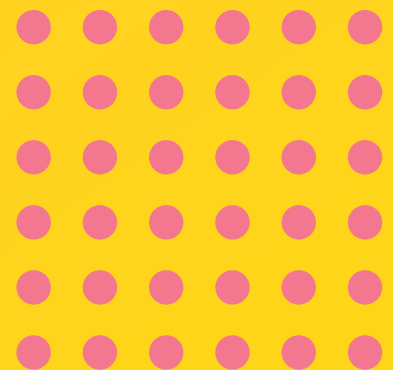


Reviderad mars 2022

# LJUSAMALLEN

## Belysningsberäkningar inomhus



## INLEDNING

För att man ska kunna jämföra armaturer och belysningsberäkningar på ett riktigt och rättvist sätt är det viktigt att relevant information redovisas enhetligt, både för ljustekniska data och mekaniska egenskaper.

Belysningsbranschen har därför sedan 1980 tagit fram guiden LJUSAMALLEN. Det är en serie dokument med rekommendationer för att uppnå detta. Dessa revideras regelbundet av Belysningsbranschens Tekniska Kommitté för att spegla den senaste tekniska utvecklingen och aktuella standarder.

Förhoppningen är att belysningsprojektering och armaturer redovisas och utförs enligt rekommendationerna i de olika Ljusmallarna.

## ALLMÄN INFORMATION

Avsnitt 7 och 8 i LJUS & RUM ger allmän vägledning om hur belysningsberäkningar ska utföras. Finns att ladda ner från [www.ljuskultur.se](http://www.ljuskultur.se)

Definitionerna i Ljusmallarna baseras på internationella produktstandarder och belysningsstandarder när sådana finns.

## BELYSNINGSBERÄKNINGAR INOMHUS

Detta dokument innehåller information om hur man kan göra enhetliga belysningsberäkningar för att kunna jämföra olika belysningslösningar rättvist.

För de fall där alla förutsättningar inte är kända finns förslag på bl.a. generella bibehållningsfaktorer och livslängder. I de fall där alla förutsättningar är kända rekommenderas att aktuella data används i belysningsberäkningarna.

Innehållet i detta dokument ansluter till standarden *SS-EN 12464-1:2021 – Belysning av arbetsplatser inomhus*, och ska ses som ett komplement till planeringsguiden i LJUS & RUM.

## INNEHÅLL

Beräkningspunkter.....	2
Beräkningsytor.....	3
Bibehållningsfaktorn.....	4
- Ljusnedgång.....	4
- Lampbortfall.....	4
- Armaturenedsmutsning.....	4
- Rumsnedsmutsning.....	5
Reflektanser.....	5
Drifttider.....	5
Energiberäkningar.....	5
Obehagsblandning.....	6

## ➤ Beräkningspunkter

Ett rutnät med beräkningspunkter skapas för att beräkna och kunna kontrollera medelbelysningsstyrkan och belysningsstyrkans jämnhet inom arbetsområdet, den omedelbara omgivningen samt den yttre omgivningen.

Det lägsta antalet beräkningspunkter och avståndet mellan dem skall beräknas enligt följande:

$$p = 0.2 \times 5 \log(d)$$

där

$p \leq 10$  m och anger det maximala avståndet mellan mätpunkterna (m)

$d$  är den längre sträckan (m) i den aktuella beräkningsytan, men om förhållandet mellan den längre och den kortare sidan är 2 eller större, så blir  $d$  den kortare sträckan.

*Det resulterande avståndet mellan mätpunkterna används för att beräkna antalet mätpunkter, som närmaste heltal av  $d/p$ . Detta ger ett förhållande i mätpunktsindelningen mellan längd och bredd som blir nära 1.*

Rutnät som närmar sig formen av en rektangel eller kvadrat är att föredra, och förhållandet mellan avstånd i längd och bredd för rutnätet bör hållas inom 0,5 till 2.

Notera att beräkningspunkternas avstånd och placering inte ska sammanfalla med avståndet mellan armaturerna i rummet.

