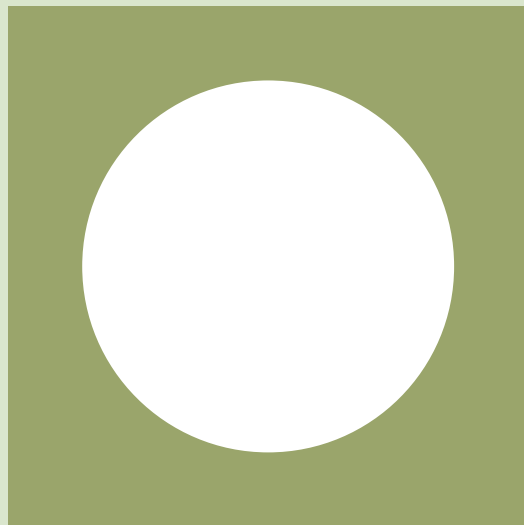


7. PLANERINGS- GUIDEN



Huvudsakliga förändringar i den nya utgåvan av SS-EN 12464-1:2021, som har införts i Planeringsguiden för tillämpning:

- Tabellverket för specifika belysningskrav har reviderats och förbättrats.
- Rekommendationerna i tabellerna tar mer hänsyn till användarens behov.
- Sambandet mellan arbetsområdet och dess omedelbara samt yttre omgivning beskrivs mer detaljerat.
- Påverkan av visuella och icke-visuella effekter av ljus på människors prestanda och välbefinnande behandlas.
- Krav på belysningsstyrkor för väggar, tak och cylindrisk belysning förbättras och är mer differentierade samt flyttas från huvudtexten till tabellerna.
- Ett nytt kapitel om hänsynstaganden vid belysningsplanering ger råd om hur kraven ska tillämpas vid utformning av belysning för visuella uppgifter och aktiviteter inom ett utrymme.
- Bländningskraven har klargjorts för förbättrad användbarhet.
- Nya informativa bilagor har lagts till.

En belysningsplaneringsprocess är ofta ett omfattande arbete med många olika krav och önskemål som ska uppfyllas från beställare, användare och andra parter. Därför har Belysningsbranschen tagit fram *Planeringsguiden*, ett verktyg som fokuserar på belysningen av arbetsplatser inomhus och som steg för steg lotsar dig genom processens alla moment.

Planeringsguiden är tänkt dels som ett hjälpmedel för dig som är planeringsansvarig för en belysningsanläggning, dels som en tolkning av och ett komplement till gällande standarder och rekommendationer för belysning inomhus. Men oavsett vilken roll du har i belysningsplaneringen kan du ha stor nytta av Planeringsguiden som stöd i ditt arbete.

SÅ HÄR ANVÄNDER DU PLANERINGSGUIDEN

Det finns flera skäl till varför det är bra för dig som är planeringsansvarig att strukturera ditt arbete med hjälp av Planeringsguiden. Du får bättre kontroll och tydligare överblick över hela planeringsprocessen. Du kan lättare bedöma om kraven och önskemålen från alla intressenter är uppfyllda – och att de går

att jämka ihop. Du har större möjlighet att göra rätt från början och kan på så sätt minimera risken för kostsamma kompletteringar eller ändringar i slutet av processen. Dessutom blir samordningen med andra deltagare i projektet enklare.

Planeringsguiden är indelad i olika huvudmoment – specificera, analysera, planera, dokumentera, kontrollera – som du kan se i flödesschemat på nästa sida. På följande uppslag hittar du ett mer detaljerat flödesschema och en checklista för de olika momenten i planeringsprocessen. Därefter beskrivs varje moment och checklistan utförligare. Följ momenten steg för steg, stäm av med beställaren och dokumentera ändringar och beslut under hela processen. Då får du kontroll över din planering och det blir lättare att utvärdera om förutsättningarna för och resultatet av planeringen stämmer överens med de mål som satts upp för belysningsanläggningen.

Dessutom får du en stor del av arbetet med underhållsplanen förberett på köpet. På så sätt kan du bidra till en belysningsanläggning och en ljusmiljö som är funktionell, estetiskt tilltalande och kostnadseffektiv genom hela sin livscykel.

I Planeringsguiden finns fyra symboler som ger dig mer information eller hänvisar vidare.



FÖRDJUPNING
Ger dig fördjupad information om det som beskrivs i texten.



LÄS MER
Hänvisar till andra sidor i boken, där du hittar mer information kring samma ämne.



BRA ATT VETA
Förklarar ett begrepp som förekommer i texten.



SNABEL-A
Hänvisar till information på internet.

VEM GÖR VAD I PLANERINGSPROCESSEN?

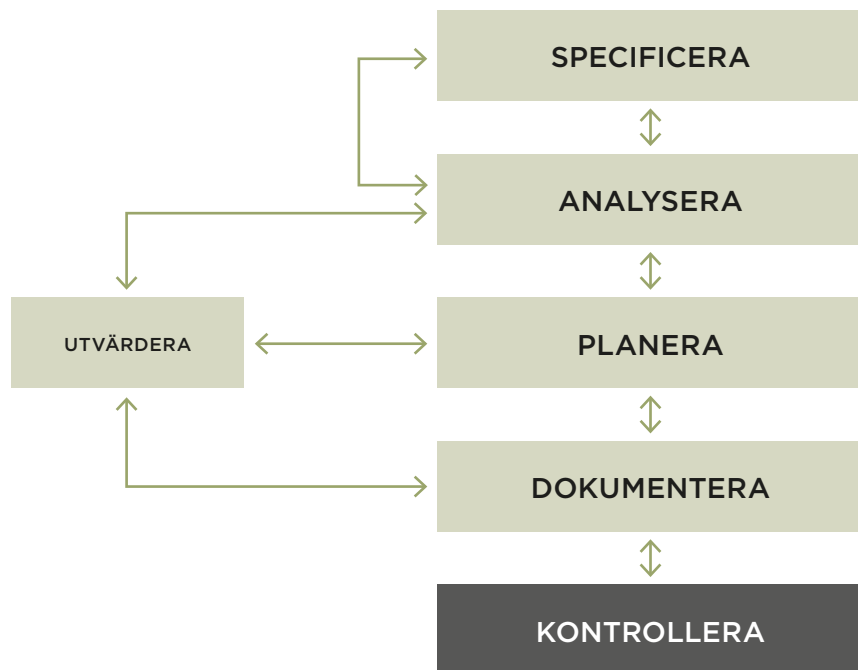
De två huvudansvariga i planeringsprocessen är beställaren och den planeringsansvarige. Beställaren kan till exempel vara en byggherre, en kommun, en fastighetsägare eller ett företag. Den planeringsansvarige kan vara en belysningskonsult, ljusdesigner eller någon annan sakkunnig. Beställaren är ansvarig för att tillsammans med belysningsplaneraren specificera mål och krav för belysningsanläggningen. I den planeringsansvariges ansvar ingår att analysera förutsättningarna för dessa mål och krav, planera belysningsanläggningen och utvärdera om resultatet av entreprenaden stämmer överens med planeringen.

Föreslaget material bör dokumenteras och godkännas av beställaren. På så sätt undviker man att

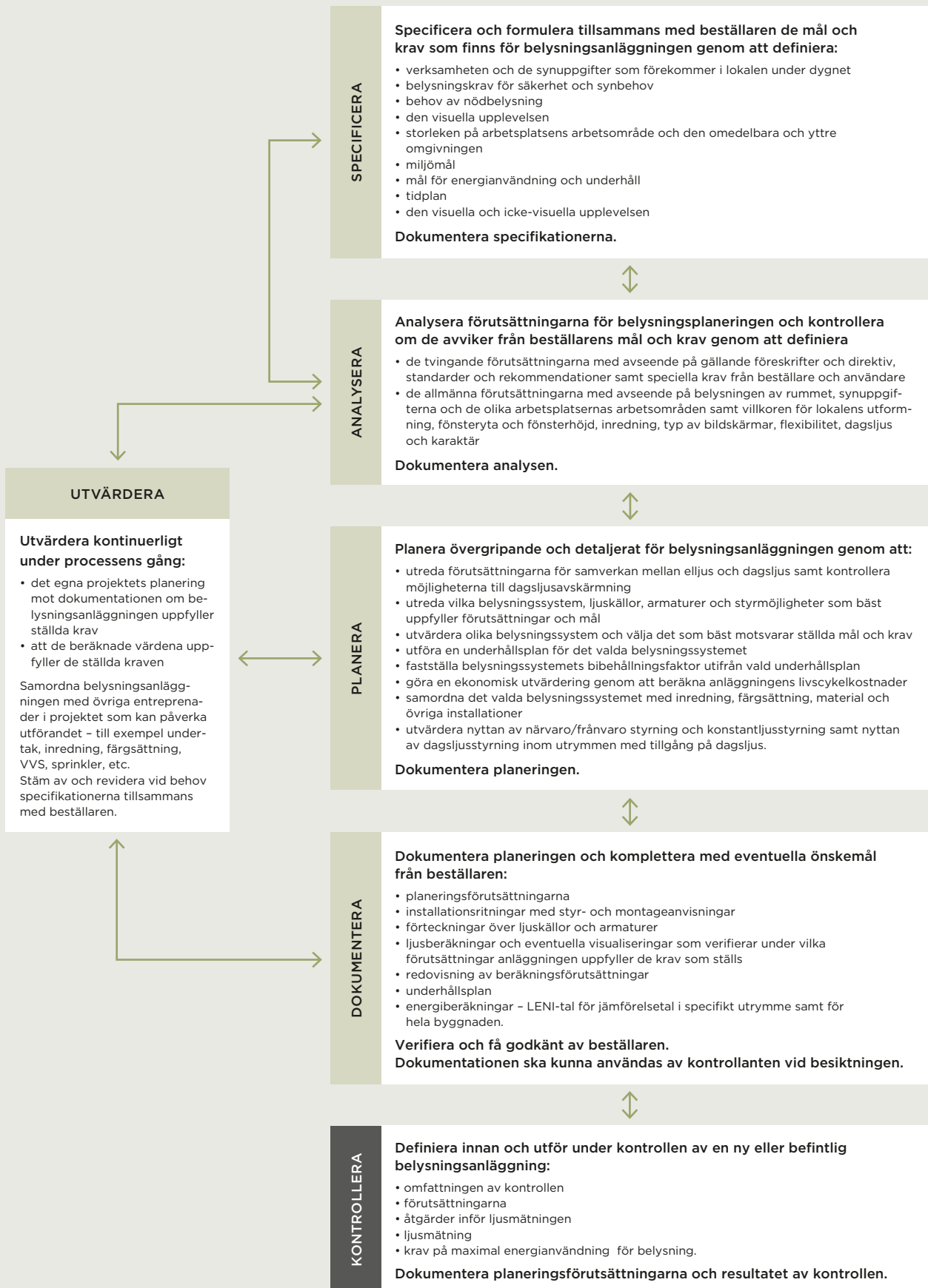
hamna i tvistemål om planeringsresultaten avviker från beställarens ursprungliga mål och krav. Belysningsplaneraren ska dessutom samordna belysningsplaneringen med alla de aktörer som är delaktiga – arkitekter, belysningskonsulter, elkonsulter och användare för att bara nämna några. Att hålla kontakt och rådgöra med övriga deltagare i byggprocessen ligger också inom den planeringsansvariges ansvarsområde.

Praktiska exempel på och mallar för hur du planerar belysning finns på Ljuskulturs hemsida www.ljuskultur.se. Där hittar du *Ljusmallen*, ett hjälpmedel för att redovisa armaturer allmänt och ljus tekniskt.

FLÖDESSCHEMA FÖR PLANERINGSPROCESSEN



Till höger ett mer detaljerat flödesschema med en checklista för de olika momenten i planeringsprocessen.



PLANERINGSGUIDEN — KAPITELÖVERSIKT

Att tänka på i planeringsprocessen

7:1 SPECIFICERA

Synuppgifter:

- Vilka synuppgifter förekommer i lokalen och i vilka plan förekommer de?
- Hur ska synobjektet belysas för bästa synbarhet?
- Finns inrednings-/möbleringsritning som visar arbetsplatsernas placering?
- Tas omfältsljuset i beaktan?
- Har behov av modifierade värden bedömts?

Krav på säkerhet:

- Vilka riskzoner måste belysas?
- Vilka riskzoner och utrymningsvägar måste förses med nödbelysning?
- Kan stroboskopeffekter skapa risker i arbetet?

7:2 ANALYSERA

TVINGANDE FÖRUTSÄTTNINGAR

Lagkrav:

- Vilka lagkrav finns för installationerna?

Ekonomiska krav:

- Vilka är de ekonomiska förutsättningarna för investerings-, drift- och underhållskostnader?

Fysiska krav:

- Ställer omgivningen speciella krav på materialvalet?
- Förekommer onormalt höga eller låga omgivningstemperaturer?
- Kan elektriska och magnetiska fält orsaka problem?
- Förekommer restriktioner för montage – infällningsdjup eller begränsningar i armaturstorlek?

Historiska krav:

- Är valet av utrustning beroende av befintliga installationer?

ALLMÄNNA FÖRUTSÄTTNINGAR

Kravspecifikation:

- Vilka krav och rekommendationer gäller för belysningsplaneringen?
- Hur styrande är kraven?

Kravspecifikationens innehåll:

- Innehåller kravspecifikationen alla relevanta parametrar – belysningsstyrkans driftvärden, belysningsstyrkans jämnhet, förhållandet mellan belysningsstyrkan i arbetsområdet och dess omgivning, rumsytornas reflektionsegenskaper och reflektanser och färger, ljuskällornas färgtemperatur och färgåtergivningningsindex, luminansbegränsningar, luminansförhållanden inom synfältet, krav på avbländning?

Krav på energieffektivitet:

Har krav på energieffektiviseringen genom att använda nyttan av belysningsstyrning utvärderats (se kapitel 6. *Energiberäkning*).

Kvalitetskrav:

- Har du tillgodosett estetiska och arkitektoniska aspekter?

7:3 PLANERA

ÖVERGRIPANDE PLANERING

Dagsljus och elljus:

- Vilka förutsättningar finns för att utnyttja dagsljuset?
- Går det att utnyttja styrutrustning för att höja belysningskomforten och spara energi?

Solavskärmning:

- Är fönstren utformade för att förebygga solljus och strålningsvärme?
- Har fönsterväggen lämpliga reflektansvärden?

Val av belysningsystem:

- Vilket belysningsystem är lämpligast?
- Finns hinder för lokaliserat belysningsystem?

Val av ljuskälla och armatur:

- Uppfyller ljuskällan krav på ljusutbyte, färgåtergivningsegenskaper, ljusnedgång, livslängd, tid, upptändning och återstart?
- Är valet av ljuskälla och armatur lämpligt för applikationen?
- Uppfyller armaturen gällande säkerhetskrav?
- Uppfyller armaturen kraven ljus tekniskt och visuellt?
- Är armaturen ljusmätt och provad enligt gällande standard och föreskrifter?
- Finns fotometriska ljusdata tillgängliga?

Underhåll:

- Har du fastställt en underhållsplan?
- Har du baserat bibehållningsfaktorn på ett fastlagt underhållsschema?
- Har du tagit hänsyn till driftsförhållanden som nedsmutsning och annan påverkan?
- Är utrustningen lättåtkomlig för service och underhåll?

Styrsystem:

- Kan elljuset styras och regleras beroende på mängden infallande dagsljus?
- Kan frånvaro-, närvaro-, konstantljussensorer utnyttjas för att spara energi?
- Är reglerbar styrning önskvärt?
- Finns det behov av individuell ljusreglering?
- Är det installerade styrsystemet lätt att förstå?

Samordning med övriga installationer:

- Hur påverkar belysningsinstallationerna övriga installationer, till exempel el, vvs, va och sprinkler?
- Ska belysningsanläggningens driftdata överföras till ett separat system för fastighetsövervakning?

