



Lovtidende A

2015

Udgivet den 1. december 2015

27. november 2015.

Nr. 1341.

Bekendtgørelse om beskyttelse mod risici ved udsættelse for kunstig optisk stråling i forbindelse med offshore olie- og gasaktiviteter m.v.¹⁾

I medfør af §§ 4 a, 17, 37, 43, 43 a, § 52, stk. 1, § 55, stk. 1, § 72, stk. 1, og § 73, i offshoresikkerhedsloven, jf. lovbe- kendtgørelse nr. 831 af 1. juli 2015, fastsættes efter bemyn- digelse i henhold til lovens § 61, stk. 3:

Anvendelsesområde

§ 1. Bekendtgørelsen finder anvendelse på offshore olie- og gasaktiviteter som defineret i offshoresikkerhedslovens § 3, stk. 1, nr. 16, og hvor ansatte udsættes for eller kan blive udsat for kunstig optisk stråling.

Stk. 2. Bekendtgørelsen finder endvidere anvendelse på aktiviteter i forbindelse med et anlæg eller tilsluttet infra- struktur, jf. offshoresikkerhedslovens § 3, stk. 1, nr. 1 og 29, hvis aktiviteterne er omfattet af lov om anvendelse af Dan- marks undergrund, og disse medfører sikkerheds- og sund- hedsmæssige risici.

Definitioner

§ 2. I denne bekendtgørelse forstås ved:

- 1) Optisk stråling: Elektromagnetisk stråling med bølge- længde mellem 100 nm og 1 mm.
- 2) Ultraviolet stråling: Optisk stråling med bølgelængde mellem 100-400 nm. Det ultraviolette område indde- les i UV-A (315-400 nm), UV-B (280-315 nm) og UV-C (100-280 nm).
- 3) Synlig Stråling: Lys, dvs. optisk stråling med bølge- længde mellem 380-780 nm.
- 4) Infrarød stråling: Optisk stråling med bølgelængde 780 nm – 1 mm. Det infrarøde område inddeles i IR- A (780-1400 nm), IR-B (1400-3000 nm) og IR-C (3000 nm – 1 mm).
- 5) Laser: En anordning, som kan producere eller forstær- ke optisk stråling gennem kontrolleret stimuleret emission.
- 6) Laserstråling: Optisk stråling fra en laser.
- 7) Ikke-kohærent stråling: Al anden optisk stråling end laserstråling.

- 8) Grænseværdi: Grænse for eksponering for kunstig op- tisk stråling, som under ingen omstændigheder må overskrides.
- 9) Kunstig optisk stråling: Al optisk stråling, som ikke emitteres fra naturlige kilder.
- 10) Irradians (E) eller effekttæthed: Effekten af den ind- faldende stråling på en flade pr. arealenhed, udtrykt i watt pr. kvadratmeter ($W m^{-2}$).
- 11) Strålingseksponering (H): Integralet af irradiansen over tid udtrykt i joule pr. kvadratmeter ($J m^{-2}$).
- 12) Radians (L): Den udstrålede effekt pr. rumvinkelen- hed pr. arealenhed udtrykt i watt pr. kvadratmeter pr. steradian ($W m^{-2} sr^{-1}$).
- 13) Niveau (eksponering): Den sammenlagte eksponering for kunstig optisk stråling som en ansat udsættes for.

Eksponeringsgrænseværdier

§ 3. I denne bekendtgørelse gælder de grænseværdier for kunstig optisk stråling, som fremgår af bilag 1 om ikke-ko- hærent optisk stråling og bilag 2 om optisk laserstråling.

Generel forebyggelse af risici

§ 4. Henholdsvis operatøren og ejeren skal sikre, at akti- viteter på anlæg m.v. planlægges, tilrettelægges og udføres således, at risici som følge af udsættelse for kunstig optisk stråling fjernes eller nedbringes til et niveau, der er så lavt, som det er rimeligt praktisk muligt, efter de generelle fore- byggelsesprincipper i bilag 1 i bekendtgørelsen om styring af sikkerhed og sundhed m.v. i forbindelse med offshore olie- og gasaktiviteter m.v. Der skal i den forbindelse tages hensyn til den teknologiske udvikling og mulighederne for at minimere den kunstige optiske stråling.

Risikovurdering

§ 5. Hvis det vurderes, at den ansatte udsættes for risici som følge af kunstig optisk stråling, skal risikovurderingen, jf. bekendtgørelse om styring af sikkerhed og sundhed m.v. i

¹⁾ Bekendtgørelsen indeholder bestemmelser, der gennemfører dele af Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2006/25/EF af 5. april 2006 om minimumsforskrifter for sikkerhed og sundhed i forbindelse med arbejdstagernes eksponering for risici på grund af fysiske agenser (kunstig optisk stråling) (19. særdirektiv i henhold til artikel 16, stk. 1, i direktiv 89/391/EØF), EU-Tidende 2006, nr. L 114, side 38, og dele af Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2013/30/EU af 12. juni 2013 om sikkerheden i forbindelse med offshore olie- og gasaktiviteter og om ændring af direktiv 2004/35/EF, EU-Tidende 2013, nr. L 178, side 66.

forbindelse med offshore olie- og gasaktiviteter m.v., tillige indeholde en vurdering af disse risici.