Tabell 1 visar några exempel på maximala tillåtna avstånd mellan beräkningspunkterna.

TABELL 1.

LÄNGD PÅ YTAN	MAX AVSTÅND MELLAN BERÄKNINGSPUNKTER
0,40 m	0,15 m eller minst 3 punkter
0,60 m	0,20 m eller minst 3 punkter
1,00 m	0,20 m eller minst 5 punkter
2,00 m	0,30 m eller minst 6 punkter
5,00 m	0,60 m eller minst 8 punkter
10,00 m	1,00 m eller minst 10 punkter
25,00 m	2,00 m eller minst 12 punkter
50,00 m	3,00 m eller minst 17 punkter
100,00 m	5,00 m eller minst 20 punkter

▲ För olika typer av idrottsaktiviteter och sporter finns exakt antal beräkningspunkter och storlek på spelytorna definierade i *SS-EN 12193:2018*

## ➤ Beräkningsytor

För att undvika beräkningspunkter nära väggen, som kan ha stor inverkan på jämnheten, får ett band på 15% av rummets kortaste dimension, dock max 0,5 meter från respektive yttervägg, undantas i beräkningen utom när ett arbetsområde förekommer inom denna zon.

På liknande sätt beräknas även storleken på rutnät för väggar och tak och även här får ett band på max 0,5 m undantas från respektive ytterkant.

Där ett arbetsområde ligger nära en vägg och den omedelbara omgivningen tangerar en yttervägg används istället ett indrag för omedelbara omgivningen på max 0,1 m från lokalens väggar.

**Arbetsområdet** är det område där visuella arbetsuppgifter utförs. Områdets storlek och läge bestäms av ljusplaneraren i samråd med beställaren. Beroende på arbetsuppgift kan medelbelysningsstyrkan vara horisontell, vertikal eller lutande.

Arbetsområdets höjd beräknas normalt 0,85 m över golv, alternativt på golvnivå för vissa lokaler som exempelvis korridorer.

Om arbetsområdets storlek vid en kontorsarbetsplats är okänd, kan denna normalt antas uppta en yta på 90×60 cm.

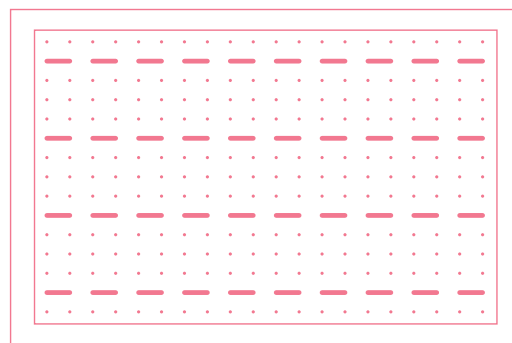
**Den omedelbara omgivningen** definieras av ljusplaneraren tillsammans med beställaren. Enligt standarden *SS-EN 12464-1:2021* definieras den som ett band på minst 0,5 m bredd som omger arbetsområdet inom synfältet.

**Den yttre omgivningen** definieras som området utanför den omedelbara omgivningen och fram till 15% av rummets kortaste dimension, dock max 0,5 m från lokalens väggar. Beräknas alltid på golvnivå. För större rum skall den yttre omgivningens band vara minst 3 meter brett.

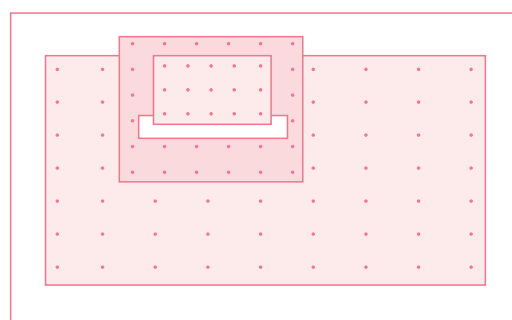
Belysningsstyrkor på arbetsområde, omedelbar omgivning och yttre omgivning ska stå i relation till varandra enligt rekommendationerna i LJUS & RUM.

