

**ARBETARSKYDDSTYRELSENS  
FÖRFATTNINGSSAMLING**

**AFS 1994:8**  
Utkom från trycket  
den 29 juli 1994

**LASER**

**Beslutad den 10 maj 1994**

## **LASER**

**Arbetarskyddsstyrelsens kungörelse med föreskrifter om laser samt allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna**

**Beslutad den 10 maj 1994**

# Arbetskyddsstyrelsens kungörelse med föreskrifter om laser

**Beslutad den 10 maj 1994**

---

Arbetskyddsstyrelsen meddelar med stöd av 18 § arbetsmiljöförordningen (SFS 1977:1166) följande föreskrifter.

## Tillämpningsområde

1 § Dessa föreskrifter gäller all verksamhet där laser används.

2 § Med arbetsgivare jämställs i dessa föreskrifter den som ensam eller gemensamt med familjemedlem driver yrkesmässig verksamhet utan anställd samt de som för gemensam räkning driver sådan verksamhet.

## Definitioner

3 § I dessa föreskrifter används följande beteckningar med nedan angiven betydelse.

Laser	Teknisk anordning avsedd att alstra laserstrålning
Laserklass	Klass, i vilken laser inordnas enligt i 4 § angivna föreskrifter
Laserstrålning	Elektromagnetisk strålning inom våglängdsområdet 180 nm till 1 mm, alstrad genom kontrollerad stimulerad emission
Riskområde	Område inom vilket laserstrålning kan överstiga maximalt tillåten exponering (MTE) för öga.

## Klassbestämning och märkning av laser

4 § Föreskrifter om utformning, klassificering och märkning av laser finns i Statens strålskyddsinstitutets föreskrifter om lasrar (SSI FS 1993:1).

## Allmänna skyddsföreskrifter

5 § Arbeta med laser skall planeras, bedrivas och följas upp så att skador från laserstrålningen förebyggs.

Eventuella risker med laserstrålningen skall bedömas och dokumenteras redan på planeringsstadiet liksom vid förändringar i verksamheten eller i laserutrustningen. Vid behov skall laserstrålningen mätas.

De risker som laserstrålningen medför skall förebyggas så långt detta är praktiskt möjligt med

hänsyn till laserns användning.

**6 §** Arbetsgivare som använder laser i sin verksamhet skall informera arbetstagarna om vilken laserklass lasern tillhör, om vilka risker som är förenade med den samt om vilka säkerhetsåtgärder som behövs. Arbetsgivaren skall förvissa sig om att laseroperatörerna har erforderlig utbildning.

**7 §** Exponering för laserstrålning får inte överskrida de värden för maximalt tillåten exponering (MTE) som anges i bilaga 1.

**8 §** Den som exponerats för laserstrålning så att ögonskada kan ha uppstått skall snarast erbjudas att genomgå ögonundersökning utförd av läkare.

### **Arbete med laser klass 3B och 4**

**9 §** Bestämmelserna i 10—14 §§ gäller endast arbete med laser klass 3B och 4 enligt i 4 § angivna föreskrifter.

**10 §** Arbetsgivare skall utse särskild person att övervaka lasersäkerheten på arbetsplatsen. Denna skall vara väl förtrogen med det sätt på vilket laserutrustningen används och med tillämpliga föreskrifter.

**11 §** Riskområdet skall bestämmas med hänsyn till reflexioner och användning av strålningssamlande optik. Det skall utmärkas 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.

Detta skall i första hand säkerställas genom avspärrning och i andra hand, om avspärrning av praktiska skäl inte är lämplig, genom övervakning.

**12 §** Laserstråles bana skall vara inkapslad eller avskärmad i den mån det är praktiskt möjligt med hänsyn till laserns användning.

Inomhus skall strålbana avslutas med strålstopp av för ändamålet lämpligt material. Detta gäller dock ej för laser i medicinska tillämpningar.

**13 §** Laserskyddsglasögon skall användas om risk finns för att ett oskyddat öga exponeras över MTE enligt tabell I eller II i bilaga 1. Glasögonen skall ha så hög optisk dämpning vid aktuell våglängd att denna risk elimineras.

**14 §** Arbetsgivare skall kartlägga andra arbetsmiljörisker med laseranvändningen än dem som härrör från laserstrålningen. Arbetstagare skall informeras om dessa risker och om de skyddsåtgärder som behövs. Riskerna skall i första hand förebyggas genom att skyddsåtgärder vidtas vid källan. Lämplig personlig skyddsutrustning skall tillhandahållas och användas om inte arbetsmiljöriskerna kan åtgärdas på annat sätt.

### **Ikraftträdande**

Dessa föreskrifter träder i kraft den 1 oktober 1994. Samtidigt upphävs Arbetarskyddsstyrelsens kungörelse om laser AFS 1981:9.

## Maximalt tillåten exponering (MTE)

Maximalt tillåtet exponeringsvärde för singelpuls vid olika våglängder och exponeringstider framgår av tabellerna I, II och III. Angivna MTE-värden förutsätter att laserstrålningen är monokromatisk. För laser som utsänder strålning med flera våglängder samtidigt eller utsänder pulsad eller modulerad strålning, beräknas MTE-värden med hjälp av särskilda tilläggsregler i punkterna 4–8 respektive 9–11 nedan.