Stk. 2. Ved udarbejdelsen af risikovurderingen vedrørende kunstig optisk stråling skal opmærksomheden særligt være henledt på følgende, når risikoen vurderes:

- 1) Eksponeringens niveau, bølgelængdeområde og varighed.
- 2) Grænseværdierne i henhold til § 3.
- 3) Enhver effekt af sikkerheds- og sundhedsmæssig art på ansatte, der tilhører særligt følsomme risikogrupper.
- 4) Indvirkning på de ansattes sikkerhed og sundhed som følge af vekselvirkning mellem kunstig optisk stråling og kemiske stoffer, som påvirker lysfølsomheden.
- 5) Indirekte effekter som blænding, eksplosion eller ild.
- 6) Muligheden for at anvende alternativt udstyr, som er udformet med henblik på at begrænse niveauet af eksponering for kunstig optisk stråling.
- 7) Relevant information, der er indsamlet i forbindelse med helbreds kontrol, herunder offentliggjort, i det omfang det er muligt.
- 8) Eksponering for kunstig optisk stråling fra flere kilder.
- 9) Laserudstyr med en klassificering defineret i overensstemmelse med IEC-standarden og kunstige kilder, som kan forårsage skader tilsvarende dem, der kan forårsages af lasere af klasse 3B eller 4 i enhver tilsvarende klassificering.
- 10) Information fra leverandørerne af optiske strålekilder og dermed tilhørende udstyr, som er i overensstemmelse med relevante EU-direktiver.

Stk. 3. I det omfang, det er nødvendigt for at klarlægge risici, skal der foretages målinger eller beregninger.

Stk. 4. Ved vurdering og beregning skal den metode, som anvendes, følge IEC's (International Electrotechnical Commission) standarder for laserstråling og CIE's (International Commission on Illumination) og CEN's (European Committee for Standardization) anbefalinger for ikke-kohærent stråling.

Stk. 5. Når det gælder eksponering, som ikke er omfattet af de standarder, der er nævnt i stk. 4, skal vurdering, måling og beregning gennemføres i overensstemmelse med tilgængelige, videnskabeligt begrundede retningslinjer. Vurderingen kan tage hensyn til de data, som leverandørerne af udstyret har oplyst, når udstyret er omfattet af de relevante EU-direktiver.

§ 6. Henholdsvis operatøren og ejeren skal sikre, at læger, arbejdsmedicinske klinikker og sundhedsmyndigheder med ansvar for arbejdsmedicinske undersøgelser, har adgang til risikovurderinger efter § 5, når det er relevant for helbreds-kontrollen af de ansatte, jf. § 11, stk. 1-3.

Foranstaltninger for at undgå eller begrænse risici

§ 7. Hvis vurderingen i henhold til § 5 viser at der er risiko for overskridelse af grænseværdierne, skal der planlægges og træffes tekniske eller organisatoriske foranstaltninger eller en kombination heraf, som tager sigte på at forebygge

overskridelse af grænseværdierne, idet der navnlig tages hensyn til:

- 1) Alternative metoder, der reducerer risici forbundet med kunstig optisk stråling.
- 2) Valg af udstyr, der mindsker den optiske stråling, under hensyntagen til den aktivitet, der skal udføres.
- 3) Tekniske foranstaltninger, som tager sigte på at reducere emissionen af kunstig optisk stråling, herunder brug af blokeringsanordninger, afskærmning eller lignende mekanismer til sundhedsbeskyttelse.
- 4) Passende planer for vedligeholdelse af udstyr, arbejdspladser og andre steder, hvor kunstig optisk stråling kan forekomme.
- 5) Udformning og indretning af arbejdspladser og andre steder på anlægget, hvor kunstig optisk stråling kan forekomme.
- 6) Begrænsning af eksponeringens varighed og niveau.
- 7) Tilgængeligheden af relevante personlige værnemidler.
- 8) Leverandørens brugsanvisninger til udstyret.

§ 8. De steder på anlægget, hvor der er risiko for, at de ansatte udsættes for kunstig optisk stråling, som overskrider grænseværdierne i henhold til § 3, skal markeres med passende skilte, jf. bekendtgørelse om sikkerhedsskiltning og anden form for signalgivning i forbindelse med offshore olie- og gasaktiviteter m.v. De pågældende steder skal afgrænses, og adgangen hertil begrænses, når det er teknisk muligt.

