kan därmed skapa värmeinducerade skador på dessa vävnader. Glasblåsarstarr var tidigare en vanlig åkomma bland glasbruksarbetare som befunnit sig nära glassmältorna under långa tidsperioder.

## Hudskador

Erytem (hudrodnad) uppkommer när huden överexponeras för UV-strålning. Erytemet uppträder redan några timmar efter exponering och når sitt maximum efter 12-24 timmar. Rodnaden är kombinerad med sveda och vid kraftig exponering kan det uppstå blåsor i huden på samma sätt som vid en brännskada. Risken för erytem beror dels på hudens UV-känslighet och på pigmenteringen hos individen och dels på våglängden.

När gränsvärdena för synlig strålning överskrids finns det risk för termiska effekter i form av brännskador på huden liksom för fotokemiska och termiska skador i ögats näthinna.

Stark infraröd strålning kan ge upphov till brännskador på oskyddad hud. Normalt uppfattar arbetstagaren denna

exponering i och med att huden smärtar och svider redan vid exponeringen. Detta medför oftast att arbetet kan avbrytas innan svårare skador uppkommer.

## Hudcancer

Ultraviolet strålning ökar risken för hudcancer och även läppcancer. Hudcancer förekommer i olika former; basalcellscancer, skivepitelcancer och malignt melanom.

För basalcellscancer och skivepitelcancer ökar sannolikheten att drabbas med ökande livstidsdos av ultraviolet strålning. De allra flesta som drabbas av dessa cancerformer kan botas men det är angeläget att tumörerna upptäcks i tid. För hudcancer av typen malignt melanom anses antalet tillfällen då man bränt sig i solen ha större betydelse. Denna cancerform är betydligt allvarligare än de båda förstnämnda och det är mycket viktigt för prognosen att melanom upptäcks i ett tidigt stadium.

## Kommentarer till vissa paragrafer

**Till 1 §** Syftet med föreskrifterna är att skydda arbetstagare mot de skador på ögon och hud som kan uppkomma vid exponering för artificiell optisk strålning. Föreskrifterna motiveras av att flera av dessa skador är allvarliga och kroniska, i vissa fall livshotande. Om skada av t.ex. en stark laserstråle uppkommer på ögats näthinna medför detta oftast en livslång synnedsättning. Hudcancer av typen malignt melanom medför ett stort antal dödsfall varje år.

**Till 2 §** Föreskrifterna gäller enbart artificiell optisk strålning och således inte vid exponering för solstrålning. Skyddsåtgärder vid utomhusarbete erfordras enligt det generella kravet i AML 2 kap. 2 § på att yrkesarbete ska utföras i en sund och säker miljö. Råd och rekommendationer om hur man skyddar sig vid vistelse i starkt solljus finns bl.a. på Strålsäkerhetsmyndighetens hemsida [www.ssm.se](http://www.ssm.se)

Föreskrifter om ultraviolett strålning och laser utfärdas också av Strålsäkerhetsmyndigheten. Dessa gäller både inom och utanför arbetsmiljölagens tillämpningsområde. De innehåller hygieniska riktvärden och rekommendationer för ultraviolett strålning, bl.a. särskilda föreskrifter för användning av laser vid medicinska och odontologiska behandlingar och undersökningar samt för användning av laser för underhållning eller reklam.

I 1 § av Arbetsmiljöverkets föreskrifter om Medicinska kontroller i arbetslivet förtydligas ansvarsfördelningen mellan den arbetsgivare som hyr ut arbetskraft och den som hyr in densamma.

### Till 3 §

Erbjuda medicinsk kontroll	Att erbjuda medicinsk kontroll innebär inget hinder eller förbud för arbetsgivaren att sysselsätta den som avböjt att genomgå sådan erbjuden kontroll. Det förutsätts att den erbjudna kontrollen inte medför några kostnader för arbetstagaren.
Gränsvärden för exponering	Om dessa gränsvärden respekteras kommer det att säkerställa att arbetstagare som exponeras för artificiella optiska strålkällor skyddas mot alla kända negativa hälsoeffekter.
Hälsoundersökning	Undersökningen kan genomföras med hjälp av ett frågeformulär, ett enskilt samtal eller kroppsuppsökningar och provtagningar.
Infraröd strålning (IRS)	Det infraröda området indelas i IRA (780–1 400 nm), IRB (1 400–3 000 nm) och IRC (3 000 nm–1 mm).
Laserklass 3B	Sådana lasrar betraktas som riskabla för ögat både vid direkt exponering och vid exponering från en reflex. Reflexer från en matt yta är dock ofarliga att betrakta.
Laserklass 4	Här kan det även vara farligt att oskyddad betrakta en upplyst fläck på en matt yta. Klassen saknar övre gräns. Lasrar i denna klass kan skada både ögon och hud. De utgör även en brandfara om de har hög effekt. Lasrar som används för kirurgi och för att skära i olika material tillhör ofta denna klass.
Läkarundersökning	Vid läkarundersökning är det angeläget att patienten ges tid att samtala med läkaren.
Ultraviolett strålning (UVS); och UV-strålning	Det ultravioletta området indelas i UVA (315–400 nm), UVB (280–315 nm) och UVC (100–280 nm).

**Till 4 §** De i Bilaga I och II angivna gränsvärdena grundas på de gränsvärden som angetts av ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection). Dessa värden bygger på bästa möjliga information från experimentella studier och har fastställts så att de ligger under kända riskexponeringar. Gränsvärdena gäller en 8 timmars arbetsdag. Om exponeringen närmar sig gränsvärdet bör man undvika ytterligare exponering under de följande 16 timmarna. Syftet är att förebygga akuta skador. Värdena utgör ingen skarp gräns mellan säkra och skadliga exponeringsnivåer, men är satta så att varken ögon eller hud ska drabbas av några akuta skador om värdena inte överskrids. De innebär däremot inget säkert skydd mot sena skador, exempelvis hudcancer, till följd av UV-exponering. Erfarenheterna från skador orsakade av pulserad och modulerad laserstrålning är fortfarande begränsade, varför det är viktigt att vara särskilt försiktig när riskerna med dessa bedöms. Exponering för optisk strålning bör därför alltid hållas så låg som möjligt.

Den biologiska effekten av UV-strålning är starkt beroende av våglängden på strålningen. Förekommande strålkällor innehåller i normalfallet ett brett våglängdsområde. För att bedöma den sammanlagda skadliga effekten av en viss strålning behöver man därför väga samman intensiteten i alla förekommande våglängdsområden, se även 5 §. För att förenkla datorhantering kan vägningsfaktorerna  $S(\lambda)$  i Tabell 1.2 i Bilaga I med tillräcklig noggrannhet för alla praktiska bedömningar erhållas ur analytiska uttryck som återfinns i Strålsäkerhetsmyndighetens Allmänna råd om hygieniska riktvärden för ultraviolett strålning. Man bör även beakta skaderiskerna för dem som befinner sig i närheten av, men

inte direkt arbetar med, en strålkälla.

**Till 5 §** Enligt 3 kap. 2a § Arbetsmiljölagen ska arbetsgivaren systematiskt planera, leda och kontrollera verksamheten så att arbetsmiljölagsstiftningens krav uppfylls. Detta innebär bl.a. att riskerna för skador till följd av exponering för ultraviolett strålning kan behöva bedömas och dokumenteras redan på planeringsstadiet liksom vid förändringar i verksamheten. I Arbetsmiljöverkets föreskrifter om Systematiskt arbetsmiljöarbete finns kraven vad gäller arbetsgivarens ansvar i detta avseende ytterligare beskrivna.

Vid flertalet arbetsplatser finns enbart s.k. triviala strålkällor för optisk strålning. Detta innebär att strålningen i normalfallet är så låg att ytterligarebestämning av exponeringen från dessa källor inte behövs. Exempel på -triviala strålningskällor är enligt kommissionens direktivhandbok:

1. Takmonterade lysrörsarmaturer med diffusor.
2. Bildskärmar för datorer och liknande.
3. Takmonterade armaturer med kompaktlysrör.
4. Kompaktlysrör för flodljus.
5. UVA-insektsfällor.
6. Takmonterade halogen spotlights.
7. Glödlampor som bordsbelysning.
8. Takmonterade glödlampor.
9. Fotokopiatorer.
10. Interaktiva whiteboard presentationsutrustningar.
11. Lysdioder i form av indikatorlampor.
12. Digitala kalendrar.
13. Fordonsbelysningar i form av bromsljus, positionsljus, blinkers, backljus och dimljus.
14. Kamerablixtar.
15. Gatubelysning.