**1** MTE-värden vid exponering av öga för direkt stråle och strålning från punktkälla anges i tabell I. MTE-värdena avser strålningstäthet i hornhinnans plan. Mätning eller beräkning av strålningstätheten skall avse medelvärdet över en cirkulär öppning med den diameter som anges för den aktuella våglängden i följande uppställning:

1mm	180	# 8 <	400	nm
7mm	400	# 8 <	1400	nm
1mm	1 400	# 8 <	$10^5$	nm
11mm	$10^5$	# 8 <	$10^6$	nm

**2** Vid betraktande av ytkälla får strålningstätheten i våglängdsområdet 400—1400 nm överskrida värdena i tabell I. Vid sådan ytkälla, som upptar en synvinkel " $>$ "<sub>min</sub>, gäller MTE-värdena i tabell II. I våglängdsområdet 400–1 400 nm är dessa MTE-värden uttryckta som radians respektive integrerad radians i hornhinnans plan. Mätning eller beräkning av dessa skall avse medelvärdet över en cirkulär öppning med diametern 7 mm. Mätapparaturens acceptansvinkel skall vara  $10^{-5}$  sr. De värden på " $>$ "<sub>min</sub> som definierar avgränsningen mellan punktkälla och ytkälla vid olika exponeringstider anges i tabell IV.

**3** För exponering av hud gäller MTE-värdena i tabell III. Mätning eller beräkning av strålningstätheten skall avse medelvärdet över en cirkulär öppning med en diameter av 1 mm för våglängder kortare än  $10^5$  nm, och med en diameter av 11 mm för övriga våglängder.

## Exponering för laserstrålning med flera våglängder

**4** Exponering för flera våglängder skall antas ha en additiv effekt om deras spektrala effektivitetsfaktorer är biologiskt likvärdiga, vilket skall antas gälla då

- pulsbredd eller exponeringstider skiljer sig med högst en tiopotens och
- laserstrålningens våglängder faller inom våglängdsområden vilka markerats med **o** för exponering av öga respektive **s** för exponering av hud i följande uppställning:

*Additiva effekter hos strålning i olika frekvensområden*

Våglängds- område	UV-C/UV-B	UV-A	synligt/IR-A	IR-B/IR-C
UV-C och UV-B	<b>o</b> <b>s</b>			
UV-A		<b>o</b> <b>s</b>	<b>s</b>	<b>o</b> <b>s</b>
synligt och IR-A		<b>s</b>	<b>o</b> <b>s</b>	<b>s</b>
IR-B och IR-C		<b>o</b> <b>s</b>	<b>s</b>	<b>o</b> <b>s</b>

**5** För varje våglängd beräknas en kvot  $k_1 = A_1/M_1$ , där  $A_1$  är strålningstätheten vid våglängden  $\lambda_1$  och  $M_1$  är det MTE-värde för laservåglängden  $\lambda_1$  som skulle gälla om enbart denna våglängd förekom.

**6** Vid exponering för laserstrålning med flera våglängder, vilka skall antas vara additiva för öga respektive hud enligt punkt 4, får kvotsumman  $Ek_1$  ej överstiga 1 för respektive öga och hud.

**7** När laservåglängderna inte skall antas vara additiva för öga eller hud enligt punkt 4 beräknas kvotsummor separat inom sinsemellan additiva våglängdsområden. För varje kvotsumma gäller att denna inte får överstiga 1.

**8** När de olika laserstrålningarna inte uppfyller punkt 4a), och därför inte med säkerhet har samma strålningseffektivitet, skall strålningsexponeringen beräknas på det sättet att korta exponeringstider förlängs och smala pulser breddas, så att punkt 4a) uppfylls. Därefter tillämpas punkterna 5–7 ovan.

### **Exponering för repeterade pulser och modulerad laser**

**9** När det gäller repeterade pulser för våglängderna 400–1 400 nm skall det mest begränsande värdet enligt a), b) och c) nedan användas vid bestämning av MTE. För andra våglängder skall det mest begränsande värdet enligt a) och b) nedan användas.

- Exponeringen från en enskild puls i pulståget får inte överstiga MTE-värdet för en singelpuls med samma varaktighet.
- Medelvärdet av irradiansen för ett pulståg med varaktigheten  $T$  får inte överstiga MTE för en singelpuls med varaktigheten  $T$  enligt tabellerna I, II och III.
- Exponeringen från en enskild puls i pulståget får inte överstiga MTE för en singelpuls multiplicerad med det totala antalet pulser i exponeringen,  $N$ , upphöjt till minus  $1/4$ :

$MTE_{puls} = MTE_{singel} \times N^{-1/4}$  där:

$MTE_{puls} =$  exponering från enskild puls i tåget

$MTE_{\text{singel}}$  = MTE för en singelpuls  
N = antal pulser i exponeringen

**10** Oregelbundet pulståg skall ersättas med ett annat, regelbundet pulståg, som är möjligt att behandla enligt punkt 9. Det regelbundna pulståget skall representera ett farligare exponeringsfall än det faktiska pulståget. Maximalt tillåten exponering för det farligare fallet skall gälla som MTE för det faktiska pulståget.

**11** MTE för en amplitudmodulerad laser som utsänder pulsad eller kontinuerlig laserstrålning skall beräknas som för likvärdig laserstrålning vilken kan hanteras enligt punkterna 1–10 i denna bilaga, och som termiskt sett utgör en minst lika stor risk som den modulerade laserstrålningen.