§ 9. Den der udfører aktiviteter, hvor der er risiko for udsættelse for kunstig optisk stråling, må under ingen omstændigheder udsættes for en eksponering, der overskrider grænseværdierne i henhold til § 3.

Stk. 2. Hvis grænseværdierne alligevel overskrides uanset de foranstaltninger, som der er truffet i henhold til §§ 7 og 8, skal der straks:

- 1) træffes foranstaltninger, der bringer eksponeringen under grænseværdierne,
- 2) påvises årsagerne til, at grænseværdierne blev overskredet, og
- 3) tages organisatoriske og tekniske forholdsregler til sikring af, at overskridelsen ikke gentages.

Instruktion og oplæring

§ 10. Det skal sikres, at de ansatte oplæres og instrueres således, at de sikkerheds- og sundhedsmæssige risici ved udførelse af aktiviteter, hvor de ansatte kan udsættes for kunstig optisk stråling, er nedbragt så meget, som det er rimeligt praktisk muligt.

Stk. 2. Ved oplæring og instruktion af de ansatte skal der navnlig tages hensyn til følgende:

- 1) Foranstaltninger, der træffes i henhold til denne bekendtgørelse for at fjerne risici i forbindelse med kunstig optisk stråling eller nedbringe risici til et minimum.
- 2) Grænseværdierne og de risici, der er forbundet dermed.
- 3) Resultaterne af de gennemførte risikovurderinger, jf. §§ 4 og 5.

- 4) Metoder til udførelse af aktiviteterne, som kan minimere eksponeringen for kunstig optisk stråling mest muligt.
- 5) Korrekt anvendelse af personlige værnemidler.
- 6) Hvordan tegn på sundhedsskadelige virkninger af eksponering opdages, og hvordan de skal anmeldes.
- 7) Under hvilke betingelser den ansatte har ret til arbejdsmedicinske undersøgelser.

Arbejdsmedicinske undersøgelser

§ 11. Arbejdsgiveren skal sikre, at ansatte, der har været udsat for kunstig optisk stråling, som overskrider grænseværdierne i henhold til § 3, har adgang til en arbejdsmedicinsk undersøgelse, hvis:

- 1) påvirkningen er af en sådan art, at en identificerbar sygdom eller forringelse af helbredet kan sættes i forbindelse med udsættelsen,
- 2) det er sandsynligt, at sygdommen eller virkningen kan opstå under de særlige forhold, hvorunder aktiviteterne finder sted, og
- 3) der foreligger effektive teknikker til at påvise indikationer på sygdommen eller virkningen.

Stk. 2. Den arbejdsmedicinske undersøgelse skal tilrettelægges og gennemføres med henblik på at forebygge og bekæmpe arbejdsbetingede lidelser.

Stk. 3. Undersøgelsen skal forestås af arbejdsmedicinske klinikker eller afdelinger, herunder arbejdsmedicinske ambulatorier, eller af andre lignende sagkyndige.

Stk. 4. Eventuelle udgifter i forbindelse med den arbejdsmedicinske undersøgelse efter stk. 1 afholdes af arbejdsgiveren. Arbejdsgiveren skal sikre, at undersøgelsen kan foregå uden tab af indtægt for den ansatte og så vidt muligt i arbejdstiden.

§ 12. Den, der forestår arbejdsmedicinske undersøgelser, jf. § 11, stk. 3, indsender resultaterne heraf til Arbejdstilsynet i anonymiseret form og orienterer den undersøgte ansatte om resultatet. Dette skal på anmodning meddeles den ansatte skriftligt. Resultaterne må ikke overlades til arbejdsgiveren.

Stk. 2. Arbejdstilsynet gør virksomheden bekendt med, hvorvidt resultaterne af den arbejdsmedicinske undersøgelse giver anledning til nye foranstaltninger, herunder ajourføring af risikovurderingen, løbende helbredsundersøgelse for de ansatte eller foranstaltninger i forbindelse med arbejdsplanlægning og tilrettelæggelse.

Stk. 3. Undersøgelsesresultater for en ansat og optegnelser, der ligger til grund herfor, skal af den, der forestår un-

dersøgelserne, opbevares i mindst 40 år efter, at den ansattes arbejde er ophørt. Opbevaring og eventuel videregivelse af materialet skal i øvrigt ske efter retningslinjer fra Arbejdstilsynet. I retningslinjerne kan der fastsættes en kortere opbevaringstid.

Stk. 4. Den ansatte har efter anmodning adgang til det materiale, der er nævnt i stk. 3.

Dispensation

§ 13. Arbejdstilsynet kan, hvor særlige forhold foreligger, dispensere fra bekendtgørelsen, når det skønnes rimeligt og sikkerheds- og sundhedsmæssigt fuldt forsvarligt samt i det omfang, det er foreneligt med direktiv 2006/25/EF af 5. april 2006 om minimumsforskrifter for sikkerhed og sundhed i forbindelse med arbejdstagernes eksponering for risici på grund af fysiske agenser (kunstig optisk stråling) (19. særdirektiv i henhold til artikel 16, stk. 1, i direktiv 89/391/EØF).