Vid val av icke-triviala artificiella strålkällor är det lämpligt att i första hand välja strålkällor där tillverkaren eller leverantören har dokumenterat emissionen från produkten. Vid bedömningen av hur höga nivåer av artificiell optisk strålning som förekommer på arbetsplatsen kan då arbetsgivaren använda sig av dessa uppgifter. En förutsättning för detta är att utrustningen omfattas av relevanta gemenskapsdirektiv, dvs. att tillverkarens uppgifter om hur mycket optisk strålning apparaturen avger, bestämts enligt standarder som är accepterade inom EU, t.ex. lågspänningsdirektivet och liknande dokument angivna av IEC, CIE och CEN. Normalt kan tillverkare av strålkällor tillhandahålla dessa uppgifter. Om tillverkaren eller leverantören inte kan ge data om UV-emissionen får den arbetsmiljöansvarige själv skaffa sig kunskap om emissionsförhållandena och förvissa sig om att den exponering som uppstår inte ger upphov till skadliga effekter. Ett flertal exempel på icke-triviala strålkällor finns i kommissionens direktivhandbok.

**Till 6 §** Uppskattningen av exponeringen för artificiell optiskt strålning bör genomföras med intervall som inte överstiger fem år även om verksamheten fortgått relativt oförändrad vad gäller denna exponering för optiskt strålning. När förutsättningarna ändras behövs nya exponeringsuppskattningar.

Med sakkunnig person avses att den som utför dessa har den utbildning och praktiska erfarenhet som krävs för att resultatet ska vara tillförlitligt.

**Till 7 §** Kraven på bedömning av risker för att någon kan komma att drabbas av ohälsa eller olycksfall i arbetet, samt krav på dokumentation av denna riskbedömning, framgår av Arbetsmiljöverkets föreskrifter Systematiskt arbetsmiljöarbete, SAM. Som en naturlig del i denna övergripande riskbedömning ingår bedömningen av den artificiella optiska strålningen.

Om det på arbetsplatsen endast finns triviala optiska strålkällor kan arbetsgivaren vid riskbedömningen enligt SAM konstatera att arbetsplatsen endast har sådana strålkällor. Strålningskällor som inte finns uppräknade som triviala i kommentarerna till 5 §, eller som uppenbart är att jämföras med dessa, bör betraktas som icke-triviala till det att en exponerings- och riskbedömning av källan gjorts.

Om det på arbetsplatsen finns optiska strålningskällor som inte är triviala anges detta i riskbedömningen efter analys enligt punkt 1-11 i föreskriftstexten.

UV-strålningens biologiska påverkan varierar kraftigt beroende på våglängden. Överexponering för UV-strålning kan

ge upphov till såväl akuta skador på oskyddade ögon och oskyddad hud som ökad risk för sena effekter som t.ex. hudcancer och förändringar av hudens struktur (elastos; läderartad hud). Här finns också, som nämnts ovan, stora individuella variationer. Det är ofta lämpligt att ta stöd av medicinsk och teknisk expertis inom t.ex. företagshälsovården för denna bedömning. Särskilda riskgrupper kan vara personer med genetiskt mycket ljus hy och svag pigmentering. Andra riskfaktorer kan vara melanom i släkten.

Sambandet mellan våglängden och graden av biologisk påverkan beskrivs av aktionsspektrum, i strålskyddssammanhang talar man även om riskkurvor, effektivitetskurvor eller vägningskurvor. Experimentellt har man funnit att olika biologiska vävnader och effekter har olika vägningskurvor. Strålkällor innehåller i normalfallet ett brett våglängdsområde. För att kunna värdera den biologiska effekten av en viss dos strålning vägs intensiteterna inom skilda våglängdsområden ihop till ett sammanlagt mått.

Ett exempel på detta är att UV-strålning med våglängden 270 nm anses vara den biologiskt mest skadliga både vad gäller erytem (hudrodnad) och fotokeratit (skada på ögats hornhinna). Genom att studera hur stora doser UV-strålning vid andra våglängder som krävs för att ge samma effekt som vid 270 nm får man ett aktionsspektrum för den kombinerade effekten erytem-fotokeratit. För UV-strålning, som enbart innehåller våglängden 270 nm, anser man att dosen  $30 \text{ J m}^{-2}$ , under 24 timmar, normalt inte leder till några observerbara akuta effekter. Strålning vid exempelvis våglängden 310 nm har en effektivitet som är 1,5% av den vid 270 nm. Detta innebär att  $2000 \text{ J m}^{-2}$  vid 310 nm ger samma effekt som  $30 \text{ J m}^{-2}$  vid 270 nm. Den sammanlagda biologiska effekten får man fram genom att summera bidragen till skadlig effekt från alla de våglängdsintervall som förekommer i UV-strålningen från en viss strålkälla.

Det existerar i den vetenskapliga litteraturen ett antal olika vägningskurvor. I flertalet fall är dock skillnaderna dem emellan inte särskilt stora. Vägning av intensiteten i skilda våglängdsområden kan ske enligt Tabell 1.2 och 1.3. i Bilaga I.

Aktionspektrat för uppkomst av cancer är inte helt klarlagt, men det har förmodligen ett likartat utseende som aktionspektrat för uppkomst av hudrodnad. Det vill säga de våglängder som effektivast åstadkommer hudrodnad är förmodligen också de farligaste från cancersynpunkt. Risk för sena skador, exempelvis hudcancer, till följd av UV-exponering anses finnas även i sådana fall där inga akuta skador riskeras. Exponering för UV bör därför alltid hållas så låg som möjligt.

Vid laserbearbetning av material och vid medicinsk behandling kan den bestrålade materia (oorganisk eller organisk) förgasas. Inandningsluften kan därför innehålla skadliga mängder av kemiska eller biologiska substanser. För att förhindra detta kan man i regel använda lokala utsug eller, där detta inte går, särskild ventilation. Förutom utgasningen kan också fragment av strålmålet finnas i dess omgivning, och större splitter kan lösgöras och bli farliga projektiler. Vilken skyddsutrustning som kan behövas får bedömas från fall till fall utifrån de risker som förekommer. Det är viktigt att använda rätt andningsskydd och t.ex. rätt filter i andningsskyddet.

Annan optisk strålning än själva laserstrålningen, s.k. kollateral strålning, kan emitteras från urladdningsrör och blixtaggregat i lasersystemet, liksom sekundär strålning från själva strålmålet. Denna strålning kan vara mycket intensiv och utgöra en risk i sig. Avskärmning och ögonskydd kan minska eventuella risker. För att vara säker på att ögonen skyddas på ett godtagbart sätt bör man även beakta att den kollaterala och den sekundära strålningen innehåller andra våglängdskomponenter än strålningen från laserkällan.

Beroende på vilket lasersystem som används kan ytterligare andra risker vara förenade med laserarbetet. Bland dessa märks användning av farliga kemiska ämnen i lasersystemet, laserreaktionsprodukter, kryogena kylmedel, förekomst av höga elektriska spänningar och höga kapacitanser för urladdningsrör samt explosionsrisker. Till detta kommer risken för brand i exponerat material. För att undvika brand i material i närheten av det exponerade området bör materialet där vara svårantändligt. Om lättantändliga eller brännbara gaser, t.ex. lustgas, används i närheten av strålmålet bör man vara särskilt försiktig. Detta gäller även när man använder syrgas eftersom den underhåller förbränning.

**Till 8 §** Detta krav finns beskrivet i Arbetsmiljöverkets föreskrifter Systematiskt arbetsmiljöarbete.

**Till 9 §** Även om det enligt riskbedömningen beskriven i 7 § inte är sannolikt att gränsvärdena för exponering kommer att överskridas, behöver arbetsgivaren vidta alla rimliga tekniska och organisatoriska åtgärder som eliminerar eller minskar riskerna vid exponeringen för optisk strålning. Det kan vara tekniska åtgärder som val av utrustning eller val av arbetsmetod, och organisatoriska åtgärder som arbetsrotation och minskning av den tid arbetstagaren exponeras för optisk strålning. Dessa åtgärder tidsätts i handlingsplanen.