Tabell I: Maximalt tillåten exponering (MTE) av öga för singelpuls.

Punktkälla

Våglängd $\lambda$ (nm)	Exponeringstid t (sekunder, s)	MTE	Enhet
180–302,5	$<10^{-9}$ $10^{-9}-3 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^{10}$ 30	W/m <sup>2</sup> J/m <sup>2</sup>
302,5-315	$<10^{-9}$ $10^{-9}-T_1$ $T_1-3 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^{10}$ $5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ $10^{0,2(8-295)}$	W/m <sup>2</sup> J/m <sup>2</sup> J/m <sup>2</sup>
315-400	$<10^{-9}$ $10^{-9}-10$ $10-10^3$ $10^3-3 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^{10}$ $5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ $10^4$ 10	W/m <sup>2</sup> J/m <sup>2</sup> J/m <sup>2</sup> W/m <sup>2</sup>
400-550	$<10^{-9}$ $10^{-9}-1,8 \cdot 10^{-5}$ $1,8 \cdot 10^{-5}-10$ $10-10^4$ $10^4-3 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^6$ $5 \cdot 10^{-3}$ $18 \cdot t^{0,75}$ 100 $10^{-2}$	W/m <sup>2</sup> J/m <sup>2</sup> J/m <sup>2</sup> J/m <sup>2</sup> W/m <sup>2</sup>
550-700	$<10^{-9}$ $10^{-9}-1,8 \cdot 10^{-5}$ $1,8 \cdot 10^{-5}-T_2$ $T_2-10^4$ $10^4-3 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^6$ $5 \cdot 10^{-3}$ $18 \cdot t^{0,75}$ $10^{0,015(8-550)} \cdot 10^2$ $10^{0,015(8-550)} \cdot 10^{-2}$	W/m <sup>2</sup> J/m <sup>2</sup> J/m <sup>2</sup> J/m <sup>2</sup> W/m <sup>2</sup>
700-1050	$<10^{-9}$ $10^{-9}-1,8 \cdot 10^{-5}$ $1,8 \cdot 10^{-5}-10^3$ $10^3-3 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^{(8-700)/500} \cdot 10^6$ $5 \cdot 10^{(8-700)/500} \cdot 10^{-3}$ $18 \cdot 10^{(8-700)/500} \cdot t^{0,75}$ $3,2 \cdot 10^{(8-700)/500}$	W/m <sup>2</sup> J/m <sup>2</sup> J/m <sup>2</sup> W/m <sup>2</sup>
1050-1400	$<10^{-9}$ $10^{-9}-5 \cdot 10^{-5}$ $5 \cdot 10^{-5}-10^3$ $10^3-3 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^7$ $5 \cdot 10^{-2}$ $90 \cdot t^{0,75}$ 16	W/m <sup>2</sup> J/m <sup>2</sup> J/m <sup>2</sup> W/m <sup>2</sup>
1400-1530	$<10^{-9}$ $10^{-9}-10^{-7}$ $10^{-7}-10$ $10-3 \cdot 10^4$	$10^{11}$ 100 $5600 \cdot t^{0,25}$ 1000	W/m <sup>2</sup> J/m <sup>2</sup> J/m <sup>2</sup> W/m <sup>2</sup>
1530-1550	$<10^{-9}$ $10^{-9}-10^{-6}$ $10^{-6}-10$ $10-3 \cdot 10^4$	$10^{11}$ $10^4$ $5600 \cdot t^{0,25}$ 1000	W/m <sup>2</sup> J/m <sup>2</sup> J/m <sup>2</sup> W/m <sup>2</sup>
1550-10 <sup>6</sup>	$<10^{-9}$ $10^{-9}-10^{-7}$ $10^{-7}-10$ $10-3 \cdot 10^4$	$10^{11}$ 100 $5600 \cdot t^{0,25}$ 1000	W/m <sup>2</sup> J/m <sup>2</sup> J/m <sup>2</sup> W/m <sup>2</sup>