Straf

§ 14. Medmindre højere straf er forskyldt efter offshore-sikkerhedsloven eller anden lovgivning, straffes med bøde den, der overtræder §§ 4-10, § 11, stk. 1, 3 og 4, og § 12, stk. 1 og 3.

Stk. 2. For overtrædelse af bestemmelserne i stk. 1 kan der inden for rammerne af offshoresikkerhedslovens § 71 pålægges en arbejdsgiver bødeansvar, selv om overtrædelsen ikke kan tilregnes arbejdsgiveren som forsætlig eller uagtsom. Det er en betingelse for bødeansvaret, at overtrædelsen kan tilregnes en eller flere til virksomheden knyttede personer eller virksomheden som sådan. For sådant bødeansvar fastsættes ingen forvandlingsstraf.

Stk. 3. Der kan pålægges selskaber m.v. (juridiske personer) strafansvar efter reglerne i straffelovens 5. kapitel.

Ikrafttræden m.v.

§ 15. Bekendtgørelsen træder i kraft den 1. januar 2016.

Stk. 2. Bekendtgørelse nr. 841 af 29. juni 2015 om beskyttelse mod risici ved udsættelse for kunstig optisk stråling i forbindelse med offshore olie- og gasaktiviteter m.v. ophæves.

§ 16. De standarder, der er nævnt i § 5, stk. 2, nr. 9, og § 5, stk. 4, kundgøres ikke i Lovtidende. De pågældende standarder ligger til gennemsyn hos Arbejdstilsynet.

Arbejdstilsynet, den 27. november 2015

PETER VESTERHEDEN

/ Katrine Krone

Bilag 1**Ikke-kohærent optisk stråling**

De biofysisk relevante eksponeringsværdier for optisk stråling kan fastlægges ved hjælp af nedenstående formler. De formler, der skal anvendes, afhænger af den stråling, der udsendes af kilden, og resultaterne bør sammenlignes med de tilsvarende eksponeringsgrænseværdier (ELV), der er nævnt i tabel 1.1. Der kan være mere end en eksponeringsværdi og tilsvarende eksponeringsgrænse, der er relevant for en given kilde til optisk stråling.

a)-o) henviser til de tilsvarende rækker i tabel 1.1.

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

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

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

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

$$\text{g)-l)} \quad L_R = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda}(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot d\lambda \quad (\text{Se tabel 1.1 for relevante værdier for } \lambda_1 \text{ og } \lambda_2)$$

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

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

Hvad angår denne bekendtgørelse, kan ovennævnte formler erstattes af følgende udtryk og anvendelsen af diskrete værdier som fastsat i følgende tabeller:

$$a) \quad E_{\text{eff}} = \sum_{\lambda=380 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

$$\text{og } H_{\text{eff}} = E_{\text{eff}} \cdot \Delta t$$

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

$$\text{og } H_{\text{UVA}} = E_{\text{UVA}} \cdot \Delta t$$

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

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

$$g)-l) \quad L_R = \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda} \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

(Se tabel 1.1 for relevante værdier for λ_1 and λ_2)

$$m), n) \quad E_{\text{IR}} = \sum_{\lambda=750 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$$

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

$$\text{og } H_{\text{skin}} = E_{\text{skin}} \cdot \Delta t$$

Noter:

$E_{\lambda}(\lambda, t)$, E_{λ} :	spektral irradians eller spektral effekttæthed: effekten af den indfaldende stråling på en flade pr. arealenhed udtrykt i watt pr. kvadratmeter pr. nanometer [$\text{W m}^{-2} \text{nm}^{-1}$]; værdierne $E_{\lambda}(\lambda, t)$ og E_{λ} kommer fra målinger eller kan oplyses af fabrikanten af udstyret
E_{eff} :	<i>effektiv irradians(UV område)</i> : beregnet irradians inden for UV bølgelængdeområdet 180-400 nm spektralt vægtet med $S(\lambda)$, udtrykt i watt pr. kvadratmeter [W m^{-2}]
H :	<i>strålingseksponering</i> , integralet af irradiansen over tiden udtrykt i joule pr. kvadratmeter [J m^{-2}]
H_{eff} :	<i>effektiv strålingseksponering</i> : strålingseksponering spektralt vægtet med $S(\lambda)$, udtrykt i joule pr. kvadratmeter [J m^{-2}]
E_{UVA} :	<i>total irradians (UV-A)</i> : beregnet irradians inden for UV-A bølgelængdeområdet 315-400 nm, udtrykt i watt pr. kvadratmeter [W m^{-2}]
H_{UVA} :	<i>strålingseksponering</i> , integralet eller summen af irradiansen over tid og bølgelængde for UV-A stråling inden for bølgelængdeområdet 315-400 nm, udtrykt i joule pr. kvadratmeter [J m^{-2}]