Ögonen behöver skyddas mot intensiv exponering för optisk strålning bl.a. beroende på risken för grå starr. Ett effektivt skydd har tillräcklig optisk dämpning i hela UV- och IR-området. Jämför standarden Ögonskydd – Filter mot ultraviolett strålning – Fordringar på transmittans (SS-EN 170) och motsvarande för infraröd strålning (SS-EN 171). Till de optiska och mekaniska kriterier som påverkar valet av ögonskydd hör t.ex.:

1. aktuellt våglängdsområde,
2. strålningens intensitet,

3. maximalt tillåten exponering,
4. ljustransmission i det synliga våglängdsområdet,
5. krav på synfält och sidoskydd,
6. ögonskyddets mekaniska hållfasthet,
7. komfort och ventilation m.m.

Det är viktigt att se till att personer som efter en gråstarrsoperation saknar ögonlinser eller bär ersättningslinser som inte absorberar UVA får speciella ögonskydd.

Ögonskydd bör ha goda optiska egenskaper i det synliga våglängdsområdet. En god ljustransmission gör att den som använder ögonskydd ser bra i vanlig rumsbelysning och på ett tillfredsställande sätt kan klara sina synuppgifter. För arbeten där strålningen är mycket intensiv i större delen av det optiska området, inklusive det synliga, behövs ögonskydd som samtidigt kraftigt sätter ned förmågan att se i normal rumsbelysning. Att då använda elektrooptiska filter kan vara en möjlighet att minska skaderisken och samtidigt underlätta arbetet. Arbetsmiljöverket har gett ut föreskrifter som bl.a. berör belysning i arbetsmiljön, Arbetsplatsens utformning. Där anges flera belysningskriterier som ska vara uppfyllda.

Svetsbågar är den vanligaste orsaken till akut överexponering för UV-strålning från artificiella strålkällor inom arbetsmiljön. Vid arbete med sådana finns alltid risk för hud- eller ögonskador .

För att minska exponeringen för UV-strålning på huden kan man använda lämplig skyddande klädsel. Tätt bomullstygt är oftast ett effektivt skydd. Det är speciellt viktigt att skydda händerna eftersom dessa ofta är värst utsatta.

Vissa ämnen kan vara fotosensibiliserande, dvs. förstärka effekterna av ultraviolett strålning. Arbetstagare som kan komma i kontakt med sådana ämnen bör informeras om de risker detta kan medföra. Personer som intar vissa mediciner kan vara extra känsliga för UV-strålning. Om det finns risk för att en sådan arbetstagare kommer att exponeras för höga UV-doser (speciellt UVA) är det viktigt att arbetsgivaren informeras om situationen och vidtar nödvändiga åtgärder.

Regler om personlig skyddsutrustning finns i Arbetsmiljöverkets föreskrifter om Användning av personlig skyddsutrustning och om Utförande av personlig skyddsutrustning.

Ultraviolett strålning kan genom sin verkan på omgivningen ge upphov till skaderisker som endast indirekt beror på denna strålning. En sådan risk är t.ex. att vissa kemiska ämnen bildas till följd av kortvägig UV-strålning; bl.a. produceras ozon från luftens syre vid t.ex. svetsning. Detta innebär att även UV-strålning som är helt avskärmat från omgivningen kan medföra risker. Ett annat exempel på indirekta skaderisker gäller sådana belysningskällor, t.ex. lysrör, där UV-strålning omvandlas till synlig strålning genom fluorescens i lyspulver eller dylikt. Om sådant intensivt ljus innehåller våglängder i den blå delen av spektrat finns det risk för att tapparna i ögats näthinna som är känsliga för de blå färgerna skadas, s.k. blåljusskada. Ytterligare en risk är att vissa plastmaterial åldras och bryts ned av UV-strålning. Det finns exempel på att elektrisk isolation av plast har brutits ned i sådan omfattning att strömförande delar blottlagts.

**Till 10 §** Bestämmelser om skyltning och om begränsningar av tillträdet till områden där gränsvärdena kan komma att överstigas finns i Arbetsmiljöverkets föreskrifter om Skyltar och signaler. Specifik varningsskylt för icke-koherent strålning saknas. Lämplig skyltning är Fara med tillägsskylt "Stark optisk strålning".



Stark optisk strålning

**Till 11 §** När arbetsgivaren gör bedömningar, mätningar eller beräkningar enl. 6 § görs det i samråd med arbetstagarerna eller deras valda representanter såsom skyddsombud. Samrådet kan gälla lämplig arbetsteknik, behov av personlig skyddsutrustning, symtom som kan vara tecken på skadlig inverkan, samt eventuell samverkan mellan arbetets risker och livsstilsfaktorer som frekvent solbad och solarieanvändning.

**Till 12 §** Syftet med läkarundersökningen är att

1. förebygga skador,
2. konstatera om någon skadat sig genom exponering för artificiell optisk strålning,
3. förhindra att en skada förvärras.

Syftet kan uppnås genom förebyggande åtgärder i arbetsmiljön och -genom medicinsk utredning och medicinskt omhändertagande av den som exponerats eller skadats.

Läkarundersökningen kan dessutom ha en pedagogisk funktion genom att riskerna i arbetsmiljön blir tydliga och genom att den undersökte blir medveten om vilka symtom som kan motivera en förnyad läkarundersökning.

Arbetsmiljöverkets föreskrifter om medicinska kontroller i arbetslivet innehåller bl.a. regler och råd om

1. hur man undviker att olika faktorer i arbetsmiljön, inklusive optisk strålning, ger upphov till hälsostörningar,
2. när det är lämpligt att, eller när det ställs krav på att, genomföra medicinska kontroller av arbetsmiljöskalet,
3. när och hur man utför läkarundersökningar och andra medicinska kontroller,
4. hur man hanterar resultaten av kontrollerna.

Som framgår av föreskrifterna ger optisk strålning främst skador på ögon och hud. Vid risk för ögonskador kan läkare med specialistkompetens i ögonsjukdomar behöva anlitas. Det ställs inga specificerade krav på hur medicinska kontroller bör genomföras vid arbete som medfört exponering för optisk strålning.

**Till 13 §** Med läkares bedömning avses främst om läkaren funnit tecken på att en arbetstagarare skadats av arbetsmiljön. Detta har även betydelse för möjligheterna att förebygga ytterligare skador.

För att en läkare ska kunna lämna ut uppgifter om resultatet av en läkarundersökning av en enskild person krävs den undersöktes samtycke enligt sekretesslagen eller lagen om yrkesverksamhet på hälso- och sjukvårdens område. Om patienten medger detta kan läkaren lämna ut de hälsouppgifter som medgivandet gäller. Det finns som regel inga skäl för arbetsgivaren att efterfråga andra hälsouppgifter än de som har relevans för de risker som kan uppstå genom optisk strålning i arbetsmiljön eller för behoven av arbetsanpassning och rehabilitering vid sådant arbete.

**Till 14 §** Föreskrifter om utformning, klassificering och märkning av laser finns i Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter om lasrar. Kraven på utformning, klassificering och märkning av lasrar enligt denna paragraf ansluter sig till Svensk standard SS-EN 60825. Avsikten med klassning och märkning av laser är att användaren ska kunna ta reda på vilken typ av skaderisker som finns vid arbete med en viss laser. De eventuella riskerna i laserarbetet bör ringas in på ett så tidigt stadium som möjligt. Det kan därvid räcka med att konstatera att den aktuella lasern är av sådan art att den inte medför några risker i arbetsmiljön. Mätning av laserstrålningen kan behövas för att komplettera beräkningarna, t.ex. då dokumentation om lasern saknas eller är bristfällig, eller då lasern används på ett sådant sätt att beräkningar är svåra att göra.

Arbete med laser i laserklass upp till 3A innebär normalt ingen eller låg risk för strålskador. De naturliga skyddsmekanismerna (blinkreflex o.dyl.) utgör då ett skydd. Om strålningssamlade optik används i kombination med laser kan dock strålningstätheten för laserstrålningen bli så hög att det finns risk för att maximal tillåten exponering överskrids innan blinkreflexen hinner utlösas. Vid arbete med laser som innebär att blinkreflexen undertrycks (t.ex. vid inriktning av riktlaser i anläggningsarbete) kan skyddsglasögon för den aktuella våglängden behövas för att eliminera risken för ögonskador till följd av laserstrålningen.

Sammantaget innebär arbete med laser specifika risker och därmed kunskapsbehov. Kraven på utbildning för arbetsuppgifterna beskrivs i detalj i Arbetsmiljöverkets föreskrifter om Systematiskt arbetsmiljöarbete.