$$T_1 = 10^{0,8(8-295)} \cdot 10^{-15} \text{ s}$$

$$T_2 = 10 \cdot 10^{0,02(8-550)} \text{ s}$$

**Tabell II: Maximalt tillåten exponering (MTE) av öga för singelpuls.**

*Ytkälla*

Våglängd $\lambda$ (nm)	Exponeringstid t (sekunder, s)	MTE	Enhet
180-302,5	$<10^{-9}$ $10^{-9}-3 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^{10}$ 30	$\text{W/m}^2$ $\text{J/m}^2$
302,5-315	$<10^{-9}$ $10^{-9}-T_1$ $T_1-3 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^{10}$ $5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ $10^{0,2(8-295)}$	$\text{W/m}^2$ $\text{J/m}^2$ $\text{J/m}^2$
315-400	$<10^{-9}$ $10^{-9}-10$ $10-10^3$ $10^3-3 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^{10}$ $5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ $10^4$ 10	$\text{W/m}^2$ $\text{J/m}^2$ $\text{J/m}^2$ $\text{W/m}^2$
400-550	$<10^{-9}$ $10^{-9}-10$ $10-10^4$ $10^4-3 \cdot 10^4$	$10^{11}$ $10^5 \cdot t^{0,33}$ $2,1 \cdot 10^5$ 21	$\text{W/m}^2 \text{sr}$ $\text{J/m}^2 \text{sr}$ $\text{J/m}^2 \text{sr}$ $\text{W/m}^2 \text{sr}$
550-700	$<10^{-9}$ $10^{-9}-10$ $10-T_2$ $T_2-10^4$ $10^4-3 \cdot 10^4$	$10^{11}$ $10^5 \cdot t^{0,33}$ $3,8 \cdot 10^4 \cdot t^{0,75}$ $2,1 \cdot 10^{0,015(8-550)} \cdot 10^5$ $21 \cdot 10^{0,015(8-550)}$	$\text{W/m}^2 \text{sr}$ $\text{J/m}^2 \text{sr}$ $\text{J/m}^2 \text{sr}$ $\text{J/m}^2 \text{sr}$ $\text{W/m}^2 \text{sr}$
700-1050	$<10^{-9}$ $10^{-9}-10$ $10-10^3$ $10^3-3 \cdot 10^4$	$10^{11} \cdot C$ $10^5 \cdot C \cdot t^{0,33}$ $3,8 \cdot 10^4 \cdot C \cdot t^{0,75}$ $6,4 \cdot 10^3 \cdot C$	$\text{W/m}^2 \text{sr}$ $\text{J/m}^2 \text{sr}$ $\text{J/m}^2 \text{sr}$ $\text{W/m}^2 \text{sr}$
1050-1400	$<10^{-9}$ $10^{-9}-10$ $10-10^3$ $10^3-3 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^{11}$ $5 \cdot 10^5 \cdot t^{0,33}$ $1,9 \cdot 10^5 \cdot t^{0,33}$ $3,2 \cdot 10^4$	$\text{W/m}^2 \text{sr}$ $\text{J/m}^2 \text{sr}$ $\text{J/m}^2 \text{sr}$ $\text{W/m}^2 \text{sr}$
1400-1530	$<10^{-9}$ $10^{-9}-10^{-7}$ $10^{-7}-10$ $10-3 \cdot 10^4$	$10^{11}$ 100 $5600 \cdot t^{0,25}$ 1000	$\text{W/m}^2$ $\text{J/m}^2$ $\text{J/m}^2$ $\text{W/m}^2$
1530-1550	$<10^{-9}$ $10^{-9}-10^{-6}$ $10^{-6}-10$ $10-3 \cdot 10^4$	$10^{11}$ $10^4$ $5600 \cdot t^{0,25}$ 1000	$\text{W/m}^2$ $\text{J/m}^2$ $\text{J/m}^2$ $\text{W/m}^2$

1550-10 <sup>6</sup>	<10 <sup>-9</sup> 10 <sup>-9</sup> -10 <sup>-7</sup> 10 <sup>-7</sup> -10 10-3•10 <sup>4</sup>	10 <sup>11</sup> 100 5600•t <sup>0,25</sup> 1000	W/m <sup>2</sup> J/m <sup>2</sup> J/m <sup>2</sup> W/m <sup>2</sup>
----------------------	---	---	--

$$T_1 = 10^{0,8(8-295)} \cdot 10^{-15} \text{ s}$$

$$T_2 = 10 \cdot 10^{0,02(8-550)} \text{ s}$$

$$C = 10^{(8-700)/500}$$

**Tabell III: Maximalt tillåten exponering (MTE) av hud.**

Våglängd $\lambda$ (nm)	Exponeringstid t (sekunder, s)	MTE	Enhet
180-302,5	<10 <sup>-9</sup> 10 <sup>-9</sup> -3•10 <sup>4</sup>	3•10 <sup>10</sup> 30	W/m <sup>2</sup> J/m <sup>2</sup>
302,5-315	<10 <sup>-9</sup> 10 <sup>-9</sup> -T <sub>1</sub> T <sub>1</sub> -3•10 <sup>4</sup>	3•10 <sup>10</sup> 5,6•10 <sup>3</sup> •t <sup>0,25</sup> 10 <sup>0,2(8-295)</sup>	W/m <sup>2</sup> J/m <sup>2</sup> J/m <sup>2</sup>
315-400	<10 <sup>-9</sup> 10 <sup>-9</sup> -10 10-10 <sup>3</sup> 10 <sup>3</sup> -3•10 <sup>4</sup>	3•10 <sup>10</sup> 5,6•10 <sup>3</sup> •t <sup>0,25</sup> 10 <sup>4</sup> 10	W/m <sup>2</sup> J/m <sup>2</sup> J/m <sup>2</sup> W/m <sup>2</sup>
400-1400	<10 <sup>-9</sup> 10 <sup>-9</sup> -10 <sup>-7</sup> 10 <sup>-7</sup> -10 10-3•10 <sup>4</sup>	2•10 <sup>11</sup> 200 1,1•10 <sup>4</sup> •t <sup>0,25</sup> 2000	W/m <sup>2</sup> J/m <sup>2</sup> J/m <sup>2</sup> W/m <sup>2</sup>
1400-10 <sup>6</sup>	<10 <sup>-9</sup> 10 <sup>-9</sup> -10 <sup>-7</sup> 10 <sup>-7</sup> -10 10-3•10 <sup>4</sup>	10 <sup>11</sup> 100 5600•t <sup>0,25</sup> 1000	W/m <sup>2</sup> J/m <sup>2</sup> J/m <sup>2</sup> W/m <sup>2</sup>

$$T_1 = 10^{0,8(8-295)} \cdot 10^{-15} \text{ s}$$

**Tabell IV Gränssynvinkel mellan punktkälla och ytkälla, " min.**

Våglängd $\lambda$ (nm)	Exponeringstid t (sekunder, s)	a <sub>min</sub> (milliradianer)
400-1050	<10 <sup>-9</sup> 10 <sup>-9</sup> -1,8•10 <sup>-5</sup> 1,8•10 <sup>-5</sup> -10 >10	8 0,25•t <sup>-0,17</sup> 15•t <sup>0,21</sup> 24
1050-1400	<10 <sup>-9</sup> 10 <sup>-9</sup> -5•10 <sup>-5</sup> 5•10 <sup>-5</sup> -10 >10	11 0,35•t <sup>0,17</sup> 15•t <sup>0,21</sup> 24