DETALJERAD PLANERING

Montageritningar:

- Överensstämmer installationsritningarna med planeringsmålen och de byggnadstekniska förutsättningarna?
- Har du samordnat installationerna med övriga installationer?
- Har du tagit hänsyn till reflexbländning?
- Uppfyller belysningen de ställda kraven på belysningsnivå, jämnhet, bländfrihet och luminansbegränsning vid bildskärmsarbete?

Montage och installation:

- Är montageanvisningarna fullständiga?
- Stämmer armaturernas och installationens utförande med gällande föreskrifter?

Beräkningar:

- Har ljusberäkningarna utförts enligt de förutsättningar som finns för rum och inredning?
- Har du beräknat obehagsbländning?
- Har du använt aktuella fotometriska data för ljuskällor och armaturer i beräkningarna?
- Har ett underhållsschema fastställts och godkänts av beställaren?
- Har du beräknat och redovisat byggnadens eller de specifika utrymmenas årliga energianvändning (LENI-tal, se kapitel 6. *Energiberäkning*).

7:4 DOKUMENTERA

- Uppfyller belysningsanläggningen de krav som ställts?
- Ligger kostnaderna för investering, drift och underhåll inom ramarna?
- Uppfyller anläggningen kraven på energi-effektivitet?
- Byggnadens eller de specifika utrymmenas typ av styrning och beräknade LENI-tal.

7:5 KONTROLLERA

Åtgärder före ljusmätning:

Dokumentation vid mättillfället:

- Datum/tidpunkt/plats/rum
- Om det uppmätta värdet ska betraktas som nyvärde eller driftvärde
- Mätpunkter på plan-/sektionsritning
- Mätområdenas storlek – arbetsområde/omedelbar omgivning/yttre omgivning
- Mätområden – väggar och tak
- Mätområden – cylindrisk belysning

(Gäller normalt inom arbetsområdet vid allmänbelysning i exempelvis skolsalar, se övre bild på klassrum under avsnitt om antal beräkningspunkter. Vid lokaliserade belysningsystem inom exempelvis kontor beräknas den dock normalt inom arbetsområde och omedelbara omgivningen, se nedre bild på cellkontor under avsnitt om antal beräkningspunkter.)

- Eventuell förekomst av bildskärmar och deras kvalitetsklass
- Mätriktning och mätplan
- Armaturtyper inklusive placering/montage
- Typ av ljuskällor och brinnläge
- Nätspänning för utgående grupper
- Slocknade ljuskällor/defekta armaturer
- Nedsmutsning av armaturer och rumsytor
- Omgivningstemperatur kring armaturen
- Eventuellt dagsljusstillskott
- Mätvinkel/mätyta vid luminansmätning
- Typ av ljusmätare
- Senaste kalibrering
- Beräkna byggnadens eller de specifika utrymmenas LENI-tal utifrån verkliga installerade effekter, förutsatta utnyttningstider, typ av styrning och specifika rumsdata. Se kapitel 6. *Energiberäkning*.

DU HITTAR MER INFORMATION OM HUR DU TOLKAR RESPEKTIVE PUNKT I KAPITLEN 7.1–7.5.

7.1 SPECIFICERA

Innan planeringsarbetet påbörjas ska du som är belysningsplanerare, tillsammans med beställaren, formulera och dokumentera målen för belysningsanläggningen. Dessutom behöver ni se vad lagtexten säger om säkerhets- och synbehovskrav för den verksamhet och de synuppgifter planeringsprocessen gäller.

VERKSAMHETEN

Specificera vad lokalen ska användas till, vilka synuppgifter som förekommer under dygnet, arbetsplatsernas antal och placering samt vad lagen kräver för den typen av verksamhet och synuppgifter.

KRAV PÅ SÄKERHET

Hur ett nödbelysningsystem ska utföras finns specificerat i standarden SS-EN 1838. Om du planerar en anläggning efter denna standard, kommer den att motsvara de krav som finns i Boverkets, Räddningsverkets och Arbetsmiljöverkets föreskrifter. Kraven varierar för till exempel utrymningsvägar, anti-panikbelysning och belysning av högriskområden.

Nödbelysningsystemen består oftast av en kombination av så kallade hänvisningsskyltar och allmänna armaturer som försetts med nödljusfunktion. För hänvisningsarmaturer gäller speciella regler och föreskrifter. I produktstandarden EN 60598-2-22 finns elsäkerhetskraven specificerade och piktogrammens utformning finns angivet i ISO 3864.

SYNUPPGIFTERNA

Det är viktigt att noggrant specificera vilka synuppgifter som förekommer i lokalen och i vilka plan de förekommer – horisontellt, vertikalt eller vinklat – och hur arbetsobjektet, arbetsområdet och omgivningen ska belysas för att åstadkomma bästa synbarhet. Du måste också utreda om synförutsättningarna avviker från de normala för att du ska kunna planera belysningen på bästa sätt.



Läs mer om arbetsområdet och hur det definieras på sidan 100.

ARBETSOMRÅDET

De krav på lägsta medelbelysningsstyrka och jämnhet i drift som anges i den svenska standardens tabellverk (SS-EN 12464-1: 2021), gäller bara för själva arbetsområdet och inte normalt för hela rummet. Är arbetsområdet inte definierat, gäller belysningskraven för hela rummet. Det kan betyda ökad miljöbelastning och kostnader i form av fler installationer, högre energiförbrukning och mer underhåll. Du ska anpassa belysningen utanför arbetsområdet till de förutsättningar som gäller inom arbetsområdet.



SS-EN 12464-1:2021 Ljus och belysning
– belysning av arbetsplatser.
DEL 1 Arbetsplatser inomhus.

RUMSUPPLEVELSEN

Specificera hur beställaren vill att lokalen ska upplevas visuellt såväl som icke-visuellt och hur belysningen ska samspela med och framhäva lokals inredning, färger och material.

Definiera de ytor som bidrar till upplevelsen av rummets ljushet och som är särskilt viktiga att belysa.

MILJÖN OCH ENERGIANVÄNDNINGEN

Specificera beställarens miljömål för belysningsanläggningen. Belysningsanläggningen ska vara så energieffektiv som möjligt utan att du behöver göra avkall på belysningskraven eller den visuella upplevelsen. Tänk på att energianvändningen beror på hur du utnyttjar den installerade effekten. Genom olika ljusstyrningssystem kan du reglera energianvändningen på ett rationellt sätt.

EKONOMIN OCH DRIFTEN

Specificera målsättningen för installationskostnader, energianvändning, styrningsmöjligheter och drift av belysningsanläggningen med avseende på kostnadseffektivitet.

TIDPLAN

När ska de olika momenten i belysningsprojektet – analys av förutsättningar, planering av belysningsanläggningen, utvärdering av planeringsresultat, dokumentation, upphandling och installation – vara klara?



Läs mer om hur du arbetar med de visuella förhållandena och rumsupplevelsen i kapitel 2. *Visuella förhållanden.*



Läs mer i kapitel 4. *Miljöpåverkan* samt i kapitel 6. *Energiberäkning.*



Utförligare information kring ekonomi och drift hittar du i kapitel 5. *Ekonomi och underhåll.*

7.2 ANALYSERA

När du som är planeringsansvarig specificerat målsättningen för belysningen tillsammans med beställaren, ska du analysera förutsättningarna för att den ska gå att genomföra. Du går steg för steg igenom vilka tvingande och allmänna förutsättningar som finns, jämför med specifikationerna och dokumenterar din analys. Därefter redovisar du analysen för beställaren och reviderar, om det behövs, specifikationerna tillsammans med beställaren. I det här avsnittet får du information och fakta som hjälper dig att analysera förutsättningarna för belysningsplaneringen på ett strukturerat sätt.

Analysera de tvingande förutsättningarna för belysningsplaneringen

Definiera vilka tvingande lagmässiga, fysiska, ekonomiska och historiska förutsättningar som gäller. Jämför dem med de specifikationer du har gjort tillsammans med beställaren.

LAGKRAV

Det finns lagar och föreskrifter för belysningsinstallationerna som du måste ta hänsyn till, se kapitel 3. *Belysningen i praktiken*.

EKONOMISKA KRAV

Vilka ekonomiska ramar gäller för belysningsanläggningen? Vilka förutsättningar gäller för investeringskostnaden respektive drift- och underhållskostnaderna? Beställaren har en budget för belysningsanläggningen. Hur förhåller sig de olika kostnaderna till varandra – konsultarvodena, investeringen, installationerna, driften och underhållet?

FYSISKA KRAV

Beroende på den verksamhet som bedrivs i lokalen, kan det ställas speciella krav på materialvalet i armaturer och elinstallationer. I en gjuteriindustri kan det vara både varmt och smutsigt, i ett kylrum kallt och fuktigt. Elektriska och magnetiska fält kan orsaka problem. Det kan också finnas restriktioner vad gäller montage – måste armaturerna vara infällda eller nedpendlade av ventilationstekniska skäl eller är armatureernas infälldnadsdjup begränsat av byggtkniska skäl?

HISTORISKA KRAV

Det kan finnas installationer i lokalen som måste användas till den nya utrustningen och som kan begränsa urvalet. Är valet av armaturer och installationer beroende av byggnadstypen eller befintliga installationers utformning?

Analysera de allmänna förutsättningarna för belysningsplaneringen

Undersök vilka allmänna förutsättningar som gäller för lokalens utformning. För att kunna definiera belysningskraven måste du fastställa storleken på det delområde på arbetsplatsen, som utgör själva arbetsområdet där den visuella arbetsuppgiften utförs och även storleken på den omedelbara omgivningen kring arbetsområdet samt den yttre omgivningen. För platser där storleken och/eller läget för arbetsområdet är okänd ska området där uppgiften kan tänkas utföras betraktas som arbetsområdet. Utred också vilka förutsättningar som gäller för lokalens utformning, flexibilitet, dagsljusförhållanden, inredning, färger/material och reflektanser, karaktär och vilken typ av bildskärmar som eventuellt förekommer. Bestäm vilken belysningsprincip du ska följa (se under kapitel 3. *Belysningen i praktiken*). Jämför resultaten med de specifikationer du har gjort tillsammans med beställaren.

KRAVSPECIFIKATIONEN

När du planerar belysningen måste du ta hänsyn till bland annat beställarens krav och önskemål, lagkrav och belysningsrekommendationer. Du måste också ta ställning till hur styrande kraven är.

KRAVSPECIFIKATIONENS INNEHÅLL

En kravspecifikation bör innehålla alla relevanta parametrar för att du ska kunna utföra belysningsplaneringen. Exempel på parametrar är belysningsstyrkornas driftvärden, belysningsstyrkans jämnhet, förhållandet i belysningsstyrka mellan arbetsområdet, dess omedelbara och yttre omgivning, belysningsstyrka väggar och tak, cylindrisk belysningsstyrka, rumsytornas reflektanser och färger, storlek och läge samt typ av fönsterytor, ljuskällornas färgtemperatur och färgåtergivningsindex, luminansbegränsningar, luminansförhållanden inom synfältet, krav på avbländning och krav på maximal årlig energianvändning.

KVALITETSKRAV

Det finns kvalitetskrav som inte kan kvantifieras, till exempel estetiska och arkitektoniska aspekter. Det är viktigt att kunna tillgodose dessa krav i största möjliga utsträckning.

I din analys av de tvingande och allmänna förutsättningarna för belysningsplaneringen ingår bland annat frågeställningar kring arbetsplatsens och omgivningens belysning, luminansbegränsningar och luminansfördelning, bländning och ljuskällornas ljuskvalitet. Avsnitten som följer ger dig information och fakta i dessa ämnen, som kan göra din analys enklare och mer komplett.

ARBETSPLATSENS BELYSNING

Värdena i tabellverket i kapitel 9, som överensstämmer med SS EN 12464-1:2021, anger den lägsta medelbelysningsstyrkan och jämnhet i drift inom den del av arbetsplatsen som utgör det definierade arbetsområdet. Belysningsstyrkorna i tabellverket är avsedda för arbete under normala förutsättningar och för personer med normal syn. Om det förekommer personer med nedsatt synförmåga, måste du ta hänsyn till det i belysningsplaneringen.

Äldre personer kan också vara i behov av ökade belysningsstyrkor och utgångspunkten för de lägsta erforderliga kraven i tabellverket baseras på personer kring 40-årsåldern.

Ta hänsyn till om det finns speciella förutsättningar som innebär att man bör använda den Modifierade nivån enligt tabellverket. Det kan rekommenderas att planera för en högre belysningsstyrka för att tillgodose olika visuella behov. Om man väljer att gå upp ett eller två steg för arbetsområdet eller aktivitetsytan bör även rummets ljushet samt den cylindriska belysningsstyrkan ökas med samma antal steg. Är det däremot enbart ett mindre arbetsområde inom en större lokal, som kräver ökad belysningsstyrka, kan rummets ljushet fortsatt projekteras efter den huvudsakliga belysningsstyrkan för hela lokalen.

Om en eller två av de mer krävande förutsättningarna i tabellen nedan förekommer bör en ökning med ett steg göras. Om fler än två av de krävande förutsättningarna förekommer bör en ökning med två steg göras enligt skalan på nästa sida.



När belysningsstyrkan är för låg är det svårt att urskilja detaljer.



Med tillräcklig belysningsstyrka framträder kontrasterna, så att detaljer blir tydliga.

Du bör höja belysningsstyrkorna i drift om:

- Synarbetet är kritiskt
- Fel är kostsamma att rätta till
- Noggrannhet, högre produktivitet eller ökad koncentration är av stor betydelse
- Arbetsmaterialets detaljer är ovanligt små eller med låg kontrast
- Arbetet utförs under ovanligt lång tid
- Arbetsområdet eller aktivitetsområdet har dålig dagsljusstillgång
- Den arbetandes synkapacitet är under det normala

De modifierade kraven följer skalan enligt EN 12665, där följande steg i belysningsstyrka (lx) rekommenderas för att ge en uppfattning av visuell skillnad:

5 – 7,5 – 10 – 15 – 20 – 30 – 50 – 75 – 100 – 150 – 200 – 300 – 500 – 750 – 1 000 – 1 500 – 2 000 – 3 000 – 5 000 – 7 500 – 10 000