**Till 15 §** För att det inte ska råda oklarhet om vem som utsetts att övervaka lasersäkerheten på arbetsplatsen behöver detta dokumenteras skriftligt, t.ex. i en befattningsbeskrivning. Övriga berörda arbetstagare bör informeras om vem som utsetts. Dessa krav beskrivs i detalj i Arbetsmiljöverkets föreskrifter om Systematiskt arbetsmiljöarbete.

Det är lämpligt att kompetensen hos den som utses för uppgiften motiveras, t.ex. tidigare erfarenhet av lasersäkerhet och genomgången utbildning. Kurser om lasersäkerhet arrangeras regelbundet av bl.a. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut och av privata aktörer.

**Till 16 §** I Arbetsmiljöverkets föreskrifter Skyltar och signaler finns bestämmelser om skyltning inom riskområden där gränsvärdena kan komma att överstigas. Nedanstående varningsskylt anger risk eller fara i samband med laserstrålning.



**Till 17 §** De risker med laserstrålning som laserarbetet medför kan reduceras genom såväl tekniska som administrativa åtgärder. Exempel på tekniska åtgärder är strålstopp för att avsluta strålgången, inkapsling av strålgången, säkerhetsströmbrytare, avskärmning och avspärrning av riskområdet. Exempel på administrativa åtgärder är kontroll av kompetensen hos operatörer och personal som utför arbete inom riskområdet och regler för tillträde till detta.

Den aktuella bestämmelsen är tillämplig för de som föreskrifterna riktar sig till, se föreskrifternas 2 §. Sanktionsavgift kan påföras arbetsgivare (inhyrare jämställs enligt 2 § med arbetsgivare) och den som driver verksamhet enligt 3 kap. 5 § arbetsmiljölagen.

Med antal sysselsatta avses, oavsett om de arbetar heltid eller deltid:

- Anställda arbetstagare.
- Inhyrd arbetskraft (jämför 3 kap. 12 § andra stycket arbetsmiljölagen).

I fråga om verksamhet utan anställda arbetstagare (jämför 3 kap. 5 § arbetsmiljölagen) avses med antal sysselsatta, oavsett om de arbetar heltid eller deltid:

- De personer som driver verksamheten.
- Inhyrd arbetskraft.

Den aktuella fysiska eller juridiska personens organisationsnummer avgör vilka personer som ska anses ingå i verksamheten. I antalet sysselsatta inräknas personer på verksamhetens samtliga arbetsställen.

Antalet sysselsatta ska beräknas utifrån information avseende den dag som överträdelsen av sanktionsbestämmelsen konstaterades. (AFS 2014:8)

**Till 18 §** Laserskyddsglasögonen erbjuder ett tillfredsställande skydd endast om de är avsedda för den aktuella lasertypen, dvs. har tillräcklig optisk dämpning i det aktuella våglängdsområdet.

Vid privatpersoners okynnesexponering av arbetstagare med hjälp av handhållna lasrar är våglängden okänd och kan även variera från fall till fall vilket omöjliggör säkert val av skyddsglasögon. Underlaget för riskbedömningen av sådan exponering blir också osäker eftersom även den handhållna laserns styrka och exponeringens duration är oförutsägbar. Riskbedömningen får då baseras på den generella kunskap som finns om våglängd och styrka hos vanligt förekommande handhållna lasrar samt erfarenheter från eventuella tidigare okynnesexponeringar i samband med aktuella arbetsuppgifter.

Till de optiska och mekaniska kriterier som påverkar valet av skyddsglasögon hör t.ex.:

1. aktuell(a) laservåglängd(er),
2. laserstrålningens intensitet,
3. maximalt tillåten exponering,
4. skyddsglasets optiska täthet,
5. ljustransmission vid andra våglängder,
6. krav på synfältet och sidoskydd,
7. laserskyddsglasögonens strålningstålighet,
8. laserskyddsglasögonens mekaniska hållfasthet,

9. komfort och ventilation, m.m.

Det är viktigt att laserskyddsglasögonen har goda optiska egenskaper också vid andra våglängder än de aktuella laservåglängderna. En god ljustransmission gör att den som använder skyddsglasögonen ser bra i vanlig rumsbelysning, och på ett tillfredsställande sätt kan klara synuppgifterna. Ögonen kan även behöva skyddas mot annan strålning än laserstrålning, se 7 § med kommentarer.

Bestämmelser om hur personlig skyddsutrustning ska vara utförd finns i Arbetsmiljöverkets föreskrifter om utförande av personlig skyddsutrustning.

Begreppet antal sysselsatta förklaras i kommentaren till 17 §. (AFS 2014:8)

## BILAGA I

### Icke-koherent optisk strålning

De biofysiskt relevanta värdena för exponering för optisk strålning kan fastställas med hjälp av nedanstående formler. Vilka formler som skall användas beror på inom vilket område strålningen sänds ut från strålkällan och resultatet bör jämföras med motsvarande gränsvärden för exponering som anges i tabell 1.1. Mer än ett värde för exponering och motsvarande gränsvärde för exponering kan vara relevant för en given källa för optisk strålning.

Beteckningarna a–o hänvisar till motsvarande rader i tabell 1.1.

$$\text{a) } H_{\text{eff}} = \int_0^t \int_{\lambda=180 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt \quad (H_{\text{eff}} \text{ är endast relevant i området } 180\text{--}400 \text{ nm})$$

$$\text{b) } H_{\text{UVA}} = \int_0^t \int_{\lambda=315 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt \quad (H_{\text{UVA}} \text{ är endast relevant i området } 315\text{--}400 \text{ nm})$$

$$\text{c, d) } L_{\text{B}} = \int_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} L_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda \quad (L_{\text{B}} \text{ är endast relevant i området } 300\text{--}700 \text{ nm})$$

$$\text{e, f) } E_{\text{B}} = \int_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda \quad (E_{\text{B}} \text{ är endast relevant i området } 300\text{--}700 \text{ nm})$$

$$\text{g-1) } L_{\text{R}} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda}(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot d\lambda \quad (\text{Se tabell 1.1 för relevanta värden på } \lambda_1 \text{ och } \lambda_2)$$

$$\text{m, n) } E_{\text{IR}} = \int_{\lambda=780 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot d\lambda \quad (E_{\text{IR}} \text{ är endast relevant i området } 780\text{--}3\,000 \text{ nm})$$

$$\text{o) } H_{\text{skin}} = \int_0^t \int_{\lambda=380 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt \quad (H_{\text{skin}} \text{ är endast relevant i området } 380\text{--}3\,000 \text{ nm})$$

För att uppnå syftet med detta direktiv kan ovanstående formler ersättas med följande uttryck och användning av diskreta värden som anges i de följande tabellerna:

$$\text{a) } E_{\text{eff}} = \sum_{\lambda=180 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda \quad \text{och} \quad H_{\text{eff}} = E_{\text{eff}} \cdot \Delta t$$

$$\text{b) } E_{\text{UVA}} = \sum_{\lambda=315 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda \quad \text{och} \quad H_{\text{UVA}} = E_{\text{UVA}} \cdot \Delta t$$

$$\text{c, d) } L_B = \sum_{\lambda=300\text{nm}}^{\lambda=700\text{nm}} L_\lambda \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

$$\text{e, f) } E_B = \sum_{\lambda=300\text{nm}}^{\lambda=700\text{nm}} E_\lambda \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

$$\text{g-l) } L_R = \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_\lambda \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda \quad (\text{Se tabell 1.1 för relevanta värden på } \lambda_1 \text{ och } \lambda_2)$$

$$\text{m, n) } E_{IR} = \sum_{\lambda=780\text{nm}}^{\lambda=3000\text{nm}} E_\lambda \cdot \Delta\lambda$$

$$\text{o) } E_{\text{skin}} = \sum_{\lambda=380\text{nm}}^{\lambda=3000\text{nm}} E_\lambda \cdot \Delta\lambda \quad \text{och} \quad H_{\text{skin}} = E_{\text{skin}} \cdot \Delta t$$

### Anmärkningar:

$E_\lambda(\lambda, t)$ ,  $E_\lambda$  *spektral irradians eller spektral effekttäthet*: effekten av den infallande strålningen på en yta per areaenhet, uttryckt i watt per kvadratmeter per nanometer [ $\text{W m}^{-2} \text{nm}^{-1}$ ]; värdena på  $E_\lambda(\lambda, t)$  och  $E_\lambda$  kommer från mätningar eller kan tillhandahållas av tillverkaren av utrustningen.