## Begreppsförklaringar

Acceptansvinkel:	Den rymdvinkel inom vilken en optisk mätapparat registrerar strålning.
Exponeringstid:	Den tidsperiod en person bestrålas (eller riskerar att bestrålas) med en kontinuerlig eller pulserad laser.
Integrerad irradians:	Strålningens energitäthet (uttryckt i enheten J/m <sup>2</sup> ).
Irradians:	Strålningens effekttäthet (uttryckt i enheten W/m <sup>2</sup> ).
Kontinuerlig laser:	Laser som emitterar laserstrålning med en varaktighet av minst 0,25 s.
Pulserad laser:	Laser som emitterar en enskild laserpuls eller ett pulståg. Tidslängden hos en laserpuls är mindre än 0,25 s.
Pulståg:	En följd av laserpulser från en pulserad laser.
Punktkälla:	Alla källor som inte är ytkällor.
Radians:	Strålningens effekttäthet inom en rymdvinkel (i W/m <sup>2</sup> •sr).
Singelpuls:	Isolerad laserpuls, som teoretiskt ses som en rektangulär strålningspuls (konstant effekt) med varaktighet upp till 3•10 <sup>4</sup> s.
Synvinkel:	Den plana vinkel som en laserkälla (eller dess reflexioner) upptar för en betraktare (används för att skilja mellan punkt- och ytkälla).
Strålningstäthet:	Sammanfattande term för irradians och integrerad irradians.
Ytkälla:	Yta som utsänder eller reflekterar strålning som upptar en minsta synvinkel " <sub>min</sub> på avståndet 100 mm eller mer.

## Arbetskyddsstyrelsens allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna om laser

Arbetskyddsstyrelsen meddelar följande allmänna råd om tillämpningen av Arbetskyddsstyrelsens föreskrifter (AFS 1994:8) om laser.

### Bakgrund

#### Laserns fysikaliska egenskaper

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: **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation. Ljusförstärkning genom stimulerad emission av strålning är den process som ger laserstrålningen dess speciella egenskaper.

Laserstrålningen är en så kallad icke-joniserande strålning, och den omfattar nästan hela det optiska våglängdsområdet. De kortaste våglängderna (180–400 nm) utgör ultraviolett (UV-) strålning, de längsta våglängderna infraröd (IR-) strålning. Båda utgör osynlig strålning. Våglängdsområdet däremellan är synlig strålning, ljus, vilken alltså kan uppfattas med synsinnet. I lasersammanhang definieras synlig strålning som våglängdsområdet 400–700 nm.

Optisk strålning har alltid varit en del av människans miljö; större delen av den naturliga optiska strålningen härrör från solen, och det s.k. solljuset innehåller i stort sett hela det våglängdsområde som är aktuellt i lasersammanhang. Endast de kortaste våglängderna (UVC) i solstrålningen absorberas helt i atmosfären och når ej jorden. Optisk strålning, oavsett ursprung, kan vara skadlig för människan, samtidigt som den är en nödvändighet för livet på jorden. Mot de naturliga strålkällorna har människan utvecklat skyddsmekanismer, vilka också räcker för att skydda henne mot de flesta artificiella källorna. Till dessa skyddsmekanismer hör till exempel blinkreflexen hos ögat (mot bländande ljus), flykt undan intensivt ljus och värme-strålning samt hudens förmåga att bilda skyddande pigmentering vid långvarig UV-bestrålning. Många artificiella strålkällor är dock av det slaget att de kan orsaka tillfällig eller varaktig skada på framför allt ögat. Ibland beror detta på att de naturliga skyddsmekanismerna sätts ur spel (undertrycks). Allt oftare beror det på att den artificiella strålkällan har egenskaper som gör det naturliga skyddet otillräckligt. Laser tillhör de strålkällor som kan ha dessa egenskaper.

Optisk strålning har sitt ursprung i de atomära och molekylära processerna. En atom/molekyl kan absorbera energi i form av kvanta med bestämda energier, varför endast strålning med en bestämd våglängd kan excitera en viss atom/molekyl. Att en atom/molekyl är exciterad betyder att den har en högre energi, än då den befinner sig i grundtillståndet. Eftersom grundtillståndet är stabilt medan exciterade tillstånd är instabila kommer atomen/molekylen att göra sig av med överskottsenergin inom ett statistiskt bestämt tidsintervall och återgå till

grundnivån. Detta är absorptionens motsats och kallas emission. Processen excitation/emission svarar för allt ljus i vår omgivning; i en glödlampa exciteras atomerna i glödråden genom upphettning, och i ett lysrör genom en pålagd elektrisk spänning som leder ström genom en gas. Att ljuset från båda ser tämligen vitt ut beror på att många olika våglängder emitteras och blandas. Ljuset från vissa typer av belysningskällor, t.ex. från en lågtrycksnatriumlampa, har en enda färg, vilket beror på att dess gasatomer emitterar en enda våglängd.