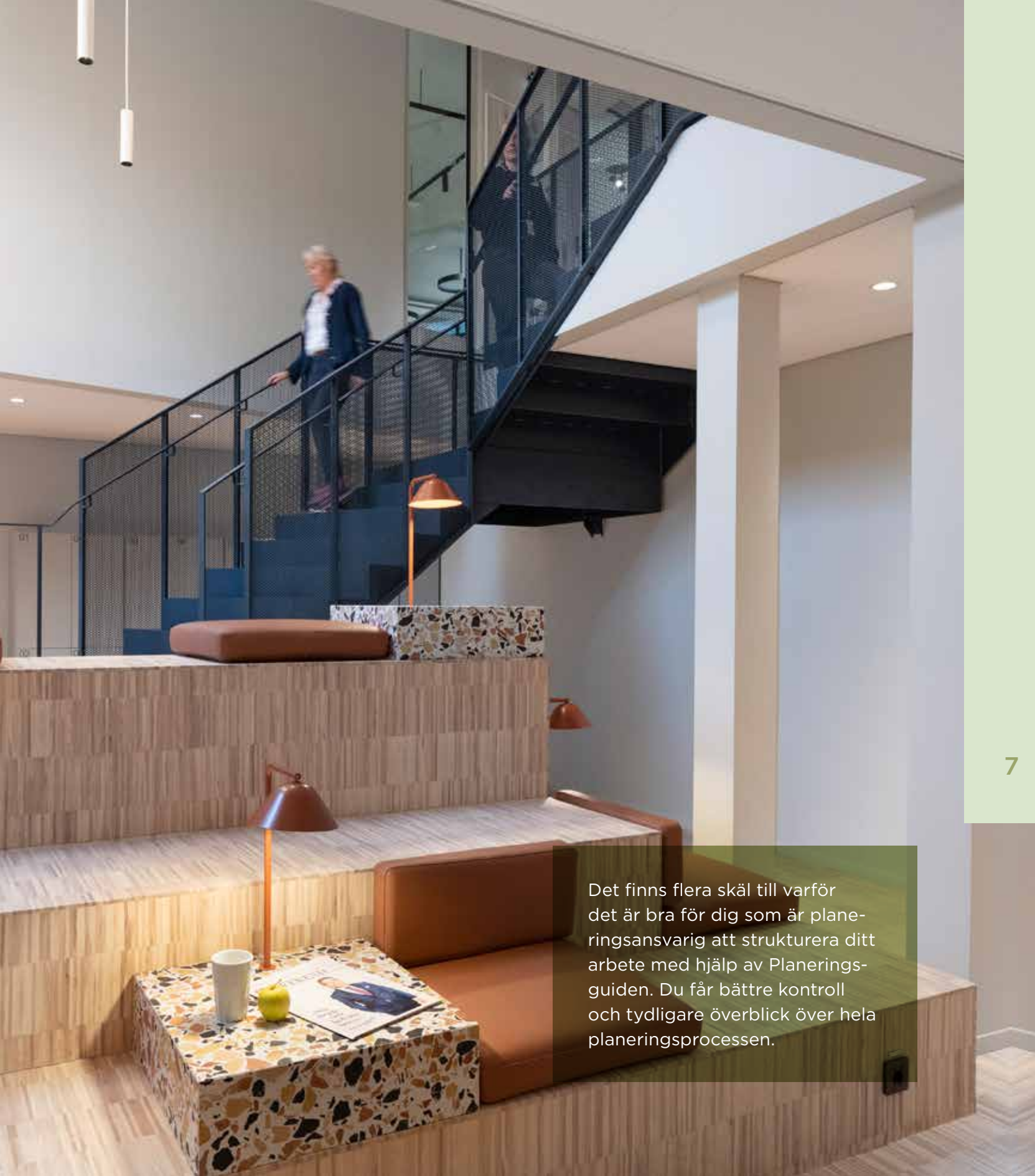
Du kan sänka belysningsstyrkorna i drift om:

- Arbetsmaterialets detaljer är ovanligt stora eller har hög kontrast
- Arbetsuppgiften utförs under ovanligt kort tid

Dessa sänkningar ska ske med ljusreglering och kunna återställas till specificerat värde. För personer med nedsatt synförmåga kan det krävas särskild utrustning med hänsyn till belysningsstyrka, kontraster och bländning.



Belysningsstyrkan definieras som det ljusflöde som träffar en yta (ljusflöde per m²). Betecknas med storheten E och mäts i lux.



Det finns flera skäl till varför det är bra för dig som är planeringsansvarig att strukturera ditt arbete med hjälp av Planeringsguiden. Du får bättre kontroll och tydligare överblick över hela planeringsprocessen.



På www.ljuskultur.se hittar du exempel på lösningar i olika lokaler.



Om du ska planera för en kontorsarbetsplats men inte känner till arbetsområdets storlek, kan du räkna med att det enligt tidigare praxis är 90 × 60 cm och placerat i främre bordskanten.



Belysningsstyrkan mäts på arbetsplanet. Arbetsplanets läge är beroende av arbetsuppgiften och kan därför antingen vara vertikalt, horisontellt eller i annan vinkel.

BELYSNING AV ARBETSOMRÅDET

Enligt den svenska standarden för belysning av arbetsplatser inomhus, SS-EN 12464-1:2021, definieras arbetsområdet som det delområde på arbetsplatsen där den visuella arbetsuppgiften utförs. För platser där storleken och/eller läget för arbetsområdet är okänt, ska området där uppgifter kan utföras betraktas som arbetsområdet. Till arbetsområdet räknas oftast inte hela arbetsplatsen. Storleken kan variera beroende på arbetsuppgifterna. Fastställ storleken på och placeringen av arbetsområdet vid arbetsplatserna i samråd med beställaren. Det är bra om du får detta dokumenterat, eftersom storleken och placeringen i hög grad påverkar din belysningsplanering.

Arbetsområdet vid en kontorsarbetsplats är oftast en mindre yta för läs- och skrivarbete. Att arbeta vid bildskärm och tangentbord kräver normalt en lägre belysningsstyrka än för annat läs- och skrivarbete. Belysningsstyrkan bör gå att anpassa till omgivningsljuset. På ett kontor där det förekommer ritarbete kan hela arbetsbordet räknas som arbetsområde. Inom industrin kan ett arbetsområde röra sig om allt från precisionsarbete med mikroelektronik vid ett bord till montering av bilar vid en produktionslinje.

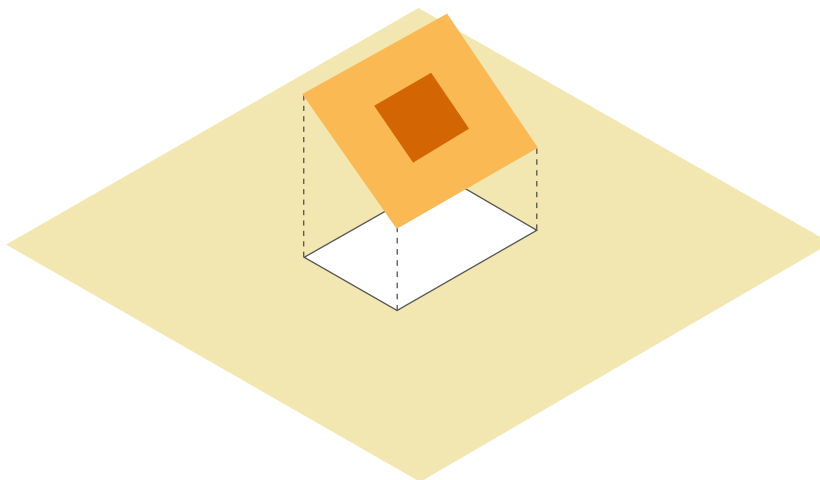
Då den exakta storleken av arbetsområdet är okänd kan detta normalt för en kontorsarbetsplats antas uppta en yta av storleken 90 cm (bredd) × 60 cm (höjd). Arbetsområdet förutsätts i detta fall vara placerat rakt framför personens normala position och i framkanten av arbetsbordet. Belysningsstyrkans variation, det vill säga kvoten mellan den lägsta belysningsstyrkan i förhållande till medelbelysningsstyrkan inom arbetsområdet, ska vid normalt kontorsarbete inte understiga 0,6.

I tabellverket SS-EN 12464-1:2021, se kapitel 9, redovisas kraven på jämnhet separat för varje typ av arbetsuppgift eller aktivitet.

ARBETSOMRÅDE eller aktivitetsområde - inte skalenligt - av en viss storlek och ett visst läge.

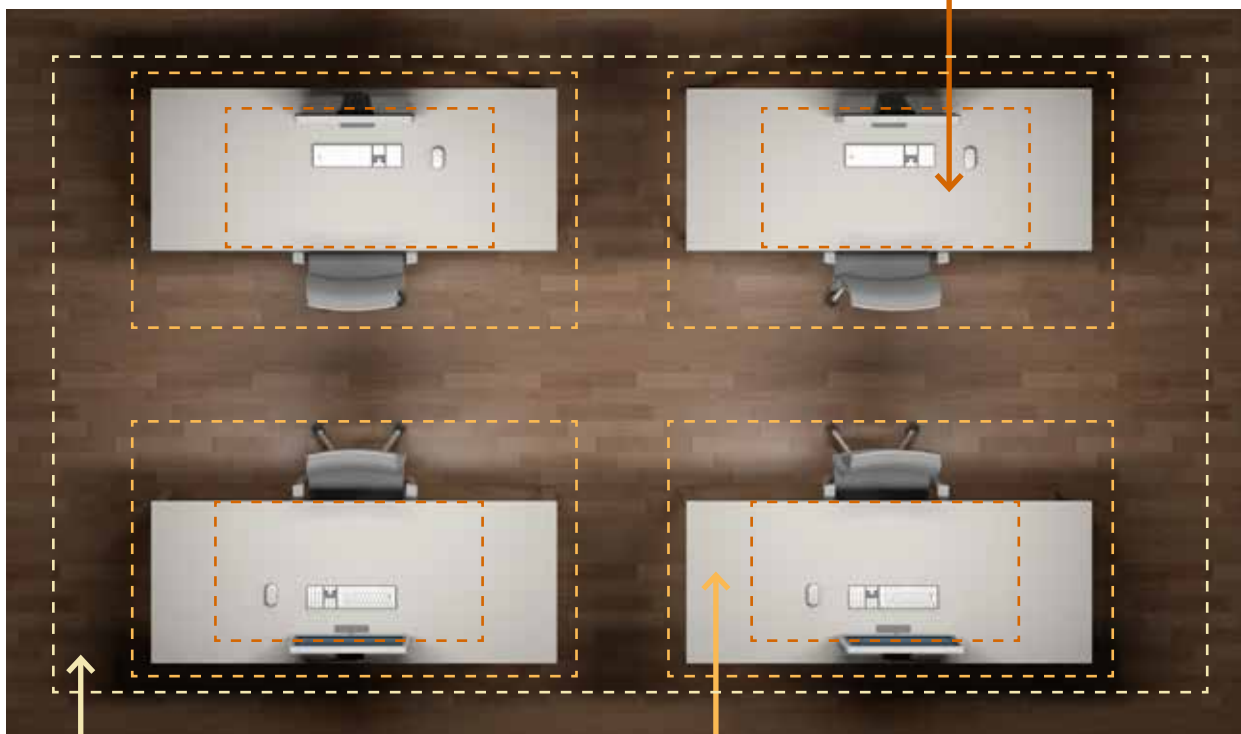
OMEDELBAR OMGIVNING - ett band inom synfältet med en bredd på minst 0,5 meter runt arbets- eller aktivitetsområdet.

YTTRE OMGIVNING - ett band med en bredd på minst 3,0 meter i anslutning till den omedelbara omgivningen eller inom utrymmets begränsning för mindre rum - som är horisontellt på golvnivå.



Exempel på definition av beräkningsområden för en kontorsarbetsplats.

Arbetsområdet (500 lux). Det delområde av arbetsområdet där den visuella synuppgiften utförs. Storleken på arbetsområdet definieras av planeraren.



Yttre omgivning (min 100 lux). Ett område utanför den omedelbara omgivningen och fram till en gränsszon 0,5 m från rummets väggar. (15 procent av rummets kortaste dimension, dock max 0,5 meter från rummets väggar.)

Omedelbara omgivningen (300 lux). Ett band som är minst 0,5 m runt arbetsområdet. Storleken på omedelbara omgivningen definieras av planeraren.

Belysningsstyrka inom arbetsområdet (lx)	Belysningsstyrka inom den omedelbara omgivningen (lx)	Belysningsstyrka inom den yttre omgivningen (lx)
≥ 750	500	1/3 av omedelbara omgivningen
500	300	1/3 av omedelbara omgivningen
300	200	1/3 av omedelbara omgivningen
200	150	1/3 av omedelbara omgivningen
150	$E_{\text{arbetsområde}}$	1/3 av omedelbara omgivningen
100	$E_{\text{arbetsområde}}$	1/3 av omedelbara omgivningen
≥ 50	$E_{\text{arbetsområde}}$	1/3 av omedelbara omgivningen

Anm: Tabellvärdena avser driftmedelvärden inom beräkningsområdet.

Jämnheten inom arbetsområdet är beroende på synuppgift och aktivitet. Kravet på jämnheten för de olika arbetsområdena finns redovisade i kapitel 9.

Jämnheten inom den omedelbara omgivningen $E_{\text{min}}/E_{\text{med}}$ ska ej understiga 0,4.

Jämnheten inom den yttre omgivningen $E_{\text{min}}/E_{\text{med}}$ ska ej understiga 0,1, som lägsta krav enligt standard. Högre krav på jämnheten inom den yttre omgivningen kan förekomma inom arbetslokaler med fler arbetsområden, exempelvis kontor.

Se anvisningar i kapitel 8. *Rummet och arbetsplatsen* med förhöjda svenska rekommendationer.

Antalet mätpunkter som krävs för att fastställa jämnheten inom arbetsområdet finns angivet på sidan 112.

BERÄKNINGSOMRÅDEN

Storlek och läge på arbetsområde/ den omedelbara och yttre omgivningen definieras av planeraren.

Vid belysningslösningar med enbart direktverkande armaturer beräknas väggytan upp till armaturens montagehöjd, i exempelvis industri-lokaler.

I till exempel cellkontor börjar väggytan att beräknas i samma höjd över golv som arbetsområdet, då det annars troligen hamnar under skrivbord och beräknas på ytor som inte syns i det normala synfältet.

BELYSNING AV DEN OMEDELBARA OMGIVNINGEN

Den omedelbara omgivningen kring arbetsområdet definieras enligt den svenska standarden för arbetsplatser inomhus, SS-EN 12464-1: 2021, som ett band med en bredd av minst 0,5 meter som omger arbetsområdet inom synfältet. Medelbelysningsstyrkan inom den omedelbara omgivningen ska beräknas exklusive ljusvärdena inom arbetsområdet.

Belysning av den omedelbara omgivningen ska relateras till belysningsnivån inom arbetsområdet och ska dessutom skapa förutsättningar för en välbalanserad luminansfördelning inom det normala synfältet. Alltför stora förändringar av belysningsnivån kring arbetsområdet kan ge upphov till visuell stress och obehag. Den omedelbara omgivningen definieras som ett band runt arbetsområdet med en bredd av minst 0,5 meter. Ett indrag på 0,1 meter från vägg är lämpligt, vilket gör att den omedelbara omgivningen kan bli mindre än 0,5 meter om arbetsområdet är nära en vägg.

Storleken på den omedelbara omgivningen ska bestämmas av planeraren och kan vid vissa typer av arbetsplatser behöva utökas till en större bredd än 0,5 meter. Storleken på den omedelbara omgivningen kan ökas:

- Då arbetsområdets storlek är litet.
- Om en hög belysningsstyrka förekommer inom arbetsområdet.
- Vid rörligt arbete.



Belysningsstyrkan i den omedelbara omgivningen kan vara lägre än inom arbetsområdet men bör som medelvärde inte understiga de värden som anges i tabellen på sidan 101.

Belysningsstyrkans variation, det vill säga kvoten mellan den lägsta belysningsstyrkan i förhållande till medelbelysningsstyrkan inom den omedelbara omgivningen ska inte understiga 0,4.

BELYSNINGEN AV DEN YTTRE OMGIVNINGEN

Definierade krav på medelbelysningsstyrka inom den yttre omgivningen, det vill säga området utanför den omedelbara omgivningen redovisas i tabellen på sidan 101. Detta område kan sägas begränsas av den omedelbara omgivningen och en zon på max 0,5 meter från rummets väggar, eller till ett band runt den omedelbara omgivningen med en bredd av minst 3 meter, som beräknas på golvnivå. Belysningsstyrkan inom den yttre omgivningen ska vara minst en tredjedel av belysningsstyrkan inom den omedelbara omgivningen.