$S(\lambda)$:	<i>spektral vægtning</i> , der tager hensyn til, at sundhedsvirkningen af UV-stråling på øjne og hud afhænger af bølgelængden (Tabel 1.2) [dimensionsløs]
$t, \Delta t$:	<i>tid, varighed af eksponeringen</i> udtrykt i sekunder [s]
Λ :	<i>bølgelængde</i> udtrykt i nanometer [nm]
$\Delta \lambda$:	<i>båndbredde</i> udtrykt i nanometer [nm], intervaller benyttet til beregning eller måling
$L\lambda(\lambda), L_{\lambda}$:	<i>spektral radians</i> fra kilden udtrykt i watt pr. kvadratmeter pr. steradian pr. nanometer [$\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1} \text{nm}^{-1}$]
$R(\lambda)$:	<i>spektral vægtning</i> , der tager hensyn til, at skaden på øjet forårsaget af synlig stråling og IR-A-stråling afhænger af bølgelængden (Tabel 1.3) [dimensionsløs]
L_R :	<i>effektivradians (termisk skade)</i> beregnet stråling spektralt vægtet med $R(\lambda)$ udtrykt i watt pr. kvadratmeter pr. steradian [$\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$]
$B(\lambda)$:	<i>spektral vægtning</i> , der tager hensyn til, at den fotokemiske skade på øjet forårsaget af blå-lys-stråling afhænger af bølgelængden (Tabel 1.3) [dimensionsløs]
L_B :	<i>effektivradians (blåt-lys)</i> : beregnet radians spektralt vægtet med $B(\lambda)$, udtrykt i watt pr. kvadratmeter pr. steradian [$\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$]
E_B :	<i>effektivirradians (blåt-lys)</i> : beregnet irradians spektralt vægtet med $B(\lambda)$, udtrykt i watt pr. kvadratmeter [W m^{-2}]
E_{IR} :	<i>totalirradians (termisk skade)</i> : beregnet irradians inden for det infrarøde bølgelængdeområde på 780 nm-3.000 nm, udtrykt i watt pr. kvadratmeter [W m^{-2}]
E_{skin} :	<i>totalirradians (synlig, IR-A og IR-B)</i> : beregnet irradians inden for det synlige og infrarøde bølgelængdeområde på 380 nm-3 000 nm, udtrykt i watt pr. kvadratmeter [W m^{-2}]
H_{skin} :	<i>strålingseksponering</i> , integralet eller summen over tid og bølgelængde af irradian- sen inden for det synlige og infrarøde bølgelængdeområde på 380-3 000 nm, udtrykt i joule pr. kvadratmeter (J m^{-2})
α :	<i>vinkelmæssigudstrækning</i> : den vinkelmæssige udstrækning af en tilsyneladende kilde set fra et givet sted i rummet, udtrykt i milliradianer (mrad). Den tilsyneladende kilde er den reelle eller virtuelle genstand, der danner det mindst mulige billede på nethinden.

Tabel 1.1
Eksponeringsgrænseværdier for ikke-koherent optisk stråling

Index	Bølgelængde nm	Eksponeringsgrænseværdi	Enheder	Bemærkning	Løgemiddel	Risiko
a.	180-400 (UV-A, UV-B og UV-C)	$H_{\text{ref}} = 30$ Pr. dag 8 timer	$[J\ m^{-2}]$		øje hornhinde bindehinde linsener hud	fokkeratitis konjunktivitis katarakt erytem elastosis hudkræft
b.	315-400 (UV-A)	$H_{\text{ref}} = 10^4$ Pr. dag 8 timer	$[J\ m^{-2}]$		øje linsener	katarakt
c.	300-700 (blå-lys) se note 1	$I_{\text{ref}} = \frac{10^6}{t}$ for $t \leq 10\ 000\ s$	$I_{\text{ref}} [W\ m^{-2}\ sr^{-1}]$ t : [sekunder]	for $\alpha \geq 11\ mrad$		
d.	300-700 (blå-lys) se note 1	$I_{\text{ref}} = 100$ for $t > 10\ 000\ s$	$[W\ m^{-2}\ sr^{-1}]$			
e.	300-700 (blå-lys) se note 1	$E_{\text{ref}} = \frac{100}{t}$ for $t \leq 10\ 000\ s$	$E_{\text{ref}} [W\ m^{-2}]$ t : [sekunder]	for $\alpha < 11\ mrad$ se note 2	øje netinde	fokkeratitis
f.	300-700 (blå-lys) se note 1	$E_{\text{ref}} = 0,01$ $t > 10\ 000\ s$	$[W\ m^{-2}]$			