Den typen av emission som hittills har beskrivits kallas för *spontan emission*. I en laser emitteras nästan allt ljus genom en process som kallas *stimulerad emission*. När strålning med "rätt" våglängd, och därmed bestämd kvantenergi, absorberas i det optiskt aktiva mediet i en laser, sker en motsvarande ökning av den i atomen lagrade energin. Om tillräckligt många atomer på detta sätt kan "pumpas upp", så att lasermediet innehåller fler atomer i det högre energitillståndet än i det lägre, så har en "populationsinversion" åstadkommit. När atomerna nu växelverkar med den exciterande strålningen, kan de inte längre absorbera mer energi. Istället "stimuleras" de av strålningen att sända ut (emittera) ett ljuskvantum med samma kvantenergi som den infallande strålningens. Atomen förlorar sin överskottsenergi och återgår till grundtillståndet. Vågen som alstras genom stimulerad emission har samma våglängd, riktning och fas som den infallande vågen. Genom att varje foton (energikvantum) kan "stimulera" en ny exciterad atom att emittera sin överskottsenergi, så växer antalet fotoner lavinartat. I en laserkavitet (inneslutning för det lasrande mediet) förlängs vågens väg genom lasern ytterligare genom att innesluta vågen mellan två speglar, den ena totalreflekterande, den andra delvis transparent. Spegelarna gör också att endast strålning i en bestämd riktning favoriseras. Denna strålning kan lämna laserkaviteten genom den halvgenomskinliga spegeln. Strålningen kan bilda ett mycket långt (100-tals meter) oavbrutet vågtåg; den sägs ha stor koherenslängd. Den kännetecknas också av en hög strålningstäthet genom att all strålning emitteras i ett smalt strålknippe. Dessutom är den i stort sett monokrom ("enfärgad"), eftersom dess våglängdsbandbredd är mycket liten.

De kända riskerna med laserstrålningen beror inte på någon principiell egenskap hos den. Att den till skillnad från konventionella optiska källor är koherent gör den inte mer "biologiskt aggressiv". Riskerna för skada på öga och hud kan helt hänföras till 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 (100-tals meter för obeväpnat öga), dels kan en laser som utsänder ett tåg av mycket kortvariga pulser överföra stora energimängder till ögat utan att utlösa naturliga skyddsmekanismer. Detta sammantaget har lett till att laserstrålningen har omgärdats med särskilda säkerhetsåtgärder. Indelningen av lasrar i olika klasser utgör den tekniska utgångspunkten i säkerhetsarbetet.

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

### **Biologiska effekter**

Laserstrålningen kan orsaka skada på biologisk vävnad genom tre principiella mekanismer - termoakustiska transienter, *termiska effekter* (värmebildning) samt fotokemiska processer. Skadans art och grad beror till stor del på fysikaliska parametrar som våglängd, effekttäthet, pulslängd, strålningstvärsnittets storlek, m.m. De nämnda skademekanismerna är till stor del relaterade till laserstrålningens exponeringslängd enligt följande: *termoakustiska transienter* ("tryckvågor") uppstår vid kortvarig (nanosekund eller kortare) exponering med högeffektlaser, *termiska effekter* ("brännskador") vid medellång exponering (100 ms – ca 10 s), och *fotokemiska effekter* vid långvarig exponering (minuter). I samtliga fall beror vävnadsskadorna på att energin i laserstrålningen absorberas i aktuell vävnad. De flesta skador beror på att den absorberade energin ger upphov till lokal värmeutveckling i den absorberande vävnaden och omkringliggande områden. Följden blir en lokal brännskada, som beroende på skadans svårhetsgrad blir tillfällig eller bestående. Detta är den normala akuta skadetyper för både öga och hud.

Den allvarligaste skademekanismen är termoakustiska transienter. Vid denna absorberas mycket energi på så kort tid att den exponerade vävnaden inte hinner leda bort energin till omkringliggande vävnad. Resultatet blir att cellvätskan förångas och cellen "sprängs" av den hastiga tryckökningen. I ögats näthinna kan en sådan gasblåsa hastigt utvidgas och trycka loss delar av näthinnan. I huden syns skadan som vätskefyllda blåsor.

En del biologiska vävnader, såsom huden, ögats lins och särskilt dess näthinna, kan utsättas för (irreversibla) förändringar till följd av långvarig exponering med måttliga mängder ljus. Dessa förändringar är ett resultat av fotokemiska reaktioner till följd av att molekyler exciterats av fotoner (vilka är "ljuspartiklar"). Sådana fotokemiska skador kan följa av långvariga eller upprepade exponeringar, eller ibland i lasersammanhang av onormala eller övernormala fotokemiska reaktioner. Det är framför allt kortvågig (synlig) strålning som kan ge dessa effekter.

Nedanstående tabell är en sammanfattning av de skadeverkningar som strålning i olika våglängdsområden kan ge upphov till på såväl öga som hud. Indelningen i våglängdsområden är här densamma som den som används av CIE (Commission Internationale de l'Eclairage), vilken inte helt överensstämmer med spektralområdena i MTE-tabellerna.