Vid ljusmätning på plats kontrolleras att beräknade belysningsstyrkor för arbetsområdet, den omedelbara omgivningen och den yttre omgivningen uppfylls, enligt beskrivning i planeringsguiden LJUS & RUM. Exempel på hur olika mätplaner kan se ut illustreras i figurerna 1–4.

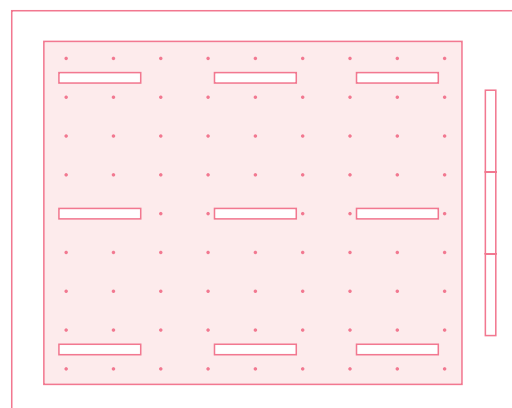
FIGUR 1. ÖPPEN YTA



FIGUR 2. CELLKONTOR



FIGUR 3. KLASSRUM



FIGUR 4. KORRIDOR



## ➤ Bibehållningsfaktor (MF)

Bibehållningsfaktorn (MF) för armaturer är produkten av ljusnedgång (LLMF), lampbortfall (LSF), armaturnedsmutsning (LMF) och rumsnedsmutsning (RSMF), och beräknas enligt formeln:

$$MF = LLMF \times LSF \times LMF \times RSMF$$

LLMF	Lamp Lumen Maintenance Factor
LSF	Lamp Survival Factor
LMF	Luminaire Maintenance Factor
RSMF	Room Surface Maintenance Factor

DIALux och andra ljusberäkningsprogram innehåller guider för denna beräkningsprocess baserade på relevant CIE-standard samt SS-EN 12464-1:2021. I normala fall rekommenderas att bibehållningsfaktorerna baseras på 3 års rengöringsintervall.

## ➤ Ljusnedgång (LLMF)

Ljuskällors ljusnedgångsfaktorer går inte att sammanfatta i en tabell då skillnader mellan olika fabrikat kan vara stor. Tillvägagångssättet är att gå in på ljuskälletillverkarens eller armaturfabrikantens hemsida och ta fram uppgifter för aktuell produkt.

För LED-armaturer väljer man den standard-drifttid som är mest relevant för applikationen, och  $L_{xx}$  vid den drifttiden ger då underlag för bibehållet armaturljusflöde. LED-moduler med konstantljusfunktion (CLO) har  $L_{100}$  och tappar inget ljusflöde, men man måste ändå korrigera för viss nedsmutsning.

För några konventionella ljuskällor kan man med rimlig noggrannhet generalisera ljusnedgången, se exempel i tabell 2.

TABELL 2.

EXEMPEL PÅ LJUSKÄLLOR	LJUSNEDGÅNGSFAKTOR (LLMF VID LSF 90 %)
Raka lysrör med spärrskikt för låg ljusnedgång och högtrycksnatriumlampor	0,90
Övriga lysrör, kompakt-lysrör och bästa metallhalogenlampor	0,85
Metallhalogenlampor övriga	0,75

## ➤ Lampbortfall (LSF)

LSF kan sättas till 1 om man normalt byter en helt slocknad armatur direkt i dagens belysningsystem med LED-armaturer. För konventionella ljuskällor är faktorn normalt lägre, exempelvis 0.90 enligt tabell 2.

## ➤ Armaturnedsmutsning (LMF)

Del av bibehållningsfaktorn som motsvaras av nedsmutsningen av armaturen (LMF) med hänsyn tagen till armaturtyp, omgivning och rengöringsintervall. För jämförelse rekommenderas att man normalt baserar värdena på 3-års rengöringsintervall.