Index	Bølgelængde nm	Eksponeringsgrænseværdi	Enheder	Bemærkning	Løgemodel	Risiko
g.	380-1 400 (Synlig og IR-A)	$I_{\text{A}} = \frac{2,8 \cdot 10^7}{C_{\text{A}}}$ for $t > 10$ s	$[W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	$C_{\text{A}} = 1,7$ for $\alpha \leq 1,7$ mrad $C_{\text{A}} = \alpha$ for $1,7 \leq \alpha \leq 100$ mrad $C_{\text{A}} = 100$ for $\alpha > 100$ mrad $\lambda_1 = 380; \lambda_2 = 1 400$	øje netinde	forbrænding af netinden
h.	380-1 400 (Synlig og IR-A)	$I_{\text{A}} = \frac{5 \cdot 10^7}{C_{\text{A}} t^{0,25}}$ for $10 \mu s \leq t \leq 10$ s	$I_{\text{A}}: [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$ $t: [\text{sekunder}]$			
i.	380-1 400 (Synlig og IR-A)	$I_{\text{A}} = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_{\text{A}}}$ for $t < 10 \mu s$	$[W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$			
j.	780-1 400 (IR-A)	$I_{\text{A}} = \frac{6 \cdot 10^6}{C_{\text{A}}}$ for $t > 10$ s	$[W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$	$C_{\text{A}} = 11$ for $\alpha \leq 11$ mrad $C_{\text{A}} = \alpha$ for $11 \leq \alpha \leq 100$ mrad $C_{\text{A}} = 100$ for $\alpha > 100$ mrad (indbefatte 11 mrad) $\lambda_1 = 780; \lambda_2 = 1 400$	øje netinde	forbrænding af netinden
k.	780-1 400 (IR-A)	$I_{\text{A}} = \frac{5 \cdot 10^7}{C_{\text{A}} t^{0,25}}$ for $10 \mu s \leq t \leq 10$ s	$I_{\text{A}}: [W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$ $t: [\text{sekunder}]$			
l.	780-1 400 (IR-A)	$I_{\text{A}} = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_{\text{A}}}$ for $t < 10 \mu s$	$[W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$			
m.	780-3 000 (IR-A og IR-B)	$E_{\text{B}} = 18 000 t^{-0,75}$ for $t \leq 1 000$ s	$E: [W \cdot m^{-2}]$ $t: [\text{sekunder}]$		øje hornhinde linse	forbrænding af hornhinden katarakt
n.	780-3 000 (IR-A og IR-B)	$E_{\text{B}} = 100$ for $t > 1 000$ s	$[W \cdot m^{-2}]$			

Index	Beløbslængde nm	Eksposeringens værdi	Enheder	Bemærkning	Legemsdel	Risiko
o.	380-3 000 (Synlig, IR-A og IR-B)	$H_{lim} = 20\,000\, J/m^2$ for $t < 10\, s$	$H, J/m^2$ $t: [sekunder]$		hud	forbrænding

Note 1: Området 300 til 700 nm omfatter dele af UV-B, alle UV-A og det meste af synlig stråling den dermed forbundne risiko omtales normalt som blå-lys, selv om blå-lys i snæver forstand kun omfatter området fra ca. 400 til 490 nm.

Note 2: Med henblik på vedholdende fiksering af meget små kilder med en åbning $\leq 11\, mrad$ kan I_a konverteres til I_b . Dette gælder normalt kun for instrumenter til øjenundersøgelse eller et stabiliseret øje under bedøvelse. Den maksimale størrelse findes således: $t_{max} = 100/I_b$ med I_b udtrykt i W/m^2 . Øjenbevægelserne under normale visuelle opgaver gør, at denne ikke overstiger 100 sekunder.

Tabel 1.2

S (Å) [dimensionsløs], 180 nm til 400 nm

λ i nm	S (Å)	λ i nm	S (Å)	λ i nm	S (Å)	λ i nm	S (Å)	λ i nm	S (Å)
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		

Tabel 1.3

B (Å), R (Å) [dimensionsløs], 380 nm til 1 400 nm

λ i nm	B (Å)	R (Å)
$300 \leq \lambda < 380$	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
$500 < \lambda \leq 600$	$10^{0,02(450-\lambda)}$	1
$600 < \lambda \leq 700$	0,001	1
$700 < \lambda \leq 1\,050$	—	$10^{0,002(700-\lambda)}$
$1\,050 < \lambda \leq 1\,150$	—	0,2
$1\,150 < \lambda \leq 1\,200$	—	$0,2 \cdot 10^{0,02(1\,150-\lambda)}$
$1\,200 < \lambda \leq 1\,400$	—	0,02

Bilag 2

Optisk laserstråling

De biofysisk relevante eksponeringsværdier for optisk stråling kan fastlægges ved hjælp af nedenstående formler. Hvilke formler, der skal anvendes, afhænger af bølgelængden og varigheden af strålingen fra kilden, og resultaterne sammenlignes med de tilsvarende eksponeringsgrænseværdier i tabellerne 2.2-2.4. Der kan være mere end en eksponeringsværdi og tilsvarende eksponeringsgrænse for en given kilde til optisk laserstråling.