Storleken och läget på den yttre omgivningen ska specificeras och dokumenteras. Belysningsstyrkans variation, det vill säga skillnaden mellan den lägsta belysningsstyrkan och medelbelysningsstyrkan inom den yttre omgivningen ska vara så liten som möjligt. Jämnheten, det vill säga förhållandet mellan E_{\min}/E_{med} ska inte understiga 0,1, som lägsta krav enligt standard. Högre krav på jämnhet inom den yttre omgivningen kan förekomma inom arbetslokaler med fler arbetsområden, exempelvis kontor med lokaliserad belysning. Se anvisningar i kapitel 8. *Rummet och arbetsplatsen.*

Om till exempel kravet på belysningsstyrkan inom arbetsområdet är 500 lux inom en arbetslokal och 300 lux för den omedelbara omgivningen ska således belysningsstyrkan i den yttre omgivningen inte understiga 100 lux som minsta värde. Den lägsta belysningsstyrkan ska beräknas inom en zon utanför den omedelbara omgivningen till 15 procent av rummets kortaste dimension, dock max en halv meter från rummets väggar eller till ett band runt den omedelbara omgivningen med en bredd av minst 3 meter.

Belysningen kring arbetsområdet ska bidra till en god adaptationsluminans enligt vad som beskrivs under avsnittet *Luminansfördelning och Begränsning av luminanser* på sidan 113 och 115. Inom en arbetslokal med ljusa väggar bör därför som regel förhållandet mellan medelbelysningsstyrkan inom arbetsområdet och medelbelysningsstyrkan på rummets väggar inom normala synriktningar inte vara för stora. Se anvisningar i applikationsexemplet, kapitel 8. *Rummet och arbetsplatsen.*

BELYSNINGSSTYRKA PÅ YTOR

De nya kraven på belysningsstyrkor för väggar och tak i en lokal är nu differentierade och står i bättre förhållande till belysningsstyrkan i arbetsplanet för att ge förutsättning för lämpliga luminansförhållanden. Intrycket av ljushet i ett utrymme är viktigt för välbefinnandet, vakenheten och vår förmåga att prestera över tid.

I tabellverket i SS-EN 12464-1: 2021 framgår krav för vägg och tak samt cylindrisk belysningsstyrka för respektive arbetsuppgift. Dessa avser lägsta krav på medelbelysningsstyrkor för belysning av arbetsplatsers rumsytor. För att få en god visuell komfort rekommenderas normalt förhöjda nivåer. I avsnittet *Belysning av utrymmet* på sidan 135, samt i kapitel 8. *Rummet och arbetsplatsen*, finns fördjupad information och rekommenderade förhöjda värden för väggar och tak. För exempelvis kontor och klassrum bör förhållandet mellan väggar och arbetsområde vara cirka 1:2, men dock helst överstiga 250 lux vid 500 lux på arbetsområdet.

I lokaler där det är ett stort avstånd till taket kan en lägre belysningsstyrka accepteras. Exempelvis i industrilokaler eller andra utrymmen med enbart direktljus eller som har en lägre reflektans än de intervall som rekommenderas i standarden, kan kravet i tabellverket antas gälla för takhöjder $\leq 5-6$ meter. Inom lokaler med smutsig omgivning med mycket damm och partiklar i luften, till exempel gjuterier, sågverk och svetsning kan taket undantas. Detsamma kan gälla för lokaler med installationer ovan armaturer som inte är önskvärda att belysa. För ovan angivna typer av lokaler kan även övre delar av väggar undantas och kravet i tabellverket gäller normalt för ytor på väggar ≤ 6 meter eller till underkant av belysningsarmaturer. Ytor ovanför detta ligger vanligen utanför den normala blickriktningen och synfältet. Om det exempelvis förekommer lagerhyllor måste dock belysningsstyrkan kontrolleras utifrån korrekta hyllhöjder.

RUMMETS LJUSHET

Det går att bilda sig en indikation av rummets ljushet genom en kombination av ytrelektanser och belysningsstyrkor på väggar och tak. Även rummets totala mängd ljus mätt i installerade lumen kan vara en jämförande indikator.

Forskning ger stöd åt att ljus inte enbart är viktigt för vår synpresentation utan även påverkar oss icke-visuellt, biologiskt och emotionellt. Standarden lägger nu ökat fokus på rummets ljushet och omfältsljus för positiva effekter på människan som tar hänsyn till dessa aspekter. Nedan beskrivs en alternativ beräkningsmetod, där man beräknar medelvärdet av rummets väggar och taket.

Rummets omfältsbelysning

Omfältsbelysningens medelvärde \bar{E}_{amb} beräknas enligt formeln:

$$\bar{E}_{amb} = (\bar{E}_{v, vägg1} + \bar{E}_{v, vägg2} + \bar{E}_{v, vägg3} + \bar{E}_{v, vägg4} + \bar{E}_{tak}) / 5 \quad (\text{lux})$$

Nivån på rummets upplevda ljushet är relaterad till rumsytornas valda reflektanser. Ett högre värde på reflektanser skapar en ökad upplevd ljushet. De rekommenderade värdena i tabellen nedan förutsätter en normalt ljus färgsättning.

Rummets omfältsljus tar hänsyn till rumsytornas ljushet inom normala synfältet och har en positiv inverkan på vår vakenhet, prestation och vårt välbefinnande. Ett ökat omfältsljus bidrar samtidigt till en minskad upplevd obehagsbländning inom rummet.

Rummets omfältsljus ska speciellt beaktas i arbetslokaler där vi arbetar under en längre tid på dygnet eller i rum eller delar av rum som saknar tillräckligt med dagsljus. Exempelvis inom kontor, skola och vård.

Nivån på omfältsljuset bör vara inom området 200–500 lux beroende på den planerade belysningsstyrkan inom arbetsområdet. Se tabell nedan:

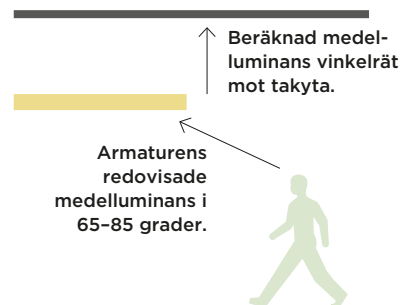
Yta	Medelbelysningsstyrkor (lux)			
Arbetsområde	300	500	750	> 750
Rummets omfältsljus, \bar{E}_{amb}	200	300	500	500

I mindre kontor med maximalt 2 meters avstånd mellan sittande person och främre vägg avser detta endast den främre väggen, då övriga väggar och tak vanligtvis inte ligger inom det normala synfältet. I mindre utrymmen är väggarna en viktig faktor, medan taket får en ökad betydelse i större utrymmen som exempelvis kontorslandskap och klassrum.

Förhållandet mellan belysningsstyrkan på arbetsområdet och rummets omfältsljus bör vid normalt ljusa väggar inte överstiga 2:1.

Förhållandet mellan belysningsstyrkan på väggar och tak bör vid normalt ljusa väggar inte överskrida 2:1.

För att skapa en lämplig luminansfördelning är armaturer med direkt/indirekt ljusfördelning att föredra. Dessa skapar normalt ett lämpligt förhållande mellan armaturen och takytan på $\leq 1:40$ i vinklarna 65–85 grader från vertikalkanalen.



Den cylindriska belysningsstyrkan, definieras som det totala ljusflödet mot en böjd yta av en mycket liten cylinder placerad på en specificerad punkt dividerat med ytan av cylindern (enhet: lx)

Den vertikala cylindriska belysningsstyrkan (i en punkt, för en riktning), $E_{v,z}$, definieras genom formeln;

$$E_{v,z} = \frac{1}{4\pi} \int L_v \sin \epsilon \, d\omega$$

$d\omega$ = är rymdvinkeln för varje elementarstråle som passerar genom den givna punkten.

L_v = är dess luminans vid denna punkt.

ϵ = är vinkeln mellan den och den givna riktningen; om inget annat sägs är den riktningen vertikal.

Enhet: lx

Krav på den cylindriska belysningsstyrkans medelvärde inom aktivitetsområdet. Bra visuell kommunikation och möjlighet att känna igen föremål inom ett utrymme kräver att rummets volym där personer rör sig eller arbetar ska vara belyst. Detta uppnås genom att tillhandahålla fullgott medelvärde på den cylindriska belysningsstyrkan, E_z , i utrymmet.

Den bibehållna cylindriska belysningsstyrkans medelvärde, E_z , i vertikallplanet inom aktivitetsutrymmet ska beräknas i ett horisontellt plan vid en specifik höjd, exempelvis 1,2 m för sittande personer och 1,6 m ovan golvet för stående personer.

KRAV PÅ CYLINDRISK BELYSNINGSSTYRKA

God visuell kommunikation och igenkännande kräver tillräcklig ljushet på objekt och framför allt på människors ansikten. Därför måste ytan och ”rymden” där människor rör sig eller arbetar vara tillräckligt belyst. För att uppfylla detta önskemål är kravet på belysningsstyrkans jämnhet i arbetsplanet inte tillräckligt, speciellt för armaturer med smalstrålande ljusfördelning. Se illustration på sidan 108.

Detta önskemål kan uppfyllas genom att tillräckliga nivåer för den cylindriska medelbelysningsstyrkan uppnås. Specifika värden för olika arbetsuppgifter/utrymmen framgår i tabellverket. För aktivitetsytor inomhus ska den cylindriska medelbelysningsstyrkan vara minst 50 lux och jämnheten E_{\min}/E_{med} ska inte understiga 0,1. Dessa ska beräknas på 1,2 meter över golvet för sittande respektive 1,6 meter över golvet för stående personer. Om hela rummet definieras som arbetsområde ska även den cylindriska belysningsstyrkan beräknas för samma område. Om arbetsområde/omedelbar och yttre omgivning definieras separat, gäller kravet i tabellverket för området som innefattar storlek på arbetsområde och den omedelbara omgivningen. För den yttre omgivningen kan då normalt ett värde på 50 lux accepteras.

Den cylindriska belysningsstyrkan ska beräknas på samma yta som det definierade arbets-/aktivitetsområdet samt den omedelbara omgivningen. Om detta behandlar hela utrymmet ska cylindrisk belysningsstyrka beräknas för hela utrymmet. Särskild hänsyn ska tas i utrymmen där visuell kommunikation och möjligheten att känna igen föremål är viktigt.

Förhöjda svenska rekommendationer om krav på jämnhet anges till minst 0,3.



MODELLERING

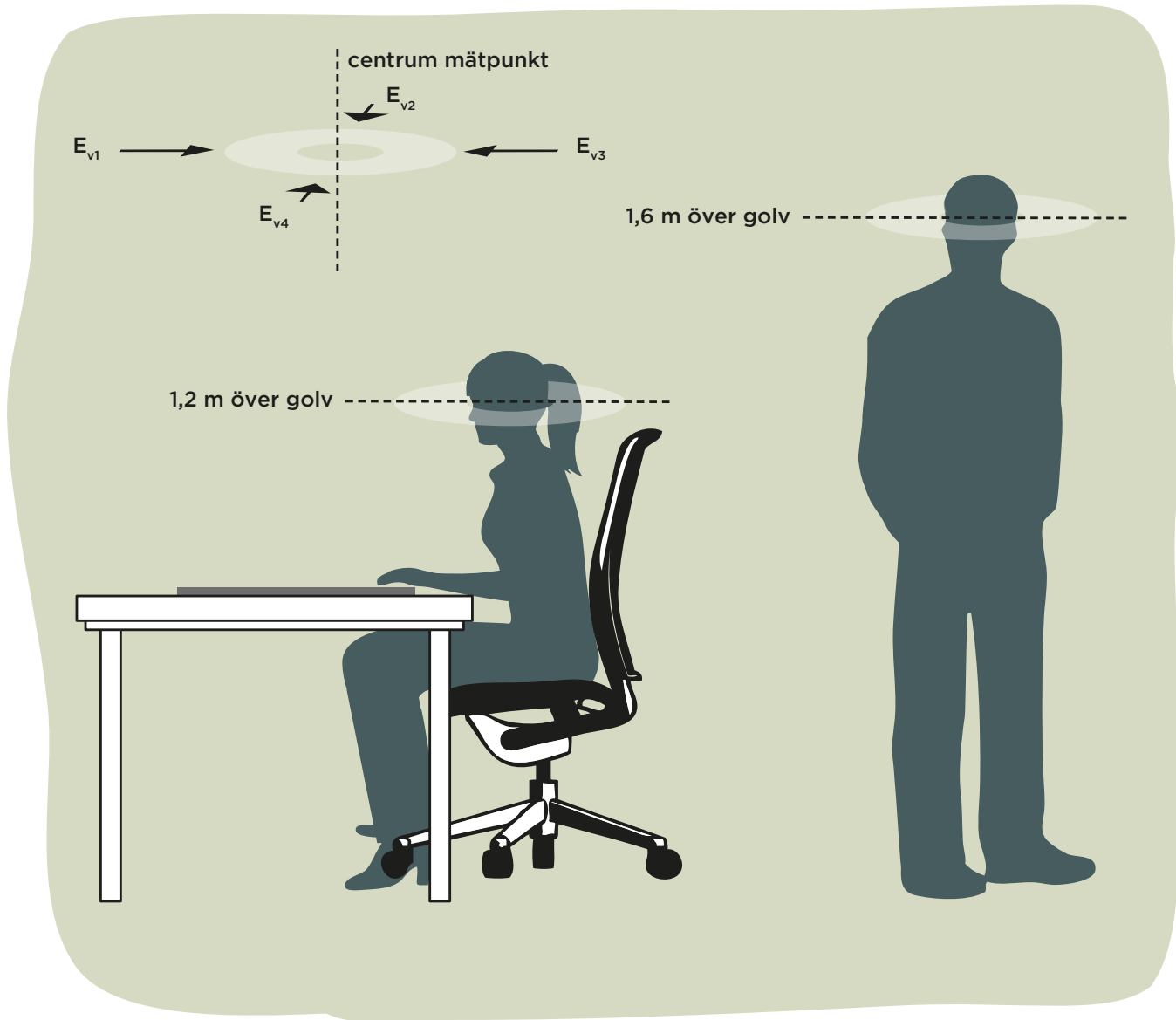
Modellering är balansen mellan diffust och riktat ljus och är en egenskap hos ljuset att få ett belyst föremål att se naturligt ut, så att det varken blir för utslätat eller för hårt eller skarpt belyst. Det allmänna utseendet för en interiör förstärks när dess strukturdrag samt människor och föremål inom rummet belyses så att form och textur visas klart och behagligt.

Detta sker när ljuset huvudsakligen kommer från en riktning. Skuggorna som är nödvändiga för god modellering formas då utan förvirring.

Belysningen bör normalt inte vara för riktad eftersom den då kan ge upphov till för skarpa och hårda skuggor. Den ska heller inte vara för diffus eftersom föremålen och rummet då upplevs alltför tråkiga och utslätade och det blir svårt att uppfatta rummet och dess detaljer.

För att uppnå ett bra resultat för modellering bör förhållandet mellan cylindrisk och horisontell belysningsstyrka i referensplanet kontrolleras. Ett värde mellan 0,3–0,6 vid symmetrisk armaturplacering ger en fingervisning om god modellering i vanligt förekommande miljöer likt skolsalar och kontor. Värdena för de cylindriska och horisontella belysningsstyrkorna ska beräknas och kontrolleras i samma mätpunkter.

Notera att värdet är en fingervisning, en approximation, av den faktiskt upplevda modelleringen. Värdena är tvådimensionella, men modellering är ett tredimensionellt intryck. Att mäta tredimensionellt är avancerat och instrumenten finns inte vanligt tillgängliga, därav approximationen. Bästa sättet att bedöma modellering är testbelysning och visuell utvärdering av anläggningen. Även en analys av belysningsarmaturens ljusfördelning kan ge en god fingervisning.



Den cylindriska belysningsstyrkan kan i praktiken uppmätas och beräknas i en punkt enligt:

$$E_{v,z} = (E_{v1} + E_{v2} + E_{v3} + E_{v4}) / 4 \quad (\text{lux})$$

SKUGGA

Modellering är balansen mellan diffust och riktat ljus, vilket ger upphov till gradienta eller skarpa skuggor. Skuggor skapar relation till objekt. Utan skugga blir avstånds- och positionsbedömning omöjlig. En god skugga är tydlig utan att vara för skarp. Från naturen har vi alltid en ensam skugga eftersom solen är en solitär ljuskälla. Vårt synsystem är optimerat för denna typ av skugga.