$E_{\text{eff}}$  *effektiv irradians (UV-område)*: beräknad irradians inom UV-våglängdsområdet 180 nm och 400 nm spektralt viktat med  $S(\lambda)$ , uttryckt i watt per kvadratmeter [ $\text{W m}^{-2}$ ].

$H$  *strålningsexponering*: integralen av irradiansen över tiden, uttryckt i joule per kvadratmeter [ $\text{J m}^{-2}$ ].

$H_{\text{eff}}$  *effektiv strålningsexponering*: strålningsexponering spektralt viktad med  $S(\lambda)$ , uttryckt i joule per kvadratmeter [ $\text{J m}^{-2}$ ].

$E_{\text{UVA}}$  *total irradians (UVA)*: beräknad irradians inom UVA-våglängdsområdet 315–400 nm, uttryckt i watt per kvadratmeter [ $\text{W m}^{-2}$ ].

$H_{\text{UVA}}$  *strålningsexponering*: integralen eller summan av irradiansen över tid och våglängd inom UVA-våglängdsområdet 315 nm och 400 nm, uttryckt i joule per kvadratmeter [ $\text{J m}^{-2}$ ].

$S(\lambda)$  *spektral viktning*: hänsyn tas till att hälsoeffekterna av UV-strålning på ögon och hud är beroende av våglängden (tabell 1.2) [dimensionslös].

$t, \Delta t$  *tid, exponeringens duration*: uttryckt i sekunder [s].

$\lambda$  *våglängd*: uttryckt i nanometer [nm].

$\Delta \lambda$	<i>bandbredd</i> : uttryckt i nanometer [nm], av beräknings- eller mätintervallen.
$L_\lambda (\lambda), L_\lambda$	<i>spektral radians</i> : från källan, uttryckt i watt per kvadratmeter per steradian per nanometer [ $\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1} \text{nm}^{-1}$ ].
$R (\lambda)$	<i>spektral viktning</i> : hänsyn tas till att den termiska skadan på ögat som orsakas av synlig strålning och IRA-strålning är beroende av våglängden (tabell 1.3) [dimensionslös].
$L_R$	<i>effektiv radians</i> (termisk skada): beräknad strålning spektralt viktad med $R (\lambda)$ , uttryckt i watt per kvadratmeter per steradian [ $\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$ ].
$B (\lambda)$	<i>spektral viktning</i> : hänsyn tas till att den fotokemiska skadan på ögat som orsakas av strålning av blått ljus är beroende av våglängden (tabell 1.3) [dimensionslös].
$L_B$	<i>effektiv radians (blått ljus)</i> : beräknad radians spektralt viktad med $B (\lambda)$ , uttryckt i watt per kvadratmeter per steradian [ $\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$ ].
$E_B$	<i>effektiv irradians (blått ljus)</i> : beräknad irradians spektralt viktad med $B (\lambda)$ , uttryckt i watt per kvadratmeter [ $\text{W m}^{-2}$ ].
$E_{IR}$	<i>total irradians (termisk skada)</i> : beräknad irradians för infraröd strålning i våglängdsområdet 780 nm och 3 000 nm, uttryckt i watt per kvadratmeter [ $\text{W m}^{-2}$ ].
$E_{\text{skin}}$	<i>total irradians (synlig, IRA och IRB)</i> : beräknad irradians för synlig och infraröd strålning i våglängdsområdet 380 nm och 3 000 nm, uttryckt i watt per kvadratmeter [ $\text{W m}^{-2}$ ].
$H_{\text{skin}}$	<i>strålningsexponering</i> : integralen eller summan av irradiansen över tid och våglängd inom våglängdsområdet 380 nm och 3 000 nm för synlig och infraröd strålning, uttryckt i joule per kvadratmeter ( $\text{J m}^{-2}$ ).
$\alpha$	<i>infallsvinkel</i> : infallsvinkeln från en strålkälla, betraktad från en punkt i rummet, uttryckt i milliradianer (mrad). En strålkälla är det verkliga eller virtuella föremål som ger minsta möjliga bild på näthinnan.

Tabell 1.1:

## Gränsvärden för exponering för icke-koherent optisk strålning

Index	Våglängd i nm	Gränsvärde för exponering (ELV)	Enhet	Anmärkning	Kroppsdelen	Risk
a.	180–400 (UVA, UVB och UVC)	$H_{\text{eff}} = 30$ 8 timmar per dag	$[\text{J m}^{-2}]$		öga hornhinna bindhinna lins hud	fotokeratit konjunktivit kataraktogenes erytem elastos hudcancer
b.	315–400 (UVA)	$H_{\text{UVA}} = 10^4$ 8 timmar per dag	$[\text{J m}^{-2}]$		öga lins	kataraktogenes
c.	300–700 (Blått ljus) <i>se not 1</i>	$L_B = \frac{10^6}{t}$ för $t \leq 10000 \text{ s}$	$L_B: [\text{W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}]$ $t: [\text{sekunder}]$	för $\alpha \geq 11 \text{ mrad}$	öga näthinna	fotoretinit
d.	300–700 (Blått ljus) <i>se not 1</i>	$L_B = 100$ för $t > 10000 \text{ s}$	$[\text{W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}]$			
e.	300–700 (Blått ljus) <i>se not 1</i>	$E_B = \frac{100}{t}$ för $t \leq 10000 \text{ s}$	$E_B: [\text{W m}^{-2}]$ $t: [\text{sekunder}]$	för $\alpha < 11 \text{ mrad}$ <i>se not 2</i>		
f.	300–700 (Blått ljus) <i>se not 1</i>	$E_B = 0,01$ $t > 10000 \text{ s}$	$[\text{W m}^{-2}]$			

Index	Våglängd i nm	Gränsvärde för exponering (ELV)	Enhet	Anmärkning	Kroppsdel	Risk
g.	380–1400 (Synligt och IRA)	$L_R = \frac{2,8 \cdot 10^7}{C_\alpha}$ för $t > 10$ s	[W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ]	$C_\alpha = 1,7$ för $\alpha \leq 1,7$ mrad $C_\alpha = \alpha$ för $1,7 \leq \alpha \leq 100$ mrad $C_\alpha = 100$ för $\alpha > 100$ mrad  $\lambda_{01} = 380$ ; $\lambda_2 = 1400$	öga näthinna	brännskada på näthinnan
h.	380–1400 (Synligt och IRA)	$L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_\alpha t^{0,25}}$ för $10 \mu\text{s} \leq t \leq 10$ s	$L_R$ : [W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ] $t$ : [sekunder]			
i.	380–1400 (Synligt och IRA)	$L_R = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_\alpha}$ för $t < 10 \mu\text{s}$	[W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ]			

Index	Våglängd i nm	Gränsvärde för exponering (ELV)	Enhet	Anmärkning	Kroppsdel	Risk
j.	780–1400 (IRA)	$L_R = \frac{6 \cdot 10^6}{C_\alpha}$ för $t > 10$ s	[W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ]	$C_\alpha = 11$ för $\alpha \leq 11$ mrad		
k.	780–1400 (IRA)	$L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_\alpha t^{0,25}}$ för $10 \mu\text{s} \leq t \leq 10$ s	L <sub>R</sub> : [W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ] t: [sekunder]	$C_\alpha = \alpha$ för $11 \leq \alpha \leq 100$ mrad $C_\alpha = 100$ för $\alpha > 100$ mrad (synfält: 11 mrad)	öga näthinna	brännskada på näthinna
l.	780–1400 (IRA)	$L_R = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_\alpha}$ för $t < 10 \mu\text{s}$	[W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ]	$\lambda_{01} = 780$ ; $\lambda_2 = 1400$		
m.	780–3000 (IRA och IRB)	$E_{IR} = 18000 t^{0,75}$ för $t \leq 1000$ s	E: [W m <sup>-2</sup> ] t: [sekunder]		öga hornhinna lins	brännskada på hornhinnan katarakt
n.	780–3000 (IRA och IRB)	$E_{IR} = 100$ för $t > 1000$ s	[W m <sup>-2</sup> ]			
o.	380–3000 (Synligt, IRA och IRB)	$H_{skin} = 20000 t^{0,25}$ för $t < 10$ s	H: [J m <sup>-2</sup> ] t: [sekunder]		hud	brännskada

Not 1: Området 300–700 nm täcker delar av UVB-strålning, all UVA-strålning och merparten av synlig strålning. Den associerade skadan kallas emellertid i allmänhet "blåljusskada". Blåljus i egentlig mening täcker bara ungefär området 400–490 nm.