Spektralområde	Öga	Hud
UV-C (180—280 nm)	Fotokeratit	Erytem
UV-B (280—315 nm)	som UV-C	Erytem Elastos Pigmentering
UV-A (315—400 nm)	Katarakt	Pigmentering Fotosensitiva reaktioner Brännskada
Synligt (400—780 nm)	Fotokemisk och termisk skada på näthinna	som UV-A
IR-A (780—1 400 nm)	Termisk skada på näthinna	Brännskada

IR-B (1,4–3,0 µm)	Katarakt Termisk skada på hornhinnan	som IR-A
IR-C (3,0 µm–1 mm)	som IR-B	som IR-A

## Kommentarer till vissa paragrafer

**Till 1 §** Föreskrifterna gäller verksamhet som regleras i arbetsmiljölagen. Hit hör t.ex. verksamhet där arbetstagare, elever eller värnpliktiga sysselsätts. Däremot reglerar de inte t.ex. skyddet för patienter som behandlas med laser.

Föreskrifter om laser utfärdas också av Statens strålskyddsinstitut. Dessa gäller både inom och utanför arbetsmiljölagens tillämpningsområde. De innehåller bl.a. särskilda föreskrifter dels för användning av laser för medicinsk eller odontologisk behandling eller undersökning, dels för användning av laser för underhållning eller reklam.

**Till 4 §** Kraven enligt denna paragraf ansluter sig till Svensk standard SS-EN 60 825.

Avsikten med klassning och märkning av laser är att användaren skall kunna orientera sig om vilken typ av skaderisk som föreligger vid arbete med en viss laser.

Laserklasser och därtill hörande skaderisker kan översiktligt beskrivas enligt följande:

**Klass 1** De värden för maximalt tillåten exponering (MTE) som återges i tabellerna I–III kan under inga förhållanden överskridas. Laser tillhörande denna klass kan ej ge strålskador.

**Klass 2** Lågeffektlasrar som utsänder synlig strålning (våglängdsområdet 400–700 nm) antingen som kontinuerlig eller pulsad strålning. Gränsen för dess uteffekt eller strålningsenergi motsvarar gränsen för laserklass 1 under en exponeringstid om upp till 0,25 s. För en laser som avger kontinuerlig strålning är gränsen alltså 1 mW. Vid bestrålning av öga med bländande ljus utlöses normalt ögats blinkreflex innan angivna gränsvärden för maximalt tillåten exponering (MTE) av öga hunnit överskridas. Om blinkreflexen undertrycks eller om ögat upprepat exponeras för bländande strålning kan skada på näthinnan uppstå.

**Klass 3A** Laser som utsänder strålning med upp till 5 gånger högre effekt eller energi än vad som gäller för klass 2 (synlig strålning) respektive klass 1 (osynlig strålning). Strålningstätheten i laserstrålen är begränsad så att maximalt tillåten exponering av öga ej kan överskridas. Laser tillhörande klass 3A är inte farligare än laser klass 2 respektive klass 1, såvida strålningen inte koncentreras med hjälp av yttre strålningssamlade optik, t.ex. kikare.

**Klass 3B** Laser som utsänder synlig eller osynlig strålning, och som vid direkt exponering kan skada öga och i vissa fall hud. Diffust reflekterad strålning är i allmänhet, men ej alltid, ofarlig. Särskild aktsamhet bör iaktas vid reflexion av IR-strålning i en yta som är matt för ögat (synligt ljus), men som för IR-strålningen kan vara en "perfekt" spegel.

**Klass 4** Högeffektlasrar som kan skada öga och hud även vid indirekt exponering genom diffust reflekterad strålning. Den kan också förorsaka brand i exponerat material.



**Till 5 §** Av 2 och 3 §§ Arbetarskyddsstyrelsens kungörelse med föreskrifter om internkontroll av arbetsmiljön (AFS 1992:6) framgår att arbetsgivaren skall planera, leda och följa upp verksamheten så att arbetsmiljölagstiftningens krav säkerställs.

Syftet med andra stycket i 5 § är att inringa de eventuella riskerna i laserarbetet 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 laserns tillämpning är sådan att beräkningar är svåra att göra.

De risker med laserstrålning som laserarbetet medför kan reduceras genom såväl tekniska som administrativa åtgärder. Exempel på tekniska åtgärder är *strålstopp* för att avsluta strålgång, *inkapsling* av strålgången, *säkerhetsströmbrytare*, *avskärmning-/avspärrning* av riskområde m.m. Exempel på administrativa åtgärder är kontroll av kompetens hos operatör och personal som utför arbete inom riskområdet, regler för tillträde till detta osv.

Arbete med laser i laserklass 1, 2 och 3A innebär normalt ingen risk för strålskada. En laser i klass 1 kan normalt inte ge upphov till sådan skada, och för laser klass 2 och 3A räcker under normala förhållanden, de naturliga skyddsmekanismerna (blinkreflex o.dyl.). Om strålningssamlade optik används i kombination med laser i *klass 3A*, kan dock strålningstätheten för laserstrålningen bli så hög att risk uppstår för överskridande av MTE innan blinkreflexen hinner utlösa. Vid arbete med laser klass 2 eller klass 3A som innebär att blinkreflexen undertrycks (t.ex. vid inriktning av riktlaser i anläggningsarbete), eller med laser klass 3A i kombination med strålningssamlade optik, kan skyddsglasögon för den aktuella våglängden behövas för att eliminera risken för ögonskador till följd av laserstrålningen.