MULTISKUGGA

I elljussmiljöer har vi ofta multipla ljuskällor vilket skapar flera olika skuggor, multiskugga. När dessa uppstår försvåras avstånd och positionsbedömning. Ofta är en skugga mer dominant än andra, denna agerar då som huvudskugga och alla andra skuggor blir störande element i synfältet. Vid precisionsarbete som att skriva, läsa eller arbete med små föremål är multiskuggor besvärande och bör om möjligt helt undvikas.

MULTIPEL SKUGGA

Det kan uppstå multiskugga inuti multiskugga, multipel skugga. Dessa skapas av raster eller cellarmaturer med uppdelad optik eller multipla tätt placerade ljuskällor. Klusterarmaturer skapade genom att sätta samman många små ljuselement, kan också skapa dessa skuggor. Skuggbildningen har i grunden samma problematik som multiskuggor men skapar ännu en dimension av störning i synintrycket. Till skillnad från multiskugga som är störande för avstånd och positionsbedömning är multipel skugga också direkt störande för synintrycket.

BELYSNINGSSTYRKANS JÄMNHET

Belysningsstyrkans jämnhet avser skillnaden mellan den lägsta belysningsstyrkan och medelbelysningsstyrkan inom beräkningsområdet E_{min}/E_{med} .

- Inom arbetsområdet ska belysningsstyrkans jämnhet (U_o) inte vara mindre än de lägsta värden som anges i tabellverket i kapitel 9.
- Inom den omedelbara omgivningen $U_o \geq 0,40$.
- Inom den yttre omgivningen $U_o \geq 0,10$ som lägsta krav enligt standard. Se anvisningar i kapitel 8. *Rummet och arbetsplatsen* gällande förhöjda svenska rekommendationer.



SINGELSKUGGA

En rak skugga direkt kopplad till objektet. Naturlig skugga.



MULTISKUGGA

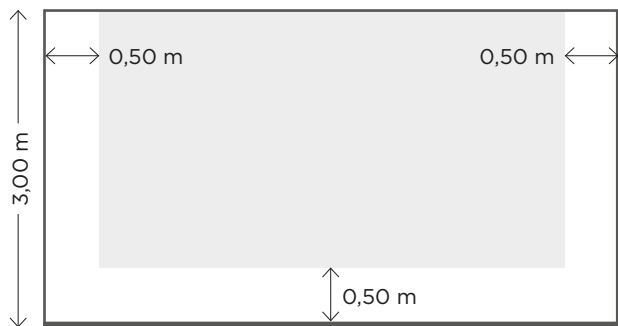
Mer än en skugga som överlappar. Används t ex vid belysningslösningar där brukaren inte ska skugga sig själv.



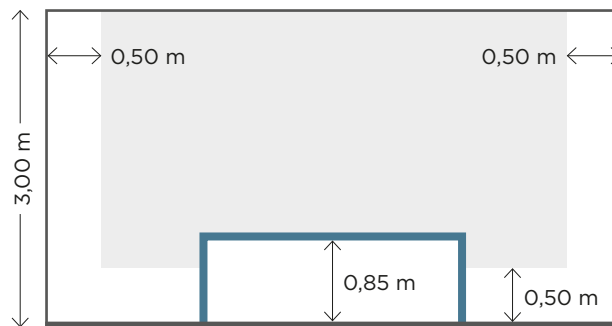
MULTIPEL SKUGGA

Skapar en rasterad skugga. Bör undvikas då denna skuggbildning är extremt jobbig för ögat utan att bidra med någon funktion.

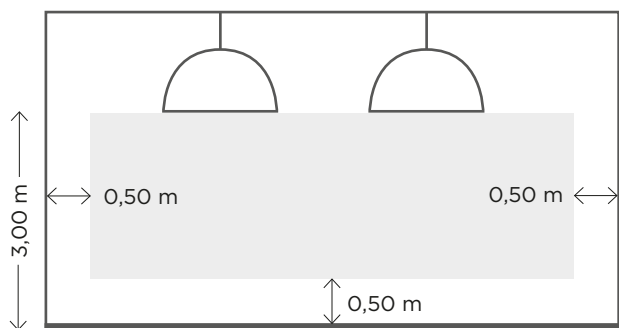
BERÄKNINGSOMRÅDEN



VÄGG

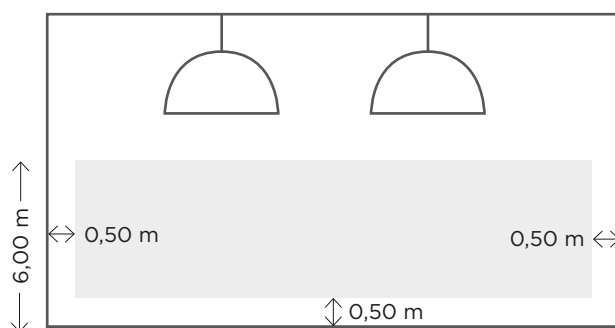


I exempelvis mindre cellkontor där skrivbordet är placerat mot främre väggen, kan väggytan börja beräknas i samma höjd över golv som arbetsområdet på denna vägg, då det annars troligen hamnar under skrivbordet. Värdet beräknas då på nedre ytor som inte syns i det normala synfältet. Normalt 0,85 meter över golv om inget annat definieras av planeraren. För övriga väggar gäller normala indrag.

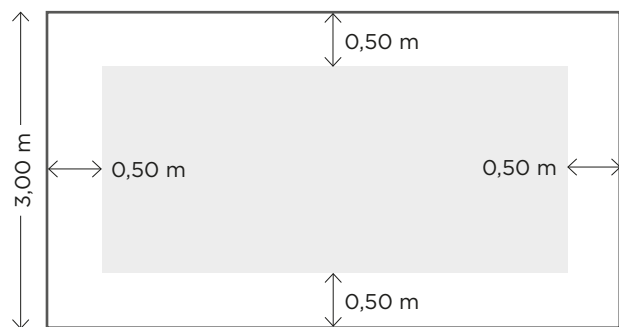


VÄGG

Armturer med huvudsakligen direkt ljusfördelning



I lokaler med höga takhöjder, exempelvis inom industri och liknande, kan övre delar av väggar undantas och kravet i tabellverket gäller normalt för ytor på väggar < 6 meter, (dock aldrig högre än armaturernas montagehöjd). Ytor ovanför detta ligger vanligen utanför den normala blickriktningen och synfältet definieras av planeraren.



TAK

ANTAL BERÄKNINGSPUNKTER

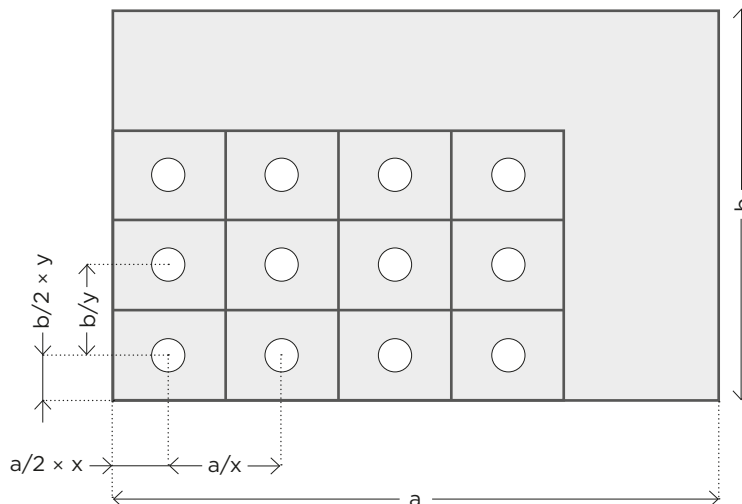
Ett rutnät med beräkningspunkter ska skapas för att beräkna och kunna kontrollera medelbelysningsstyrkan och belysningsstyrkans jämnhet inom arbetsområdet, den omedelbara omgivningen samt den yttre omgivningen.

Det lägsta antalet beräkningspunkter som ska användas ska beräknas enligt formel på denna sida. Notera att beräkningspunkternas avstånd och placering inte ska sammanfalla med avståndet mellan armaturerna i rummet. Rutnät som närmar sig formen av en ruta eller kvadrat är att föredra och förhållandet mellan avstånd i längd och bredd för rutnätet bör hållas inom 0,5 till 2.

Ett band på 15 procent av den kortaste dimensionen eller max 0,5 meter från respektive yttervägg kan undantas i beräkningen utom när ett arbetsområde förekommer inom denna zon. På liknande sätt beräknas även storleken på rutnät för tak och även här får ett band på 0,5 meter undantas. För väggar begränsas beräkningsområdet av ett band 0,5 meter från golv och respektive 0,5 meter från väggytans vertikala hörn. Om skrivbordet är placerat mot främre väggen i ett cellkontor börjar väggytans beräkningsområde på fondväggen i samma höjd över golv som arbetsplanets höjd. För exempelvis industrilokaler och andra utrymmen, där armaturer med huvudsakligen direkt ljusfördelning används, beräknas värdet på väggar enbart upp till armaturernas montagehöjd och övre delar av väggen kan undantas.

Nedan följer en lista med exempel på maximala avstånd mellan beräkningspunkter enligt ovanstående formel baserad på storleken och längden på arbetsområdet.

Längd på ytan (m)	Maximalt avstånd mellan beräkningspunkter
0,40	0,15 m eller minst 3 punkter
0,60	0,20 m eller minst 3 punkter
1,00	0,20 m eller minst 5 punkter
2,00	0,30 m eller minst 6 punkter
5,00	0,60 m eller minst 8 punkter
10,00	1,00 m eller minst 10 punkter
25,00	2,00 m eller minst 12 punkter
50,00	3,00 m eller minst 17 punkter
100,00	5,00 m eller minst 20 punkter



Följande formel för maximalt avstånd mellan beräkningspunkter i rutnätet:

$$P = 0,2 \times 5^{\log_{10}(d)}$$

Där $p < 10$

d = är den längre sträckan för ytan.

p = är maximala avståndet mellan beräkningspunkterna.

Förklaring till figur nedan:

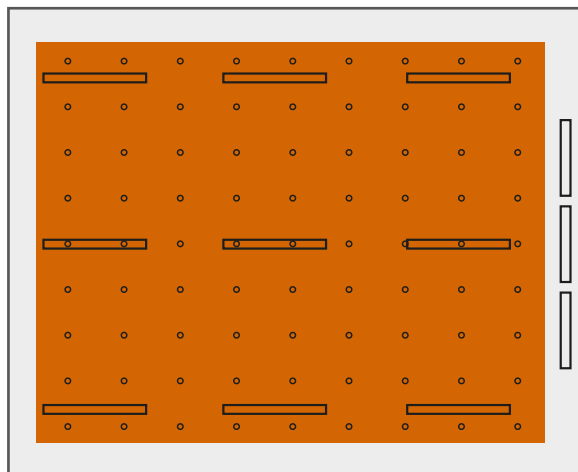
a = den längre sidan av den beräknade arean/verifikationsarean.

b = den kortare sidan av den beräknade arean/verifikationsarean.

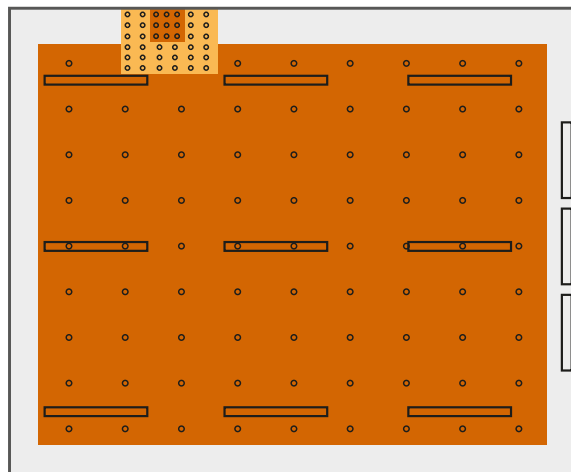
x = antal mätpunkt på den längre sidan.

y = antal mätpunkt på den kortare sidan.

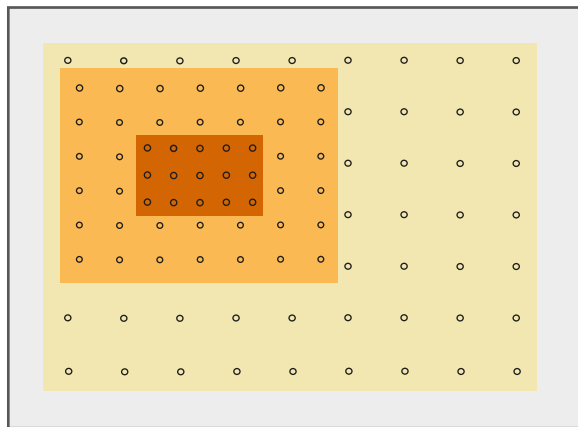
Exempel inom klassrum och kontorsarbetsplats på antal beräkningspunkter för kontroll av belysningsstyrkor och jämnhet.



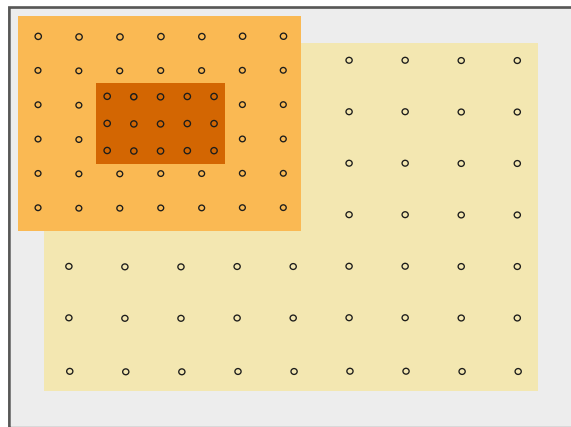
Arbetsområde inom ett standardklassrum utan arbetsplatser vid väggar.



Tillägg med separat arbetsområde inom väggzonen. Arbetsområde och omedelbar omgivning kontrolleras.



Definierat arbetsområde på 0,9 × 0,6 m inom ett cellkontor med omedelbar omgivning som ett band runt arbetsområdet med en bredd av minst 0,5 m. Samt en yttre omgivning som ett band runt den omedelbara omgivningen om minst 3 m, men där yttre omgivningen tangerar vägg begränsas området för den yttre omgivningen av en zon på 15 procent av den kortaste dimensionen, dock max 0,5 m från rummets väggar.



Definierat arbetsområde på 0,9 × 0,6 m inom ett cellkontor med omedelbar omgivning som ett band runt arbetsområdet med en bredd av minst 0,5 m. Där omedelbara omgivningen tangerar vägg begränsas området för den omedelbara omgivningen av en zon på 0,1 m från rummets väggar. Samt en yttre omgivning som ett band runt den omedelbara omgivningen om minst 3 m, men där yttre omgivningen tangerar vägg begränsas området för den yttre omgivningen av en zon på 15 procent av den kortaste dimensionen, dock max 0,5 m från rummets väggar.

- Arbetsområde
- Omedelbar omgivning
- Yttre omgivning

BELYSNING AV ARBETSPLATSER MED BILDSKÄRMAR

Vid en arbetsplats för bildskärmsarbete förekommer många olika arbetsuppgifter, till exempel läsning på och arbete mot bildskärmen, tangentarbete, allmänt skrivarbete och läsning av manus. Därför måste du anpassa belysningen efter den typen av arbete och för arbetsområdet, synuppgiften och rumsförutsättningarna i överensstämmelse med de belysningsrekommendationer som finns i standarden. Den vertikala belysningsstyrkan mot bildskärmar med mörk bakgrund bör inte vara högre än 400 lux. Inom lokaler med bildskärmsarbete finns det enligt svensk standard även krav på luminansbegränsningar för ljusarmaturer som kan avteckna sig i bildskärmen (se även sidan 116).