Not 2: För stadig fixering av mycket små källor med en infallsvinkel på  $< 11$  mrad, kan  $L_B$  konverteras till  $E_B$ . Detta är normalt bara tillämpligt för oftalmologiska instrument eller ett stabiliserat öga under anestesi. Den maximala tid ögat kan stirra beräknas genom:  $t_{max} = 100 / E_B$  med  $E_B$  uttryckt i W m<sup>-2</sup>. På grund av ögonrörelser under normala synuppgifter överstiger denna inte 100 s.



Tabell 1.2:  
S ( $\lambda$ ) [dimensionslös], 180 nm–400 nm

$\lambda$ nm	S ( $\lambda$ )	$\lambda$ nm	S ( $\lambda$ )	$\lambda$ nm	S ( $\lambda$ )	$\lambda$ nm	S ( $\lambda$ )	$\lambda$ nm	S ( $\lambda$ )
180	0,0120	228	0,1737	276	0,9434	324	0,000520	372	0,000086
181	0,0126	229	0,1819	277	0,9272	325	0,000500	373	0,000083
182	0,0132	230	0,1900	278	0,9112	326	0,000479	374	0,000080
183	0,0138	231	0,1995	279	0,8954	327	0,000459	375	0,000077
184	0,0144	232	0,2089	280	0,8800	328	0,000440	376	0,000074
185	0,0151	233	0,2188	281	0,8568	329	0,000425	377	0,000072
186	0,0158	234	0,2292	282	0,8342	330	0,000410	378	0,000069
187	0,0166	235	0,2400	283	0,8122	331	0,000396	379	0,000066
188	0,0173	236	0,2510	284	0,7908	332	0,000383	380	0,000064
189	0,0181	237	0,2624	285	0,7700	333	0,000370	381	0,000062
190	0,0190	238	0,2744	286	0,7420	334	0,000355	382	0,000059
191	0,0199	239	0,2869	287	0,7151	335	0,000340	383	0,000057
192	0,0208	240	0,3000	288	0,6891	336	0,000327	384	0,000055
193	0,0218	241	0,3111	289	0,6641	337	0,000315	385	0,000053
194	0,0228	242	0,3227	290	0,6400	338	0,000303	386	0,000051
195	0,0239	243	0,3347	291	0,6186	339	0,000291	387	0,000049
196	0,0250	244	0,3471	292	0,5980	340	0,000280	388	0,000047
197	0,0262	245	0,3600	293	0,5780	341	0,000271	389	0,000046
198	0,0274	246	0,3730	294	0,5587	342	0,000263	390	0,000044
199	0,0287	247	0,3865	295	0,5400	343	0,000255	391	0,000042
200	0,0300	248	0,4005	296	0,4984	344	0,000248	392	0,000041
201	0,0334	249	0,4150	297	0,4600	345	0,000240	393	0,000039
202	0,0371	250	0,4300	298	0,3989	346	0,000231	394	0,000037
203	0,0412	251	0,4465	299	0,3459	347	0,000223	395	0,000036
204	0,0459	252	0,4637	300	0,3000	348	0,000215	396	0,000035
205	0,0510	253	0,4815	301	0,2210	349	0,000207	397	0,000033
206	0,0551	254	0,5000	302	0,1629	350	0,000200	398	0,000032
207	0,0595	255	0,5200	303	0,1200	351	0,000191	399	0,000031
208	0,0643	256	0,5437	304	0,0849	352	0,000183	400	0,000030
209	0,0694	257	0,5685	305	0,0600	353	0,000175		
210	0,0750	258	0,5945	306	0,0454	354	0,000167		
211	0,0786	259	0,6216	307	0,0344	355	0,000160		
212	0,0824	260	0,6500	308	0,0260	356	0,000153		
213	0,0864	261	0,6792	309	0,0197	357	0,000147		
214	0,0906	262	0,7098	310	0,0150	358	0,000141		
215	0,0950	263	0,7417	311	0,0111	359	0,000136		
216	0,0995	264	0,7751	312	0,0081	360	0,000130		
217	0,1043	265	0,8100	313	0,0060	361	0,000126		
218	0,1093	266	0,8449	314	0,0042	362	0,000122		
219	0,1145	267	0,8812	315	0,0030	363	0,000118		
220	0,1200	268	0,9192	316	0,0024	364	0,000114		
221	0,1257	269	0,9587	317	0,0020	365	0,000110		
222	0,1316	270	1,0000	318	0,0016	366	0,000106		
223	0,1378	271	0,9919	319	0,0012	367	0,000103		
224	0,1444	272	0,9838	320	0,0010	368	0,000099		
225	0,1500	273	0,9758	321	0,000819	369	0,000096		
226	0,1583	274	0,9679	322	0,000670	370	0,000093		
227	0,1658	275	0,9600	323	0,000540	371	0,000090		

Tabell 1.3  
**B ( $\lambda$ ), R ( $\lambda$ ) [dimensionslös], 380 nm–1 400 nm**

$\lambda$ i nm	B ( $\lambda$ )	R ( $\lambda$ )
$300 \leq \lambda < 380$	0,01	–
380	0,01	0,1
385	0,013	0,13
390	0,025	0,25
395	0,05	0,5
400	0,1	1
405	0,2	2
410	0,4	4
415	0,8	8
420	0,9	9
425	0,95	9,5
430	0,98	9,8
435	1	10
440	1	10
445	0,97	9,7
450	0,94	9,4
455	0,9	9
460	0,8	8
465	0,7	7
470	0,62	6,2
475	0,55	5,5
480	0,45	4,5
485	0,32	3,2
490	0,22	2,2
495	0,16	1,6
500	0,1	1
$500 < \lambda \leq 600$	$10^{0,02 \cdot (450 - \lambda)}$	1
$600 < \lambda \leq 700$	0,001	1
$700 < \lambda \leq 1\,050$	–	$10^{0,002 \cdot (700 - \lambda)}$
$1\,050 < \lambda \leq 1\,150$	–	0,2
$1\,150 < \lambda \leq 1\,200$	–	$0,2 \cdot 10^{0,02 \cdot (1150 - \lambda)}$
$1\,200 < \lambda \leq 1\,400$	–	0,02

## BILAGA II

### Optisk strålning från laser

De biofysiskt relevanta värdena för exponering för optisk strålning kan fastställas med hjälp av nedanstående formler. Vilka formler som skall användas beror på våglängden och durationen av den strålning som sänds ut från strålkällan och resultaten bör jämföras med motsvarande gränsvärden för exponering som anges i tabellerna 2.2–2.4. Mer än ett värde för exponering och motsvarande gränsvärde för exponering kan vara tillämpligt för en given källa för optisk strålning från laser.

Koefficienter som används för beräkningarna i tabellerna 2.2–2.4 anges i tabell 2.5 och korrigeringar för upprepad exponering anges i tabell 2.6.

$$E = \frac{dP}{dA} \quad [\text{W m}^{-2}]$$

$$H = \int_0^t E(t) \cdot dt \quad [\text{J m}^{-2}]$$

#### Anmärkningar:

dP      *effekt*: uttryckt i watt [W].

dA      *yta*: uttryckt i kvadratmeter [m<sup>2</sup>].

E(t), E    *irradians eller effekttäthet*: effekten av den infallande strålningen på en yta per areaenhet, vanligen uttryckt i watt per kvadratmeter [W m<sup>-2</sup>]. Värdena på E(t), E kommer från mätningar eller kan tillhandahållas av tillverkaren av utrustningen.

H      *strålningsexponering*: integralen av irradiansen över tiden, uttryckt i joule per kvadratmeter [J m<sup>-2</sup>].

t      *tid, duration av exponeringen*: uttryckt i sekunder [s].

λ      *våglängd*: uttryckt i nanometer [nm].

γ      *begränsande konvinkel för synfält*: uttryckt i milliradianer [mrad].

γ<sub>m</sub>    *synfält*: uttryckt i milliradianer [mrad].

α      *infallsvinkel*: för en källa uttryckt i milliradianer [mrad].

*begränsande apertur*: cirkulär yta inom vilken genomsnittlig exponering för irradians och strålning beräknas.