Tabell 3 är en anpassning av CIE 97:2005 2nd Edition till svenska förhållanden, där:

**Öppen armatur** avser både direkt/indirekt och enbart direkt ljusfördelning.

**Sluten armatur** avser armatur som har helt täckt ljusöppning, exempelvis med mikroprismatiskt bländskydd eller kupa. Avser slutna armaturer med IP-klass 2X eller högre.

**Uppljusarmatur** avser endast 100% indirekt ljusfördelning.

TABELL 3.

Armaturtyp	2 år		
	Omgivning ren	normal	smutsig
Öppen armatur – LMF	0,96	0,93	0,85
Sluten armatur – LMF	0,98	0,94	0,87
Uppljusarmatur – LMF	0,91	0,80	0,68
Armaturtyp	3 år		
	Omgivning ren	normal	smutsig
Öppen armatur – LMF	0,94	0,90	0,77
Sluten armatur – LMF	0,96	0,92	0,84
Uppljusarmatur – LMF	0,84	0,75	0,54
Armaturtyp	4 år		
	Omgivning ren	normal	smutsig
Öppen armatur – LMF	0,92	0,88	0,72
Sluten armatur – LMF	0,94	0,90	0,78
Uppljusarmatur – LMF	0,77	0,70	0,40
Armaturtyp	5 år		
	Omgivning ren	normal	smutsig
Öppen armatur – LMF	0,90	0,85	0,66
Sluten armatur – LMF	0,92	0,88	0,71
Uppljusarmatur – LMF	0,71	0,60	0,29

## ➤ Rumsnedsmutsning (RSMF)

Del av bibehållningsfaktorn som motsvarar nedsmutsningen av rummets ytor (RSMF) med hänsyn tagen till armaturtyp, omgivning och rengöringsintervall, se tabell 4. För jämförelse rekommenderas att man normalt baserar värdena på 3-års rengöringsintervall.

**Ren omgivning** kan normalt användas för kontor, skolor, sjukhus, hotell och rena allmänna utrymmen och kommunikationsytor.

**Normal omgivning** för industri, lager, butiker, sporthallar, restauranger, teknikutrymmen.

**Smutsig omgivning** för industrimiljöer som smältverk, svetsning, sågverk och liknande med mycket damm och partiklar i luften.

TABELL 4.

Antal år mellan grupprensningarna	2–5 år		
	Omgivning		
Armaturtyp	ren	normal	smutsig
Direkt	0,97	0,96	0,95
Direkt/indirekt 50/50	0,95	0,93	0,90
Indirekt	0,92	0,86	0,77

▲ Reflektionsfaktorer 70/50/20 (ren) och 50/30/20 (smutsig).

## ➤ Reflektanser

Om man inte känner till exakta reflektansvärden i ett rum bör standardvärden enligt tabell 5 användas i beräkningen.

TABELL 5

Kontor	80/60/30
Sjukhus	80/60/30
Skolor	80/60/30
Modebutiker/fashion	80/30/30
Industri	50/30/20
Varuhus	50/30/20
Hotell	80/60/30
Teknikutrymmen	50/30/20
Restaurang	80/60/30
Kommunikationsytor	80/60/30
Sporthallar	50/30/20
Allmänna utrymmen	80/60/30

## ➤ Drifftider

Drifttimmarna som normalt används för olika applikationer anges nedan, och kan användas för belysningsberäkningar och LCC-kalkyler. L<sub>70</sub> är normalt den maximala ljusnedgången (LLMF) som kan accepteras i en belysningsanläggning, vid en större ljusnedgång under den totala drifftiden bör kostnaden för ett eller flera hela armaturbyten beaktas i en LCC-kalkyl.

Tabell 6 är baserad på värden från ett guidance paper av Lighting Europe, *Evaluating performance of LED-based luminaires*.

TABELL 6.