LUMINANSFÖRDELNING

Ljusheternas fördelning kring arbetsplatsen och inom rummet har stor betydelse för seendet och rumsupplevelsen. Luminansfördelningen inom det normala synfältet kontrollerar helt ögonens adaptation, det vill säga deras förmåga att anpassa sig till olika ljusheter. En väl balanserad adaptationsluminans är nödvändig för att öka:

- den visuella tydligheten
- kontrastkänsligheten, det vill säga förmågan att upptäcka små luminansskillnader
- effektiviteten i ögats okulära funktioner, exempelvis ackommodation, konvergens, pupillförändringar och ögats rörelser

Alla ytors luminans bestäms av ytans form, struktur och reflektansegenskaper, riktningen på det infallande ljuset, synriktningen och belysningsstyrkan på ytan. För att belysningen inte ska upplevas som störande, behöver du ibland begränsa luminansövergångar och skillnader. I lokaler med bildskärmar ska armaturernas luminanser begränsas i synriktningen för att förebygga störande reflexer i bildskärmarna (se tabell på sidan 116).

Följande luminansförhållanden rekommenderas vid en arbetsplats:

- arbetsområdet – omedelbara omgivningen 3:1
- arbetsområdet – yttre omgivningen 5:1
- arbetsområdet – perifera omgivningen 10:1



Läs om krav på luminansbegränsningar vid bildskärmsarbete på sidan 116.



Luminans är ett mått på hur ljus en yta är och mäts i candela per kvadratmeter (cd/m^2).



Läs om bländning i kapitel 2. *Visuella förhållanden*.



Luminansjämnhet ($L_{\text{min}}/L_{\text{max}}$) definieras som kvoten mellan lägsta luminans och medelluminansen. Kvoten mellan lägsta och högsta luminans kan också användas, men bör då tydligt anges för att undvika förväxling.



Reflektans (ρ) definieras enligt standarden som kvoten mellan reflekterat strålnings- eller ljusflöde och infallande flöde under givna förhållanden. Termen reflexionsfaktor som ibland används för reflektans bör undvikas.



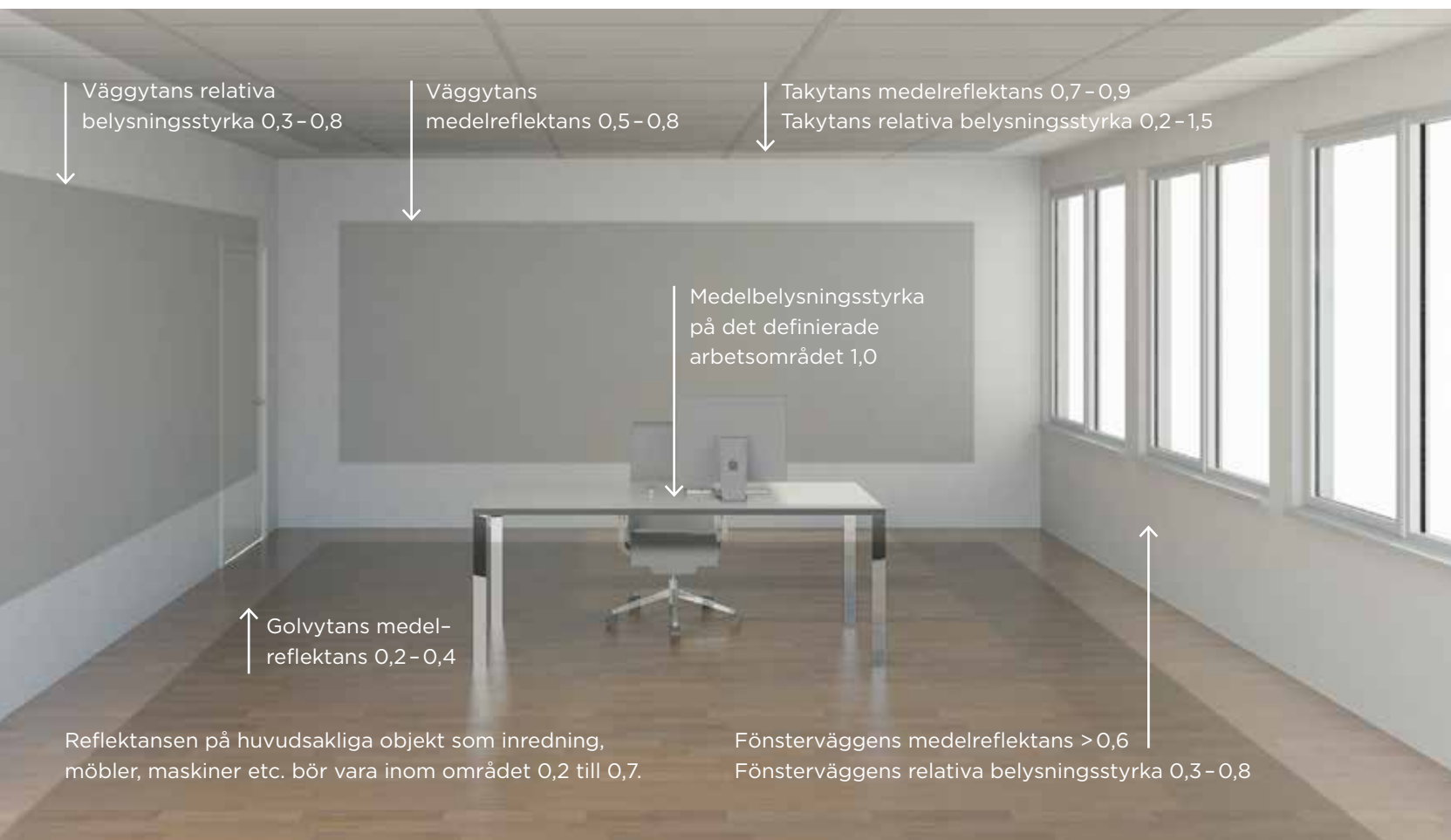
För att uppnå så god synkomfort som möjligt bör du undvika:

- för höga luminanser, som kan ge upphov till bländning.
- för stor luminanskontrast, som orsakar syntrötthet, eftersom ögonen ständigt måste adaptera.
- för låg luminanskontrast, som gör omgivningen otydlig och ostimulerande.

Alla ytors luminans är av betydelse. De flesta databaserade beräkningsprogram för belysning kan redovisa rumsytornas luminansfördelning. Eftersom belysningsstyrkor används som riktvärde i belysningsplaneringen, är det praxis att översätta luminansförhållanden till relativ belysningsstyrka. Tabellen nedan visar ett rekommenderat belysningsförhållande mellan den horisontella medelbelysningsstyrkan på arbetsbordet och medelbelysningsstyrkan på övriga rumsytor inom det normala fältet i en arbetslokal.

Rumsyta	Rekommenderat reflektansområde	Relativ belysningsstyrka
Tak	0,7–0,9	0,2–1,5
Väggar	0,5–0,8	0,3–0,8
Fönsterväggar exkl fönsteryta	>0,6	0,3–0,8
Arbetsytor	0,2–0,7	1,0–
Golv	0,2–0,4	-
Fönster	<0,1	-

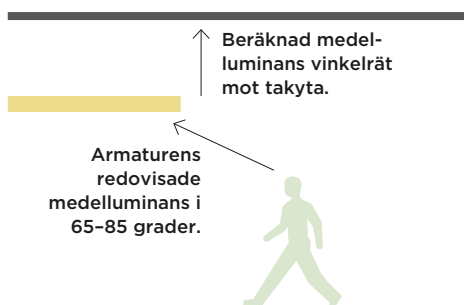
Rekommenderade medelreflektanser och relativa belysningsstyrkor inom en arbetslokal för att skapa lämpliga luminansförhållanden.



BEGRÄNSNING AV LUMINANSER

I taket bör den maximala luminansen inte vara högre än 1 500 cd/m², men helst understiga 1 000 cd/m². Medelluminansen, som beräknas som ett medelvärde över hela takytan, bör inte vara högre än 500 cd/m². Luminansjämnheten (L_{\min}/L_{med}) ska inte vara mindre än 0,1, men bör inte vara mindre än 0,3. För lokaliserad belysning kan 0,2 accepteras. Luminansjämnheten ser till ytans luminans, därför exkluderas armaturen i beräkningen av medelluminansen och jämnheten.

För att belysningen inte ska upplevas som bländande, störande och ojämn bör luminansövergången mellan bakgrund och armatur inte vara skarp. För detta bör man se på Luminanskontrasten, det vill säga förhållandet mellan armatur och bakgrundsluminans. Pendlade armaturer med direkt/indirekt ljusfördelning skapar normalt en lämplig ljusfördelning. En rekommendation på < 1:40 kan ses som ett lämpligt förhållande mellan armaturens medelluminans i vinklarna 65–85 grader från vertikalkalplanet och takytans medelluminans (se bild nedan).



Se även avsnitt *Mätning av kontraster* på sidan 146.

FONDLJUS PÅ VÄGGAR

Maximal luminans bör inte vara högre än 1 000 cd/m². Väggytans medelluminans bör normalt inte vara högre än 500 cd/m². Även här exkluderas armaturens ljushet i beräkningen för medelluminansen för att sedan ställas i förhållande till luminansjämnheten på ytor.



Luminansjämnhet (L_{\min}/L_{med}) definieras som kvoten mellan lägsta luminans och medelluminansen. Kvoten mellan lägsta och högsta luminans kan också användas, men ska då tydligt anges för att undvika förväxling.



Luminanser anges stegvis enligt följande skala: 5-10-20-30-50-75-150-200-300-500-750-1000-1500-2000-3000-5000 cd/m²

BEGRÄNSNING AV ARMATURLUMINANSER VID BILDSKÄRMSARBETE

I lokaler där det förekommer bildskärmsarbete ska belysningen vara anpassad för alla arbetsuppgifter som kan förekomma vid arbetsplatsen. För de armaturer som kan reflekteras i bildskärmarna ska medelluminansen begränsas för att förebygga sådana störande reflexer.

Tabellen nedan anger de tillåtna gränserna för en armaturers medelluminans vid elevationsvinklar 65°, 70°, 75°, 80° och 85° och räknat från lodlinjen, radiellt runt armaturer för arbetsplatser där bildskärmar som är vertikala eller har en lutningsvinkel upp till 15° används. Se även sidan 145, *Beräkning av armaturluminansen*.

Om en högluminant bildskärm används vid luminanser under 200 cd/m² ska kraven för en medelluminansskärm tas i beaktande. Vissa uppgifter, aktiviteter eller bildskärmsteknologier, särskilt högblanka skärmar, kräver en annan ljusbehandling (exempelvis lägre luminansgränser, speciell avskärmning, individuell dimning och så vidare).

På områden där industriaktiviteter och hantverk utförs är bildskärmar ofta skyddade med ett extra glas. Önskade reflexer på dessa skyddsglas måste minskas med lämpliga metoder, som till exempel antireflexbehandling, lutning av skyddsglasets eller fönsterluckor.

Ljusarmaturers medelluminans, som kan reflekteras i platta bildskärmar

Bildskärmens luminansstatus	Högluminanta bildskärmar L > 200 cd/m ²	Medelluminanta bildskärmar L ≤ 200 cd/m ²
Typ A: positiv polaritet och normala krav avseende färg och detaljer i den visade informationen, som förekommer på kontor, vid utbildning etc.	≤ 3 000 cd/m ²	≤ 1 500 cd/m ²
Typ B: negativ polaritet och/eller högre krav avseende färg och detaljer i den visade informationen, som förekommer vid CAD-arbete etc.	≤ 1 500 cd/m ²	≤ 1 000 cd/m ²

Anm: Bildskärmens luminansstatus (se EN ISO 9241-302) beskriver den maximala luminansen på bildskärmens vita bakgrund. Detta värde kan erhållas från bildskärmstillverkaren.

BELYSNING AV SYNOBJEKTET

Huvudprincipen vid belysning av arbetsytor och arbetsstycken är att ljuset faller in på ett sådant sätt att största möjliga kontrast uppkommer på arbetsobjektet. I normala fall uppstår störst kontrast om ljuset faller in snett bakifrån. Ett arbetsobjekt kan ha ett horisontellt eller vertikalt läge eller en position med viss lutning. Det kan även vara av olika struktur – matt, blankt eller ha olika kombinationer av ytegenskaper. Normalt utgår man ofta från att arbetsobjekten är av matt struktur, men i verkligheten förekommer ofta olika typer av reflektionsegenskaper inom alla typer av arbetsplatser.

En grundläggande förutsättning för god synkomfort vid arbetsplatsen är att arbetsobjektets läge och form i förhållande till ljusriktningen inte orsakar obehagsbländning eller synnedsettande bländning från armaturer eller genom reflexer. Detta gäller även för objekt i den omedelbara omgivningen, den yttre omgivningen och den perifera omgivningen.



Läs om bländning och reflexbländning på sidorna 116-123.

Spegeltest

Genom att lägga en spegel på arbetsområdet eller föra en spegel över det, kan du kontrollera om du ser någon starkt lysande yta i spegeln. I så fall finns det risk för besvärande reflexer.



Det finns risk för synnedsettande bländning eller obehagsbländning om ljuset är felriktat i förhållande till synriktningen.



När ljuset riktas i rätt riktning, uppstår inga reflexer i arbetsytan.



Ett exempel på obehagsbländning är när högre luminanta lysande ytor finns i betraktarens normala synriktning.



Personen som sitter mitt emot barnen kan här utsättas för synnedsättande bländning från solljuset som faller in genom fönstret.

BLÄNDNING

Bländning uppstår när någon armatur eller yta i lokalen är märkbart ljusare än rummets omgivning. Ögat utsätts då för ett starkare ljus än det är adapterat för. Äldre människor är känsligare för bländning på grund av att linsen grumlas med åldern och adaptationsförmågan minskar. För att begränsa bländningen kan ögats pupillöppning hos äldre personer endast justeras från 6–4 millimeter medan yngre personer kan justera pupillöppning från 8–2 millimeter.

Även ljusets spektrala fördelning och färgtemperatur kan påverka graden av bländning. Bländning indelas i två olika typer som kan förekomma samtidigt eller separat – synnedsättande bländning och obehagsbländning. Vi kan således uppleva en synnedsättande bländning utan att uppleva något obehag, men vi kan också uppleva obehag från en ljuskälla/armatur utan att den skapar en synnedsättning.

Det kan även förekomma bländning från direkta och indirekta högluminanta ljusheter som orsakar så kallad reflexbländning inom synfältet. Denna form av bländning som orsakas av reflexer i synobjektet eller dess omgivning har inte att göra med felaktig ljusadaptation utan orsakas av slöjluminanser i ögat som kan vara helt synnedsättande.

SYNNEDSÄTTANDE BLÄNDNING

Direkt eller reflekterat ljus från solen, från ett fönster eller från dåligt avskärmade ljuskällor kan vara orsak till synnedsättande bländning. Synnedsättande bländning kan uppstå om ett objekt i närheten av synriktningen har en väsentligt högre luminans än vanligt inom synfältet. Om ögat utsätts för ett starkt störande ljus kan adaptationen påverkas negativt och försämra synbarheten. Starkt infallande reflekterat ljus kan även orsaka kontrastreduktion och göra detaljer osynliga så att synarbetet försvåras, så kallad reflexbländning.

Du kan förebygga bländning genom att avskärma ljuskällor eller avskärma starkt solljus med gardiner. Tabellerna på nästa sida anger de minsta tillåtna avskärmningsvinklarna för de specificerade ljuskälleminanserna. Om den bländande ljuskällan är direkt i siktlinjen, kan efterbilder uppstå när man tittar bort från ljuskällan.