Koefficienter anvendt til beregninger i tabellerne 2.2-2.4 er angivet i tabel 2.5, og korrektioner for gentagen eksponering findes i tabel 2.6.

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

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

Noter:

dP effekt udtrykt i watt [W]

dA fladeareal udtrykt i kvadratmeter [m²];

E (t), E irradians eller effektæthed: effekten af den indfaldende stråling på en flade pr. arealenhed generelt udtrykt i watt pr. kvadratmeter [W m⁻²]. Værdier for E(t), E kommer fra målinger eller kan oplyses af fabrikanten af udstyret

H strålingseksponering: integralet af irradiansen over tiden udtrykt i joule pr. kvadratmeter [J m⁻²]

t tid, varighed af eksponeringen, udtrykt i sekunder [s]

λ bølgelængde, udtrykt i nanometer [nm]

γ begrænsende keglevinkel for målefeltet udtrykt i milliradianer [mrad]

γ_m målefeltet udtrykt i milliradianer [mrad]

α vinkelmæssig udstrækning af en kilde udtrykt i milliradianer [mrad]

begrænsende aperturåbning: det cirkulære område over hvilket irradians og strålingseksponering midles

G integreret radian: integralet af radianen over en given eksponeringstid udtrykt som strålingsenergi pr. arealenhed af en udstrålende flade pr. rumvinkelenhed af emissionen udtrykt i joule pr. kvadratmeter pr. steradian [J m⁻² sr⁻¹].

Tabel 2.1

Strålingsrisici

Bølgelængde [nm] λ	Strålingsområde	Organ	Risiko	Eksponeringsgrænseværditabel
180 til 400	UV	øje	fotokemisk skade og termisk skade	2.2, 2.3
180 til 400	UV	hud	erytema	2.4
400 til 700	synlig	øje	beskadigelse af nethinden	2.2
400 til 600	synlig	øje	fotokemisk skade	2.3
400 til 700	synlig	hud	termisk skade	2.4
700 til 1 400	IR-A	øje	termisk skade	2.2, 2.3
700 til 1 400	IR-A	hud	termisk skade	2.4
1 400 til 2 600	IR-B	øje	termisk skade	2.2
2 600 til 10^6	IR-C	øje	termisk skade	2.2
1 400 til 10^6	IR-B, IR-C	øje	termisk skade	2.3
1 400 til 10^6	IR-B, IR-C	hud	termisk skade	2.4

Tabel 2.2
Lasereksponeeringsgrænser for øjne — Kort eksponeeringstid < 10 s

Bølglængde ^a [nm]		Agitur	Varighed [s]				
UNC			$10^{13} - 10^{12}$	$10^{11} - 10^9$	$10^7 - 1,8 \cdot 10^6$	$1,8 \cdot 10^4 - 5 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^2 - 10^1$
UVB	180-280	1 mm for t < 0,3 s & 1,5 · 10 ¹³ for 0,3 < t < 10 s	H = 30 [J m ⁻²]				
	280-302		H = 40 [J m ⁻²]				
	303		H = 60 [J m ⁻²]				
	304		H = 100 [J m ⁻²]				
	305		H = 160 [J m ⁻²]				
	306		H = 250 [J m ⁻²]				
	307		H = 400 [J m ⁻²]				
	308		H = 630 [J m ⁻²]				
	309		H = 10 ³ [J m ⁻²]				
	310		H = 1,6 · 10 ³ [J m ⁻²]				
UVA	311		H = 2,5 · 10 ³ [J m ⁻²]				
	312		H = 4,0 · 10 ³ [J m ⁻²]				
	313		H = 6,3 · 10 ³ [J m ⁻²]				
	314		H = 10 ⁴ [J m ⁻²]				
	315-400		H = 2,7 · 10 ⁴ C _A C _G [J m ⁻²]				
Synlig & IR-A	400-700		H = 1,5 · 10 ⁴ C _A C _G [J m ⁻²]				
	700-1 050		H = 2,7 · 10 ⁴ t ^{0,75} C _A C _G [J m ⁻²]				
	1 050-1 400		H = 2,7 · 10 ⁴ t ^{0,75} C _A C _G [J m ⁻²]				
IR-B & IR-C	1 400-1 500	J/L Note ^b	E = 10 ¹³ [W m ⁻²]/Jf. note ^c				
	1 500-1 800		E = 10 ¹³ [W m ⁻²]/Jf. note ^c				
	1 800-2 600		E = 10 ¹³ [W m ⁻²]/Jf. note ^c				
	2 600-10 ⁶		E = 10 ¹³ [W m ⁻²]/Jf. note ^c				