INOMHUS-APPLIKATIONER	ÅRLIGT ANTAL DRIFTTIMMAR (EN 15193)	GENOMSNITTLIG DRIFTTID TILL UTBYTE	GENOMSNITTLIG TOTAL DRIFTTID
Kontor	2500	20	50 000
Skolor	2000	25	50 000
Sjukhus	5000	20	100 000
*) Sjukhus 7/24	8760	12	100 000
Hotell	5000	20	100 000
Restauranger	2500	20	50 000
Sport	4000	25	100 000
Butiker	5000	10	50 000
Industri	4000	25	100 000

\*) Används för utrymmen som är i drift dygnet runt, exempelvis kommunikationsytor m.m.

## ➤ Energiberäkningar

Vid energiberäkningar och LCC-kalkyler ska medeleffekten för CLO-armaturer användas, och beräknas med formeln:

$$P_m = (P_n \text{ nyvärde} + P_n \text{ sluteffekt}) / 2$$

där

P<sub>m</sub> medeleffekten

P<sub>n</sub> systemeffekten vid nyvärde

P<sub>n</sub> systemeffekt vid slutet av livslängden

P<sub>n</sub> nyvärde och P<sub>n</sub> sluteffekt erhålls från leverantör eller armaturtillverkare. Många anger också medeleffekten. Ljusdatafiler bör innehålla medeleffekten för att energiberäkningar skall få korrekta värden i ljusberäkningsprogrammet.

## ➤ Obehagsbländning (UGR)

Armaturtillverkaren ska tillhandahålla underlag eller tabelldata så att man på ett enkelt sätt kan fastställa belysningsystemets medelbländtal UGR. Detta kan beräknas och bestämmas primärt genom två olika metoder, *Tabellmetoden* och *Formelmetoden*. Dessa metoder beskrivs mer detaljerat i standarderna *CIE 117-1995* och *CIE 190:2010*.

Tabellmetoden skall användas, då alla krav på bländtal  $R_{UGL}$  i standardens tabellverk är gränsvärden baserade på medelbländtal enligt tabellmetoden, och gäller inte för formelmetoden som utgår från enskilda observatörens positioner.

För mer ingående information om hur de olika metoderna kan tillämpas hänvisas till *SS-EN 12464-1:2021*

För att välja en lämplig armatur till en arbetsuppgift ska krav på obehagsbländning enligt tabellverket i *SS-EN 12464-1:2021* kontrolleras genom att använda tabellmetoden, där samtliga värden ska beräknas med (Spacing to Height Ratio)  $SHR = 0.25$ .

Variationerna i UGR inom rummet för specifika positioner kan beräknas genom att använda formelmetoden, eller den omfattande tabellen för olika observatörspositioner. Variationerna som beräknas fram kan dock inte användas för att kontrollera mot kraven i tabellverket, då dessa gränsvärden för  $R_{UGL}$  enligt standarden inte tar hänsyn till variationerna. Värden för olika observatörspositioner får alltså ses som riktvärden. De kan dock ge en indikation av var den största risken för bländning kan förekomma inom ett rum.

Om det beräknade maximala högsta UGR-värdet för en enskild observatör någonstans inom rummet är högre än gränsmedelvärdet för  $R_{UGL}$  som anges i tabellverket, kan information om olämpliga placeringar av arbetsplatser inom rummet behövas för att förebygga bländningsrisk.

När flera olika armaturtyper används inom samma rum bör UGR fastställas för varje enskild armaturtyp separat. Det mest ogynnsamma fallet bör jämföras med det fastställda begränsningsvärdet.

Tabellmetoden UGR gäller bara för kvadratiska och rektangulära rum. När rumsformen avviker från detta approximeras rumsdimensionerna med en jämförbar rektangulär rumsyta definierad i UGR-tabellen, se exempel i figur 5 och figur 6. Denna approximation bör dokumenteras.

FIGUR 5. PROJEKTETS RUMSFORM



FIGUR 6. APPROXIMATION FÖR TABELLMETODEN UGR