G      *integrerad radians*: integralen av radiansen över en given exponeringstid uttryckt som strålningsenergi per ytenhet av en strålände yta per rymdvinkelenhet, uttryckt i joule per kvadratmeter per steradian [J m<sup>-2</sup> sr<sup>-1</sup>].

Tabell 2.1:  
**Strålningsrisker**

Våglängd [nm] $\gamma$	Strålningsområde	Påverkat organ	Risk	Tabell över gränsvärden för exponering
180–400	UV	öga	fotokemisk skada och termisk skada	2.2, 2.3
180–400	UV	hud	erytem	2.4
400–700	synligt	öga	skada på näthinnan	2.2
400–600	synligt	öga	fotokemisk skada	2.3
400–700	synligt	hud	termisk skada	2.4
700–1 400	IRA	öga	termisk skada	2.2, 2.3
700–1 400	IRA	hud	termisk skada	2.4
1 400–2 600	IRB	öga	termisk skada	2.2
2 600–10 <sup>6</sup>	IRC	öga	termisk skada	2.2
1 400–10 <sup>6</sup>	IRB, IRC	öga	termisk skada	2.3
1 400–10 <sup>6</sup>	IRB, IRC	hud	termisk skada	2.4

Tabell 2.2

## Gränsvärden för laserexponering av ögat - Kort exponeringstid &lt; 10 s

Våglängd <sup>a</sup> [nm]		Apertur	Duration[s]																	
			10 <sup>-13</sup> - 10 <sup>-11</sup>	10 <sup>-11</sup> - 10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-9</sup> - 10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-7</sup> - 1,8 · 10 <sup>-5</sup>	1,8 · 10 <sup>-5</sup> - 5 · 10 <sup>-5</sup>	5 · 10 <sup>-5</sup> - 10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup> - 10 <sup>1</sup>											
UVC	180-280	1 mm för t < 0,3 s; 1,5 · t <sup>0,375</sup> för 0,3 < t < 10 s	E = 3 · 10 <sup>10</sup> · [W m <sup>-2</sup> ] Se not <sup>c</sup>						H = 30 [J m <sup>-2</sup> ]											
UVB	280-302								H = 40 [J m <sup>-2</sup> ]						om t < 2,6 · 10 <sup>-9</sup> så är H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ], se not <sup>d</sup>					
	303								H = 60 [J m <sup>-2</sup> ]						om t < 1,3 · 10 <sup>-8</sup> så är H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ], se not <sup>d</sup>					
	304								H = 100 [J m <sup>-2</sup> ]						om t < 1,0 · 10 <sup>-7</sup> så är H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ], se not <sup>d</sup>					
	305								H = 160 [J m <sup>-2</sup> ]						om t < 6,7 · 10 <sup>-7</sup> så är H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ], se not <sup>d</sup>					
	306								H = 250 [J m <sup>-2</sup> ]						om t < 4,0 · 10 <sup>-6</sup> så är H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ], se not <sup>d</sup>					
	307								H = 400 [J m <sup>-2</sup> ]						om t < 2,6 · 10 <sup>-5</sup> så är H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ], se not <sup>d</sup>					
	308								H = 630 [J m <sup>-2</sup> ]						om t < 1,6 · 10 <sup>-4</sup> så är H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ], se not <sup>d</sup>					
	309								H = 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]						om t < 1,0 · 10 <sup>-3</sup> så är H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ], se not <sup>d</sup>					
	310								H = 1,6 · 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]						om t < 6,7 · 10 <sup>-3</sup> så är H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ], se not <sup>d</sup>					
	311								H = 2,5 · 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]						om t < 4,0 · 10 <sup>-2</sup> så är H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ], se not <sup>d</sup>					
312	H = 4,0 · 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]								om t < 2,6 · 10 <sup>-1</sup> så är H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ], se not <sup>d</sup>											
313	H = 6,3 · 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]								om t < 1,6 · 10 <sup>0</sup> så är H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ], se not <sup>d</sup>											
314																				
UVA	315-400									H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ]										
Synligt och IRA	400-700	7 mm	H = 1,5 · 10 <sup>-4</sup> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]	H = 2,7 · 10 <sup>4</sup> t <sup>0,75</sup> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]	H = 5 · 10 <sup>-3</sup> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]	H = 18 · t <sup>0,75</sup> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]														
	700-1 050		H = 1,5 · 10 <sup>-4</sup> C <sub>A</sub> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]	H = 2,7 · 10 <sup>4</sup> t <sup>0,75</sup> C <sub>A</sub> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]	H = 5 · 10 <sup>-3</sup> C <sub>A</sub> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]	H = 18 · t <sup>0,75</sup> C <sub>A</sub> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]														
	1 050-1 400		H = 1,5 · 10 <sup>-3</sup> C <sub>C</sub> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]	H = 2,7 · 10 <sup>5</sup> t <sup>0,75</sup> C <sub>C</sub> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]	H = 5 · 10 <sup>-2</sup> C <sub>C</sub> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]			H = 90 · t <sup>0,75</sup> C <sub>C</sub> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]												
IRB och IRC	1 400-1 500	Se not <sup>b</sup>	E = 10 <sup>12</sup> [W m <sup>-2</sup> ]		Se not <sup>c</sup>		H = 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]			H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> · t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ]										
	1 500-1 800		E = 10 <sup>13</sup> [W m <sup>-2</sup> ]		Se not <sup>c</sup>		H = 10 <sup>4</sup> [J m <sup>-2</sup> ]													
	1 800-2 600		E = 10 <sup>12</sup> [W m <sup>-2</sup> ]		Se not <sup>c</sup>		H = 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]			H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> · t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ]										
	2 600-10 <sup>6</sup>		E = 10 <sup>11</sup> [W m <sup>-2</sup> ]		Se not <sup>c</sup>		H = 100 [J m <sup>-2</sup> ]		H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> · t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ]											

a Om laserns våglängd omfattas av två gränsvärden skall det mest restriktiva tillämpas.

b Om  $1\,400 \leq \lambda < 10^5$  nm : aperturdiameter = 1 mm för  $t \leq 0,3$  s och  $1,5 \cdot t^{0,375}$  mm för  $0,3 < t < 10$  s; om  $10^5 \leq \lambda < 10^6$  nm : aperturdiameter = 11 mm.

c På grund av bristande data för dessa pulslängder rekommenderar ICNIRP användning av 1 ns som gränsvärde för irradians.

d Tabellen ger värden för enstaka laserpulser. Om laserpulserna är flera, måste laserpulsdurationen för pulser inom ett intervall  $T_{\min}$  (förteckning i tabell 2.6) läggas ihop och det resulterande tidsvärdet fyllas i för t i formeln:  $5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ .

**Tabell 2.3**  
**Gränsvärden för laserexponering av ögat - Lång exponeringstid  $\geq 10$  s**

Våglängd <sup>a</sup> [nm]		Apertur	Duration [s]			
			$10^1 - 10^2$	$10^2 - 10^4$	$10^4 - 3 \cdot 10^4$	
UVC	180–280	3,5 mm	$H = 30 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ $H = 40 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ $H = 60 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ $H = 100 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ $H = 160 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ $H = 250 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ $H = 400 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ $H = 630 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ $H = 1,0 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ $H = 1,6 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ $H = 2,5 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ $H = 4,0 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ $H = 6,3 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ $H = 10^4 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$			
	280–302					
	303					
	304					
	305					
	306					
	307					
	308					
	309					
	310					
	311					
	312					
	313					
	314					
UVA	315-400					
Synligt 400 – 700	400-600 Fotokemisk <sup>b</sup> skada på näthinnan	7 mm	$H = 100 C_B \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ ( $\gamma = 11 \text{ mrad}$ ) <sup>d</sup>	$E = 1 C_B \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ ; ( $\gamma = 1,1 t^{0,5} \text{ mrad}$ ) <sup>d</sup>		$E = 1 C_B \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ ( $\gamma = 110 \text{ mrad}$ ) <sup>d</sup>
	400-700 Termisk <sup>b</sup> skada på näthinnan		om $\alpha < 1,5 \text{ mrad}$ så är $E = 10 \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ om $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ och $t \leq T_2$ så är $H = 18 C_E t^{0,75} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ om $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ och $t > T_2$ så är $E = 18 C_E T_2^{-0,25} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$			
IRA	700-1 400	7 mm	om $\alpha < 1,5 \text{ mrad}$ så är $E = 10 C_A C_C \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ om $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ och $t \leq T_2$ så är $H = 18 C_A C_C C_E t^{0,75} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ om $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ och $t > T_2$ så är $E = 18 C_A C_C C_E T_2^{-0,25} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ (får inte överstiga $1\,000 \text{ W m}^{-2}$ )			
IRB och IRC	1 400-10 <sup>6</sup>	Se <sup>c</sup>	$E = 1000 \text{ [W} \cdot \text{m}^{-2}\text{]}$			