**Till 7 §** Värden för maximalt tillåten exponering (MTE) för laserstrålning, bygger på bästa möjliga information från experimentella studier, och har fastställts så att de ligger under kända riskexponeringar. De ska dock inte ses som en gränsdragning mellan farliga och ofarliga exponeringar, utan exponering för laserstrålning bör alltid hållas så låg som möjligt.

Erfarenheterna från skador orsakade av pulsad och modulerad laserstrålning är fortfarande begränsade, varför särskild försiktighet bör iakttas vid bedömningen av riskerna med dessa.

**Till 8 §** Bestämmelser om arbetsgivarens skyldighet att utreda ohälsa, olycksfall och tillbud finns i Arbetarskyddsstyrelsens kungörelse (AFS 1992:6) med föreskrifter om internkontroll. När det gäller laserexponering bör olyckor och tillbud, även mindre allvarliga sådana, både utredas och dokumenteras.

Observera att den som exponerats för laserstrålning som väsentligen överstiger MTE-värdena i bilaga 1, löper risk för bestående ögonskada. Skador på näthinnan som inte är av akut karaktär utvecklas inte omedelbart fullt iakttagbara. Bedömning av skadans omfattning och art kan ofta göras först efter någon vecka, och då av läkare med specialistkompetens i ögonsjukdomar eller av sjukhusläkare inom ögonsjukvård. Det är dock viktigt att den som ådragit sig en akut ögonskada snarast får den sjukvård som skadan kräver.

**Till 10 §** För att det inte skall råda oklarhet om vem som utsetts att övervaka lasersäkerheten på arbetsplatsen kan det vara bra att detta dokumenteras skriftligt, t.ex. i befattningsbeskrivning. Övriga berörda arbetstagare bör informeras om vem som utsetts.

**Till 11 §** Bestämmelser om varselmärkning på arbetsplatser finns i Arbetarskyddsstyrelsens föreskrifter om varselmärkning på arbetsplatser (AFS 1992:15).

**Till 13 §** För att laserskyddsglasögonen skall kunna erbjuda ett tillfredsställande skydd måste de vara avsedda för den aktuella lasertypen, dvs ha tillräcklig optisk dämpning i aktuellt våglängdsområde. Till de optiska och mekaniska kriterier som påverkar valet av skyddsglasögon hör t ex:

- a) aktuell(a) laservåglängd(er)
- b) laserstrålningens intensitet
- c) maximalt tillåten exponering (MTE)
- d) skyddsglasets optiska täthet
- e) ljustransmission vid andra våglängder
- f) krav på synfältet och sidoskydd
- g) laserskyddsglasögonens strålningstålighet
- h) laserskyddsglasögonens mekaniska hållfasthet
- i) komfort och ventilation, m m.

Det är viktigt att laserskyddsglasögonens optiska egenskaper vid andra våglängder än de aktuella laservåglängderna beaktas. En god ljustransmission medger att den som använder skyddsglasögonen ser bra i vanlig rumsbelysning, och på ett tillfredsställande sätt kan klara synuppgiften.

Ögonen kan även behöva skyddas mot annan strålning än laserstrålning, se 14 § med kommentarer.

Bestämmelser om hur personlig skyddsutrustning skall vara utförd finns i Arbetarskyddsstyrelsens föreskrifter om utförande av personlig skyddsutrustning (AFS 1993:11).

**Till 14 §** Vid laserbearbetning av material och vid medicinsk behandling kan den bestrålade materian (oorganisk eller organisk) förgasas. Inandningsluften kan därför innehålla skadliga mängder av kemiska eller biologiska substanser. Detta kan i regel förhindras genom lokala utsug eller, där detta inte går, med särskild ventilation. Förutom utgasningen kan också fragment av strålmålet finnas i dess omgivning, och större splinter 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 rätt andningsskydd används, t ex rätt filter i andningsskydd.

Annan optisk strålning än själva laserstrålningen, s k kollateral strålning, kan emitteras från urladdningsrör och blixtaggregat i lasersystemet, liksom sekundär strålning från själva lasermålet. Denna (inkoherenta) 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 måste 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

laddade kapacitansbankar 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 och/eller brännbara gaser, t ex lustgas, används i närheten av strålmålet bör särskild försiktighet iakttas vid laserarbetet. Detta gäller även användning av syrgas eftersom den underhåller förbränning.

## **Andra aktuella regler m m**

Bl.a. följande regler m.m. kan vara aktuella i verksamhet där laser används.

### **Arbetskyddsstyrelsens författningssamling (AFS)**

Internkontroll av arbetsmiljön (AFS 1992:6)

Varselmärkning på arbetsplatser (AFS 1992:15)

Utförande av personlig skyddsutrustning (AFS 1993:11)

Användning av personlig skyddsutrustning (AFS 1993:40)

### **Andra myndigheters föreskrifter**

Statens strålskyddsinstitutets föreskrifter om lasrar (SSI FS 1993:1)

### **Andra skrifter**

Svensk standard för laser (SS-EN 60 825, utgåva 1)

Svensk standard för ögonskydd – filter mot laserstrålning (SS-EN 207)

Laserkirurgi – behov av skyddsåtgärder för personal (Arbetskyddsstyrelsens rapport 1994:1)