^a Hvis laserens bølglængde er omfattet af to grænser, anvendes den næst restriktive.
^b Når 1 400 < λ < 10⁶ nm: aperturdiameter = 1 mm for t < 0,3 s og 1,5 t^{0,75} mm for 0,3 s < t < 10 s; når 10⁶ < λ < 10⁹ nm: aperturdiameter = 11 mm.
^c Følgende data for disse pulsbølger, anbefaler ICNIRP anvendelse af 1 m irradieringsgrænser.
^d Figuren viser værdierne for enkeltlaserpulser. I tilfælde af multiple laserpulser skal laserimpulsenergi og den deraf følgende tilsvarende skal indskrives for i formen: 5,6 · 10³ · t^{0,75}.

Tabel 2.4
Lasereksponeeringsgrænser for hud

Bølglængde * [nm]		Apertur	Varighed [s]					
			$< 10^{-6}$	$10^{-6} - 10^{-7}$	$10^{-7} - 10^{-1}$	$10^{-1} - 10^2$	$10^2 - 10^3$	$10^3 - 3 \cdot 10^4$
UV (A, B, C)	180 - 400	3,5 mm	De samme som eksponeringsgrænser for øjne					
Synlig & IR-A	400 - 700	3,5 mm	De samme som eksponeringsgrænser for øjne					
	700 - 1 400							
IR-B & IR-C	1 400 - 1 500		De samme som eksponeringsgrænser for øjne					
	1 500 - 1 800							
	1 800 - 2 600		De samme som eksponeringsgrænser for øjne					
	2 600 - 10 ⁶							

* Hvis bølglængden eller andre forhold ved laseren er omfattet af to grænser, anvendes den mest reaktive.

Tabel 2.5

Anvendte korrektionsfaktorer og andre beregningsparametre

Parameter som angivet i ICNIRP	Gyldigt spektralområde (nm)	Værdi
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	$400 - 450$	$C_B = 1,0$
	$450 - 700$	$C_B = 10^{0,012(\lambda - 450)}$
C_C	$700 - 1\,150$	$C_C = 1,0$
	$1\,150 - 1\,200$	$C_C = 10^{0,018(\lambda - 1\,150)}$
	$1\,200 - 1\,400$	$C_C = 8,0$
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 som angivet i ICNIRP	Gyldig for biologisk effekt	Værdi
a_{max}	alle termiske effekter	$a_{\text{max}} = 1,5 \text{ mrad}$
Parameter som angivet i ICNIRP	Gyldigt vinkelområde (mrad)	Værdi
C_d	$a < a_{\text{max}}$	$C_d = 1,0$
	$a_{\text{max}} < a < 100$	$C_d = a/a_{\text{max}}$
	$a > 100$	$C_d = a^2/(a_{\text{max}} \cdot a_{\text{max}}) \text{ mrad med } a_{\text{max}} = 100 \text{ mrad}$
T_2	$a < 1,5$	$T_2 = 10 \text{ s}$
	$1,5 < a < 100$	$T_2 = 10 \cdot [10^{(a - 1,5) / 98,5}] \text{ s}$
	$a > 100$	$T_2 = 100 \text{ s}$
Parameter som angivet i ICNIRP	Gyldigt eksponeringstidsrum (s)	Værdi
Ψ	$t \leq 100$	$\Psi = 11 \text{ [mrad]}$
	$100 < t < 10^4$	$\Psi = 1,1 t^{0,5} \text{ [mrad]}$
	$t > 10^4$	$\Psi = 110 \text{ [mrad]}$

Tabel 2.6

Korrektion for gentagen eksponering

Hver af følgende tre generelle regler bør anvendes på alle gentagne eksponeringer, som stammer fra pulslaser eller laser scanningssystemer:

1. Eksponeringen fra enhver enkeltpuls i et pulstog må ikke overskride eksponeringsgrænsen for en enkeltpuls med denne pulsvarighed.
2. Eksponeringen fra enhver pulsgruppe (eller undergruppe af pulser i et pulstog) afgivet i eksponeringstid t må ikke overskride eksponeringsgrænseværdien for eksponeringstiden t .
3. Eksponeringen fra enhver enkeltpuls inden for en pulsgruppe må ikke overskride eksponeringsgrænseværdien for enkeltpulsen ganget med en kumulativ termisk korrektionsfaktor $C_p = N^{-0,25}$, hvor N er antallet af pulser. Denne regel finder kun anvendelse på eksponeringsgrænser for at beskytte mod termiske skader, hvor alle afgivne pulser i tidsrum, der er kortere end T_{min} , behandles som en enkeltpuls.

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