- a Om våglängden eller något annat villkor för lasern omfattas av två gränsvärden skall det mest restriktiva tillämpas.
- b För små källor med en infallsvinkel på högst 1,5 mrad minskas de dubbla gränsvärdena  $E$  för synlig strålning på 400 nm–600 nm till de termiska gränsvärdena för  $10s \leq t < T_1$  och till de fotokemiska gränsvärdena för längre tidsperioder. För  $T_1$  och  $T_2$  se tabell 2.5. Gränsvärdet för fotokemiska skador på näthinnan kan också uttryckas som tidsintegrerad radians  $G = 106 C_B [J m^{-2}sr^{-1}]$  för  $t > 10$  s upp till  $t = 10\,000$  s och  $L = 100 C_B [W m^{-2}sr^{-1}]$  för  $t > 10\,000$  s. För mätningen av  $G$  och  $L$  skall  $\gamma_m$  användas som genomsnittligt synfält. Den officiella gränsen mellan synligt ljus och infraröd strålning är 780 nm enligt CIE:s definition. Kolumnen med beteckningar på våglängdsband är endast avsedd för att ge användaren en bättre överblick. (Beteckningen  $G$  används av CEN; beteckningen  $L_i$  används av CIE; beteckningen  $L_P$  används av IEC och CENELEC.)
- c För våglängden 1 400–10<sup>5</sup> nm: aperturdiameter = 3,5 mm; för våglängden 10<sup>5</sup>–10<sup>6</sup> nm: aperturdiameter = 11 mm.
- d För mätning av värdet för exponering skall  $\gamma$  definieras på följande sätt: Om  $\alpha$  (en källas infallsvinkel)  $> \gamma$  (begränsande konvinkel, anges inom parentes i motsvarande kolumn) så bör mätningssynfältet  $\gamma_m$  ges värdet på  $\gamma$ . (Om ett större mätningssynfält används kommer då risken att överskattas.) Om  $\alpha < \gamma$  skall synfältet  $\gamma_m$  vara tillräckligt stort för att fullständigt innesluta källan men begränsas inte för övrigt och får vara större än  $\gamma$ .

Tabell 2.4:  
**Gränsvärden för laserexponering av hud**

Våglängd <sup>a</sup> [nm]		Apertur	Duration [s]					
			< 10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-9</sup> - 10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-7</sup> - 10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup> - 10 <sup>1</sup>	10 <sup>1</sup> - 10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> - 3 · 10 <sup>4</sup>
UV (A, B, C)	180-400	3,5 mm	E = 3 · 10 <sup>10</sup> [W m <sup>-2</sup> ]	Samma gränsvärden som för exponering av ögat				
	400-700		E = 2 · 10 <sup>11</sup> [W m <sup>-2</sup> ]	H=200 C <sub>A</sub> [J m <sup>-2</sup> ]	H = 1,1 · 10 <sup>4</sup> C <sub>A</sub> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ]	E = 2 · 10 <sup>3</sup> C <sub>A</sub> [W m <sup>-2</sup> ]		
Synligt och IRA	700-1 400		E = 2 · 10 <sup>11</sup> C <sub>A</sub> [W m <sup>-2</sup> ]					
IRB och IRC	1 400-1 500		E = 10 <sup>12</sup> [W m <sup>-2</sup> ]	Samma gränsvärden som för exponering av ögat				
	1 500-1 800		E = 10 <sup>13</sup> [W m <sup>-2</sup> ]					
	1 800-2 600		E = 10 <sup>12</sup> [W m <sup>-2</sup> ]					
	2 600-10 <sup>6</sup>		E = 10 <sup>11</sup> [W m <sup>-2</sup> ]					

a Om våglängden eller något annat villkor för lasern omfattas av två gränsvärden skall det mest restriktiva tillämpas.



Tabell 2.5:

## Tillämpade korrektionsfaktorer och andra beräkningsparametrar

Parameter enligt ICNIRP	Giltigt spektralområde (nm)	Värde
$C_A$	$\lambda < 700$	$C_A = 1,0$
	700-1 050	$C_A = 10^{0,002(\lambda - 700)}$
	1 050-1 400	$C_A = 5,0$
$C_B$	400-450	$C_B = 1,0$
	450-700	$C_B = 10^{0,02(\lambda - 450)}$
$C_C$	700-1 150	$C_C = 1,0$
	1 150-1 200	$C_C = 10^{0,018(\lambda - 1150)}$
	1 200-1 400	$C_C = 8,0$
$T_1$	$\lambda < 450$	$T_1 = 10 \text{ s}$
	450-500	$T_1 = 10 \cdot [10^{0,02(\lambda - 450)}] \text{ s}$
	$\lambda > 500$	$T_1 = 100 \text{ s}$
Parameter enligt ICNIRP	Giltigt för biologisk effekt	Värde
$\alpha_{\min}$	alla termiska effekter	$\alpha_{\min} = 1,5 \text{ mrad}$
Parameter enligt ICNIRP	Giltigt vinkelområde (mrad)	Värde
$C_E$	$\alpha < \alpha_{\min}$	$C_E = 1,0$
	$\alpha_{\min} < \alpha < 100$	$C_E = \alpha / \alpha_{\min}$
	$\alpha > 100$	$C_E = \alpha^2 / (\alpha_{\min} \cdot \alpha_{\max}) \text{ mrad}$ med $\alpha_{\max} = 100 \text{ mrad}$
$T_2$	$\alpha < 1,5$	$T_2 = 10 \text{ s}$
	$1,5 < \alpha < 100$	$T_2 = 10 \cdot [10^{(\alpha - 1,5) / 98,5}] \text{ s}$
	$\alpha > 100$	$T_2 = 100 \text{ s}$
Parameter enligt ICNIRP	Giltigt tidsintervall för exponering (s)	Värde
$\gamma$	$t \leq 100$	$\gamma = 11 \text{ [mrad]}$
	$100 < t < 10^4$	$\gamma = 1,1 t^{0,5} \text{ [mrad]}$
	$t > 10^4$	$\gamma = 110 \text{ [mrad]}$

Tabell 2.6:

**Korrektion vid upprepad exponering**

Var och en av följande tre allmänna regler bör tillämpas på all upprepad exponering från lasersystem med upprepade pulser eller scanning:

1. Exponeringen för en enstaka puls i en följd av pulser får inte överstiga gränsvärdet för exponering för en enstaka puls av den pulsdurationen.
2. Exponeringen för en grupp av pulser (eller en undergrupp av pulser i en följd av pulser) under tiden  $t$  får inte överstiga gränsvärdet för exponering för tiden  $t$ .
3. Exponeringen för en enstaka puls inom en grupp av pulser får inte överstiga gränsvärdet för exponering för en enstaka puls multiplicerat med en kumulativ-termal korrigeringsfaktor  $C_p=N^{-0,25}$ , där  $N$  är antalet pulser. Denna regel gäller endast gränsvärden för exponering i syfte att skydda mot termiska skador, där alla pulser under kortare tid än  $T_{\min}$  behandlas som en enda puls.

Parameter	Giltigt spektralområde (nm)	Värde
$T_{\min}$	$315 < \lambda \leq 400$	$T_{\min} = 10^{-9} \text{ s}$ (= 1 ns)
	$400 < \lambda \leq 1\ 050$	$T_{\min} = 18 \cdot 10^{-6} \text{ s}$ (= 18 $\mu\text{s}$ )
	$1\ 050 < \lambda \leq 1\ 400$	$T_{\min} = 50 \cdot 10^{-6} \text{ s}$ (= 50 $\mu\text{s}$ )
	$1\ 400 < \lambda \leq 1\ 500$	$T_{\min} = 10^{-3} \text{ s}$ (= 1 ms)
	$1\ 500 < \lambda \leq 1\ 800$	$T_{\min} = 10 \text{ s}$
	$1\ 800 < \lambda \leq 2\ 600$	$T_{\min} = 10^{-3} \text{ s}$ (= 1 ms)
	$2\ 600 < \lambda \leq 10^6$	$T_{\min} = 10^{-7} \text{ s}$ (= 100 ns)