Lägsta avskärningsvinklar vid specificerade ljuskälleluminanser

Ljuskällans luminans (kcd m-2)	Minsta avskärningsvinkel (α)
20 till < 50	15°
50 till < 500	20°
≥ 500	30°

Maximal medelluminans för ett lysande optiskt element vid specificerade vertikala fotometriska vinklar

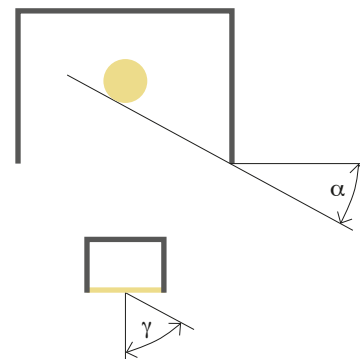
Vertikal fotometrisk vinkel (γ)	Maximal medelluminans för ett lysande optiskt element (kcd m-2)
$75^\circ \leq \gamma < 90^\circ$	≤ 20
$70^\circ \leq \gamma < 75^\circ$	≤ 50
$60^\circ \leq \gamma < 70^\circ$	≤ 500

OBEHAGSBLÄNDNING FRÅN ELLJUS

Obehagsbländning uppstår, antingen direkt eller först efter en längre tid, om ljuskällor och ljusarmaturer har högre luminans än vad ögat är adapterat för. Ju närmare ögat den lysande ytan befinner sig i blickriktningen, desto större är risken för störande bländning. En hög luminans omedelbart ovanifrån kan också orsaka obehag, även om den inte förekommer inom det normala synfältet. Orsaken till obehagsbländning eller reflexbländning kan här orsakas av störande reflektioner från glasögon, ögonbryn och ansiktsdrag.

Graden av obehagsbländning beror på luminansen och storleken på bländkällan, på bakgrundsluminansen mot vilken bländkällan betraktas och på bländkällans läge i förhållande till synriktningen. Därför bör du alltid sätta armaturens luminans i relation till bakgrundsluminansen. I öppna armaturer, speciellt sådana för kompakta och intensiva ljuskällor med stort ljusflöde, är det ofta ljuskällan själv eller en spegelbild av den som bländar. Du kan reducera obehagsbländning genom att använda matta reflektorer och armaturer med större lysande yta. Du kan också reducera obehagsbländning genom att öka ljusheten på rummets väggar och tak på följande sätt:

- använd armaturer med uppljus.
- belys väggen och tak separat eller öka ljusheten med en högre vägg/takreflektans.
- armaturerna monteras närmare väggarna.
- positionera ljuskällor så att reflekterad utfallsvinkel från yta inte direkt träffar ögat.
- använd ljuskällor med lämplig spektralfördelning och färgtemperatur.



Förklaring till figurer ovan:

α = avskärningsvinkel

γ = vertikal fotometrisk vinkel

Anm. Den övre figuren visar ett tvärsnitt av en vanlig ljusarmatur med separat ljuskälla. Den undre figuren visar ett tvärsnitt av en lysande del av det optiska elementet, tex en del av en LED-armatur.



Avskärningsvinkel (α) definieras enligt SS-EN 12464-1 som vinkeln mellan horisontallinjen och den första siktlinjen vid vilken lysande delar av ljuskällor i ljusarmaturen är direkt synliga.

OBS! Får ej förväxlas med optisk avskärningsvinkel (cut-off-vinkeln för en ljusarmatur) som, enligt SS-EN 12665, definieras som vinkeln, mätt uppåt från lodlinjen till där ljuskällorna och ytor med hög luminans inte är synliga.

OMFÄLTSLJUSETS PÅVERKAN PÅ OBEHAGSBLÄNDNINGEN

Enligt CIE-formeln har omfältsljuset och det indirekta ljuset som når ögat en avgörande betydelse för storleken på den beräknade obehagsbländningen, UGR (Unified Glare Rating). Som exempel kan nämnas att för en belysningsanläggning med traditionella LED downlights, som dimensionerats för normala förutsättningar med en allmänbelysning på 500 lux, kan ofta UGR_L-bländtalet uppnå 20 och därmed överstiga gränsvärdet på 19 som gäller för arbetslokaler inom kontor och skolor. Om samma anläggning förses med ett ökat omfältsljus på ca 300 (150) lux kan det beräknade UGR_L-bländtalet reduceras med cirka tre enheter till 17.

BERÄKNING AV OBEHAGSBLÄNDNING

För att göra en värdering av obehagsbländningen direkt från ljusarmaturerna i en belysningsinstallation inomhus ska du använda CIE:s tabulerade UGR-metod som är baserad på formeln:

$$UGR = 8 \log_{10} \left(\frac{0,25}{L_b} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \right)$$

Förklaring till formeln till höger:

L_b = bakgrundsluminansen i $cd \times m^2$, beräknad som E_{ind}/π , är den vertikala indirekta belysningsstyrkan mot observatörens öga.

L = luminansen hos de lysande delarna av varje armatur i riktningen mot observatörens öga i $cd \times m^2$.

w = rymdvinkeln (steradian) för de lysandedelarna hos varje armatur vid observatörens öga.

p = Guths positionsindex för varje individuell armaturs placering relaterad till avvikelser från betraktelseriktningen.



CIE, Commission Internationale de l'Eclairage, är en internationell organisation som verkar för samarbete och informationsutbyte mellan medlemsländerna kring ljusvetenskap och ljusdesign.



Bländtal anges i en skala från 13 till 28, där det högsta bländtalet anger den kraftigaste bländningen. Den lägsta märkbara skillnaden mellan bländtalen är 3.

Armaturtillverkaren ska tillhandahålla underlag eller tabelldata, så att du på ett enkelt sätt kan fastställa belysningsystemets medelbländtal. För att välja en lämplig armatur till en viss arbetsuppgift ska kravet på obehagsbländning i tabellverket kontrolleras genom att använda tabellmetoden. Alla krav på bländtal, R_{UGL} , i tabellverket är gränsvärden baserade på tabellmetoden och inte formelmetoden med enskilda observatörer. Tabellmetoden ska användas enligt standarden för att kunna jämföra olika armaturer på ett likvärdigt sätt. Variationerna i UGR inom rummet kan du beräkna genom att använda formeln, eller den omfattande tabellen, för olika observatörspositioner.

Eftersom alla fastställda gränsvärden är baserade på UGR tabellmetoden, kan inte andra metoder tillämpas, som exempelvis enskilda observatörs punkter enligt formelmetoden. Den kan inte användas för att kontrollera mot kraven i tabellverket, då dessa R_{UGL} inte tar hänsyn till variationer. Det finns ingen forskning som stöder tolkningen av min- och maxvärden enligt formelmetoden, eller vad som är acceptabelt.

Alla antaganden gjorda vid beräkningen av UGR ska anges i projektdokumentationen. UGR-värdet för belysningsinstallationen ska inte vara

högre än värdet i tabellverket i kapitel 9. Den tabulerade UGR-metoden, som i sin helhet finns beskriven i CIE:s publikation nr 117, förutsätter dock att belysningsystemet är baserat på allmänbelysning med symmetriskt placerade ljusarmaturer med symmetrisk ljusfördelning såväl längs som tvärs ljusarmaturen. Dessutom förutsätter tabellmetoden att endast en och samma armatur ingår i beräkningen av rummets bländtal.

Om det beräknade maximala högsta UGR-värdet inom rummet är högre än UGR-gränsmedelvärdet, som anges i tabellverket, kan information om lämpliga placeringar av arbetsplatser inom rummet behövas för att förebygga bländningsrisk i dessa positioner. Dessa värden får dock ses som riktvärden för variationen inom rummet och inte som obligatoriska gränsvärden.

Om ovanstående parametrar inte uppfylls kan UGR inte beräknas genom punktmetoden även om beräkningsprogram tar fram approximerade värden. UGR-värde kan i så fall beräknas med tabellmetoden med UGR-värden direkt för armaturen. Detta är ett approximerat värde baserat på candel per kvadratmeter från armaturens lysande yta, inte en fullständig UGR beräkning enligt punktmetoden.

UGR-beräkningar kan användas som en fingervisning om obehagsbländning uppstår, men är på grund av sina begränsande parametrar inte ett värde som kan användas för att definitivt avfärda obehagsbländningsproblematik.

FÖRTYDLIGANDE AV BEGRÄNSNINGAR AV UGR BERÄKNINGSPARAMETRAR

Om inget annat anges ska samtliga värden enligt UGR tabellmetoden beräknas och redovisas med ett $S/hm = 0,25$. I vissa länder utanför Norden kan det förekomma beräkningar med $S/hm = 1$, vilket oftast ger ett lägre beräknat UGR-värde.

Avvikande armaturstorlekar

UGR-metoden är brukbar på belysningsarmaturer synliga inom gränserna 0,0003 till 0,1 sr enligt CIE 117. Utanför dessa parametrar ges vissa råd i CIE 147.

Oregelbundna rumsformer

UGR-metoden baseras på rektangulära rum. När rumsformen avviker approximeras rumsdimensionerna med en rektangulär rumsyta. Denna ytas dimensioner bör dokumenteras i belysningsprojekteringen.

Oregelbundna armaturplaceringar

Vid oregelbundna armaturplaceringar bör den tabulerande UGR-metoden användas då denna bygger på en ”virtuell” armaturplacering så att det exakta armaturplaceringsmönstret kan utelämnas. I extrema fall, till exempel när armaturer sitter väldigt nära varandra, bör dock inte den tabulerande UGR-metoden användas.

Avvikande rumsreflektanser

Rumsreflektanser som avviker från de som anges i UGR tabellmetoden bör korreleras till närmast representerat värde som approximation. För de mest ogynnsamma förhållandena är det bäst att välja de lägre reflektansvärdena då lägre reflektansvärden generellt ger högre UGR-tal, alternativt kan transfereringsfaktorer användas för att beräkna UGR med nödvändiga reflektanser.

Olika armaturtyper

När mer än en armaturtyp används beräknas UGR för varje enskild armatur. Vid ogynnsamma förhållanden bör den armaturtyp med högst UGR-värde jämföras mot det fastställda begränsningsvärdet.

Ljusarmaturer med (endast) uppåtriktad belysning eller ljustak

UGR-metoden tillämpas inte på armaturer med endast uppljus. Armaturer med endast en dekorativ del ljus nedåt frantas också från UGR-beräkningar. UGR-metoden tillämpas inte heller på stora ljustak då dessa ligger utanför armaturstorleksbegränsningarna (se avvikande armaturstorlekar på sidan 121).

Rum som är mindre eller större än tabellvärdena

För avstånd (H) mellan observatören och armaturplanet större än 12 H, kan värdet för 12 H användas som representativt värde. För rumsdimensioner mindre än 2 H är obehagsbländning sällsynt.

För rumsdimensioner större än 12 H, i bland annat tillverkningsindustri eller där avståndet mellan användarens ögonhöjd och armaturens monteringshöjd är över 7 meter, bör det kontrolleras om UGR-metoden ska användas eller om fokus ska ligga på synnedläggande bländning i stället för obehagsbländning.

OBEHAGSBLÄNDNING FRÅN FÖNSTER

När du ser ut genom ett fönster i riktning mot solen eller när direkt solljus faller mot ljusa ytor i ditt synfält kan svår obehagsbländning uppstå. Därför krävs solavskärmning i de flesta byggnader. Solavskärmning skapas bland annat genom byggnadens utformning eller placering, utvändigt avskärmning eller lågtransmitterande fönsterglas. Ibland är det nödvändigt att komplettera med invändiga persienner eller gardiner.

Obehagsbländning kan också uppstå från en diffus himmel som betraktas genom ett fönster. Sådan bländning kan undvikas genom att välja ljusa fönsterväggar eller genom att öka fönsterväggens ljus med separat belysning.

För mer information om dagsljus i byggnader, se standard SS-EN 17037:2018 Dagsljus i byggnader.

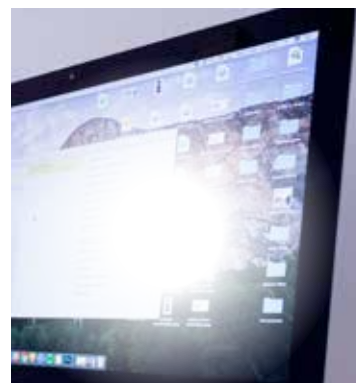
REFLEXBLÄNDNING

Även om det inte förekommer någon direkt bländning från armaturer eller andra lysande ytor inom det normala synfältet, kan du bli bländad av indirekt bländning eller av högluminanta ljusheter, det vill säga reflexer från synobjektet eller dess omgivning. Denna form av bländning har inte att göra med felaktig ljusadaptation utan orsakas av slöjluminanser i ögat, som kan vara helt synnedsättande.

Dessa negativa effekter av slöjluminanser som sprids genom ögats lins ökar med åldern på grund av förändringar i linsen. Högluminanta ljuskällor eller reflexer från armaturer med blanka reflektorer bör därför undvikas inom synfältet. Dessutom bör lokaler inte inredas med blanka eller speglande material. Om blanka ytor måste användas är det bättre att ytorna är ljusa än att de är mörka.

Du kan förebygga reflexer i speglande material eller reflexbländning genom att välja:

- rätt placering av armaturen
- lågluminanta armaturer med effektiv avskärmning
- matta ytbeläggningar
- storytiga armaturer
- ljusa tak och väggar



Dåligt avskärmade armaturer kan orsaka reflexer i bildskärmar.



Reflexer upplevs som mer störande i en bildskärm med mörk bakgrund och ljus text (negativ) än i en med ljus bakgrund och mörk text (positiv).



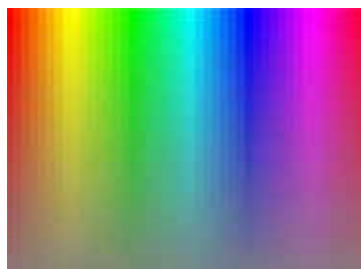
Obehagsbländning kan komma från fönster utan gardiner eller annan avskärmning.

KRAV PÅ GOD FÄRGÅTERGIVNING

För den visuella upplevelsen och för att kunna utföra en synuppgift samt bedöma färger på bästa sätt, är det av stor vikt att färgerna i miljön på ytor, objekt och mänsklig hud återges på ett naturligt och korrekt sätt. Detta påverkar också säkerheten och vårt välbefinnande. Krav på nivåer för färgåtergivning, så kallat R_a -index, finns angivet för varje typ av arbetsuppgift enligt SS-EN 12464-1:2021 i tabellen för belysningskrav.

VARIATION AV LJUSETS INTENSITET OCH FÄRGTEMPERATUR ÖVER DAGEN

Tas upp i detalj i kapitel 1. *Människan och ljuset*.



Kulör



Mättnad

FÄRGKARAKTÄR

En ljuskällas färgkaraktär refererar till den skenbara ljusfärgen (kromaticitet) hos det utsända ljuset. Det kvantifieras av dess korrelerade färgtemperatur (T_{CP}). Kromaticitet är en kombination av två oberoende parametrar, kulör och mättnad. Utan att gå för djupt in i färglära kan kulör beskrivas som den rena färgen och mättnaden som nyanser av denna färg. Se bilder till vänster.

Den upplevda effekten av färgkaraktären är länkad till ljuskällans färgåtergivning. Till exempel en varm 3 000 K ljuskälla med dålig färgåtergivning i rött kan ge en upplevelse av ljuset som trist och smutsigt. Samma färgåtergivning i 4 000 K kan upplevas väldigt kall och klinisk. Men om färgåtergivningen på rött går upp kan en 4 000 K ljuskälla upplevas som mer behaglig och en i 3 000 K som mer vibrant.

Valet av färgkaraktär är en fråga om psykologi, estetik och om vad som anses vara naturligt. Valet kan bero på belysningsnivå, färg på rum och möbler, omgivande klimat och applikation. Färgtemperaturen har en inverkan på ipRGC-känslighet, vilket du bör ta hänsyn till i vissa applikationer.

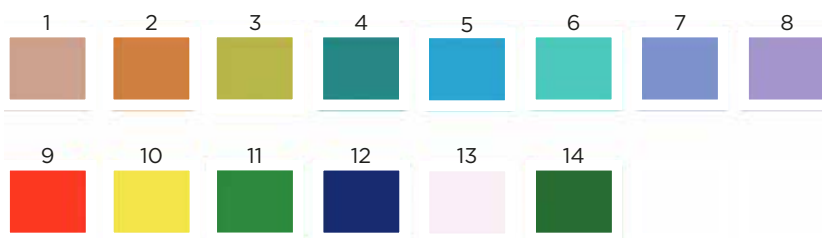
Dagsljusets färgkaraktär varierar över dagen. Färgkaraktär för artificiell belysning kan också beskrivas enligt tabell nedan:

Färgkaraktär	Korrelerad färgtemperatur (T_{CP})
Varm	Under 3 300 K
Neutral	3 300 till 5 300 K
Kall	över 5 300 K

FÄRGÅTERGIVNING

För synprestationen och känslan av komfort och välbefinnande, ska färger i miljön, hos föremål och i mänsklig hud återges naturligt. För att erbjuda en objektiv indikation på färgåtergivningsegenskaperna hos en ljuskälla, ska det generella färgåtergivningsindexet R_a användas. Högsta värde på R_a är 100 (detta motsvarar inte 100 procent färgåtergivning). Lägsta värden på färgåtergivningsindex för bestämda interiörtyper (ytor), arbetsuppgifter eller aktiviteter ges i tabellverket i kapitel 9.

R_a -index mäts på 8,9 eller 14 standardiserade färger. Om inget annat nämns refererar R_a till de standardiserade 1–8 färgerna, vilket är fallet på värdena i tabellverket. Det förekommer att man specificerar R_a 1–9 då färg 9 är en röd nyans, vilket inte representeras i de första 8 färgerna. Detta för att få ytterligare information om ljuskällans förmåga att rendera röda/varma färger. För ljuskällor med höga R_a -värden, till exempel $R_a > 90$, förekommer också att man redovisar R_a 1–14 för att få en så hög kvalitetsbedömning som möjligt.



Ljuskällor i arbetslokaler bör ha ett R_a -index på minst 80. I arbetslokaler med speciellt höga krav på korrekt färgåtergivning ska R_a -index vara minst 90. Säkerhetsfärger enligt ISO 3864 ska alltid gå att urskilja.

För korrekta originalfärger hänvisas till CIE 13.3-1995.



Ljuskällans förmåga att återge färger är avgörande för hur till exempel olika grönsaker upplevs.

Det går inte att bilda sig en fullständig uppfattning om en ljuskällas färgåtergivningsförmåga enbart med R_a -index. En tumregel är att ($R_a > 90$) innebär minimal risk för färgförvrängningar och att ($R_a < 80$) innebär uppenbar risk för färgförvrängningar.

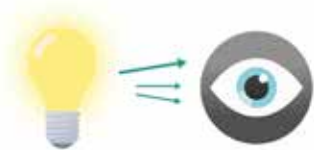
R_a -index är ett omdiskuterat värde för ljuskällor med hög färgåtergivning ($R_a > 90$). Indexet har svårigheter att differentiera kvaliteten mellan olika ljuskällor på denna nivå.



Du kan undvika flimmer och stroboskopeffekter genom att använda högfrekvensdrift för lysrör och elektroniska driftdon för urladdningslampor. Vid pulsbreddsmodellering (PWM) av LED bör låga nivåer undvikas vid ljusreglering.

FLIMMER OCH STROBOSKOPEFFEKTER

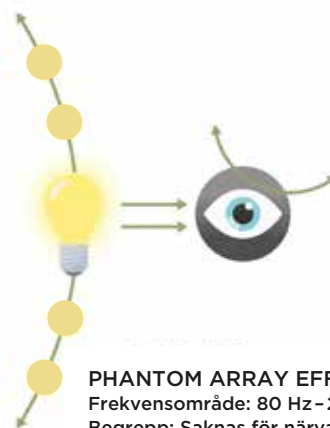
Belysningsanläggningar ska planeras så att det inte finns risk för flimmer och stroboskopeffekter. Flimmer skapar obehag och kan orsaka till exempel huvudvärk. Det kan även leda till fara genom en förändrad uppfattning av roterande eller rörliga moment hos maskiner. Läs mer i kapitel 3. *Belysningen i praktiken.*



SYNLIGT FLIMMER
 Frekvensområde: upp till 100 Hz
 Begrepp: PstLM



STROBOSKOPISK EFFEKT
 Frekvensområde: 80 Hz – 2KHz
 Begrepp: SVM



PHANTOM ARRAY EFFECT
 Frekvensområde: 80 Hz – 2KHz
 Begrepp: Saknas för närvarande

7.3 PLANERA

När du har specificerat mål och krav för belysningsanläggningen tillsammans med beställaren och analyserat förutsättningarna, kommer du till det moment där du ska planera för anläggningen. Du utreder ljusförhållandena i lokalen och vilka belysningssystem, ljuskällor, armaturer och styrsystem som passar bäst. Du gör ljusberäkningar, energiberäkningar, samordnar med design och övriga installationer, gör en ekonomisk utvärdering av belysningsprojektet och sammanställer en underhållsplan.



Utnyttja dagsljusets fördelar genom att planera för utrustning och styrsystem som samverkar med belysningen i rummet.



Läs om belysningsprinciper i kapitel 3. *Belysningen i praktiken.*

ÖVERGRIPANDE PLANERING

Gör en övergripande planering som avser ljusförhållanden, val av belysningsystem, ljuskällor, armaturer och styrsystem. Samordna med övriga installationer.

LJUSFÖRHÅLLANDEN

Utred förutsättningarna för samverkan mellan elljus och dagsljus. Kontrollera möjligheterna till dagsljusavskärmning och möjligheterna att utnyttja styrsystem. Det du bör tänka på är vilka förutsättningar som gäller för att kunna utnyttja dagsljuset och om fönstren är utformade för att förebygga synnedsättande solljus och strålningsvärme. Du bör också titta på om fönsterväggen har lämplig ljusreflektion och om elljuset kan styras beroende på mängden infallande dagsljus.

BELYSNINGSPRINCIPER

Utred vilken belysningsprincip som bäst uppfyller mål och förutsättningar samt om det förekommer hinder mot att tillämpa ett lokaliserat belysningsystem.

LJUSKÄLLOR OCH ARMATURER

Tas upp i detalj i kapitel 3. *Belysningen i praktiken.*

STYRSYSTEM

Utred styrmöjligheterna av belysningen för ökad komfort och bättre energianvändning. I vissa lokaler kan närvaro- och frånvarosensorer utnyttjas för att spara energi. Du bör också kontrollera om det är lämpligt att använda reglerbar ljusstyrning. Det kan finnas behov av individuell ljusreglering, till exempel om samma arbetsplats används av personer med olika synbehov. Det ljusregleringssystem du väljer ska vara lätt att förstå och enkelt att använda.

MANUELL STYRNING OCH TIDSSTYRNING

Tas upp i detalj i kapitel 3. *Belysningen i praktiken.*



Belysningstekniskt kan dagsljuset vara en komplicerad faktor att hantera. Men om lokalen har dagsljus, kan du använda det som en del i belysningslösningen.

DAGSLJUSKONTROLL

Belysningstekniskt kan dagsljuset vara en komplicerad faktor att hantera. Men om lokalen har dagsljus, kan du använda det som en del i belysningslösningen. Ett enkelt sätt är att ha armaturer med ljusreglering i den del av lokalen som har dagsljus från fönster. Med dagsljuskontroll balanseras dagsljus och elljus så att det alltid finns en arbetsplatsbelysning som uppfyller kraven. Om du väljer en sådan lösning måste du ta hänsyn till att dagsljus från fönster har en helt annan riktning än elljuset och vidta åtgärder så att luminansfördelningen alltid är acceptabel.

LJUSSÄTTNING FÖR OLIKA ARBETSUPPGIFTER

I dag utför de flesta människor flera olika arbetsuppgifter som var och en kräver sin egen belysningslösning. Om du tillämpar de begränsningar av den installerade effekten som förekommer i form av W/m^2 , blir resultatet en kompromiss som inte ger optimal belysning för någon av arbetsuppgifterna.

En lösning är att i stället bortse från den installerade effekten genom att välja de armaturer som krävs för god belysning av de olika arbetsuppgifterna och komplettera med ett styrsystem programmerat för idealiska ljussättningar. Då får du fullgod arbetsbelysning kombinerat med effektiv årlig energianvändning, som redovisas med ett LENI-tal, som uttrycks i kWh/m^2 , år (se anvisningar i kapitel 6. *Energiberäkning*).

DIGITAL BELYSNINGSSTYRNING

Belysningsbranschen har verkat för en gemensam standard för digital belysningsstyrning (DALI/DALI 2). Med DALI-standarderna öppnas nya möjligheter att kombinera styrkomponenter och driftdon från olika fabrikat. Det går även att länka samman belysningsstyrningen med annan teknik.

SAMORDNING

I ett byggprojekt förekommer installationer för bland annat el, data, tele, VVS och sprinklersystem. Du ska samordna installationen av belysningsanläggningen med övriga installationer. Det kan innebära både ekonomiska, praktiska och tidsmässiga fördelar.

Om byggnaden har ett styrsystem för fastighetsövervakning, kan det vara lämpligt att belysningsanläggningens driftdata ingår i detta styrsystem. Lokalens inredning och färgsättning har också betydelse för din planering. Därför ska du alltid samordna din planering med arkitekter, inredare och beställare eller andra aktörer som kan vara delaktiga i utformningen av rummet och arbetsplatsen.

DETALJERAD PLANERING

Gör en detaljerad planering som avser val av belysningsystem, ekonomi och underhåll, samordning och dokumentation.

PLANRITNINGEN

Se till att installationsritningarna stämmer överens med planeringsmålen och de byggnadstekniska förutsättningarna samt att installationerna har samordnats med övriga installationer som undertak, inredning, ventilationsdon, sprinklers, VVS-kanaler och rör.

Kontrollera även att belysningsanläggningen uppfyller ställda krav på medelbelysningsstyrkor, belysningsstyrkans jämnhet, bländfrihet och lämplig luminansfördelning i rummet. I lokaler med bildskärmsarbete ska du kontrollera att armaturluminansen inte är högre än vissa gränsvärden för de armaturer som kan reflekteras i skärmen.

INSTALLATION OCH MONTAGE

Kontrollera att montageanvisningarna är kompletta och att armaturernas och installationens utförande stämmer med gällande säkerhetsföreskrifter.

BERÄKNINGAR

Beställaren ska godkänna en underhållsplan, så att du kan räkna fram en lämplig bibehållningsfaktor. De ljusberäkningar du gör ska utföras enligt lokalens, arbetsplatsens och inredningens förutsättningar. Du ska också genomföra en beräkning av obehagsbländning.

När du gör beräkningarna ska du använda aktuella fotometriska data för ljuskällor och armaturer

Har ljusberäkningarna utförts i överensstämmelse med gällande rums- och inredningsförutsättningar? Har belysningsstyrkan beräknats inom det aktuella området och dess omedelbara omgivning? Har belysningsstyrkans jämnhet beräknats inom dessa områden? Har den lägsta belysningsstyrkan beräknats inom den yttre omgivningen? Har belysningsstyrkor och jämnhet beräknats för rummets väggar och tak samt för den cylindriska belysningen? Har beräkning av obehagsbländning genomförts? Har medelluminansen beräknats och kontrollerats mot ställda krav för de armaturer som kan reflekteras i bildskärmar? Har luminansfördelningen inom det normala synfältet beräknats? Har aktuella fotometriska data för ljuskällor och armaturer använts i beräkningarna? Har ett av beställaren godkänt underhållsschema fastställts? Har bibehållningsfaktorn baserats på det planerade underhållet?



På www.ljuskultur.se hittar du mallar och några exempel på hur en underhållsplan kan se ut och kan skrivas.



På www.ljuskultur.se hittar du mallar för hur du kan beräkna en anläggnings bibehållningsfaktor. Här kan du också jämföra olika belysningsystem med varandra ur drift- och underhållssynpunkt.



Bibehållningsfaktor definieras enligt standarden som kvoten mellan belysningsstyrkan på ytan efter en viss användningstid för belysningsinstallationen och belysningsstyrkan under samma förhållanden då installationen normalt anses vara ny. Ljuskällorna beaktar ansamling av smuts på armaturer och rumsytor samt ljuskällornas åldrande.

ÖVRIGA BERÄKNINGAR/DOKUMENTATION

Belysningsanläggningen ska uppfylla beställarens krav, lagmässiga krav och krav på energieffektivitet. Kostnaderna för investering, drift och underhåll ska inte överskrida ramarna. Dokumentera LENI-tal för jämförelsetal av specifika utrymmen samt för ett överslag för hela byggnaden. Kan utföras enligt lathund i kapitel 6. *Energiberäkning*.

VAL AV BELYSNINGSPRINCIP

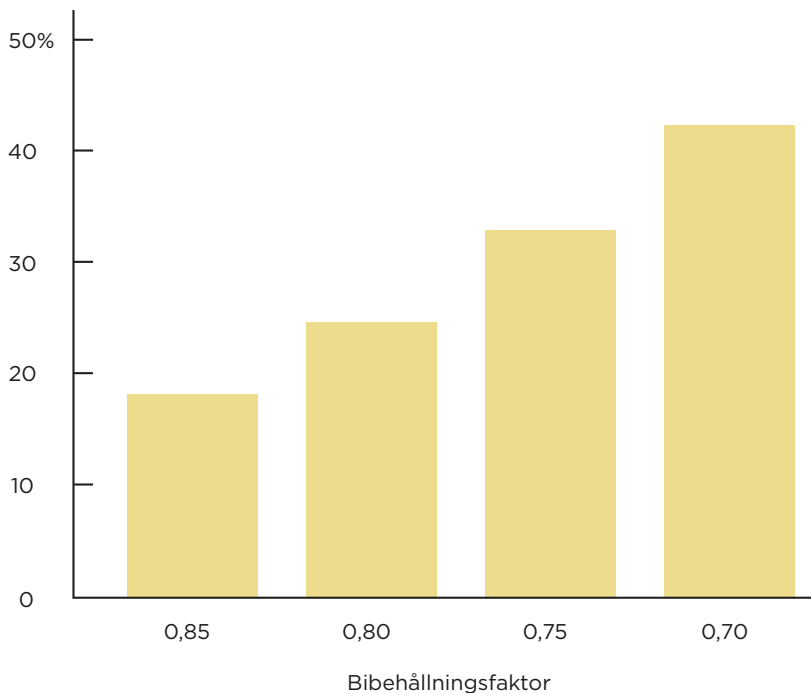
Utvärdera olika belysningsprinciper ljustekniskt, visuellt och ekonomiskt. Välj det som bäst uppfyller ställda mål och krav.

EKONOMI OCH UNDERHÅLL

Gör en underhållsplan för det valda belysningsystemet. En underhållsplan ska innehålla en tidplan för hur ofta ljuskällorna ska bytas samt när och hur armaturer och lokaler ska underhållas och rengöras.

Fastställ systemets optimala bibehållningsfaktor med hänsyn till underhållsförutsättningarna. Utför ekonomisk utvärdering genom att beräkna livscykelkostnaderna för investering, drift och underhåll.

Så här kan valet av bibehållningsfaktor öka energikostnaden.



Genom forskning vet vi att ljuset påverkar oss inte enbart visuellt utan även biologiskt och emotionellt. Ljuset är viktigt för vår hälsa och välbefinnande och påverkar vår vakenhet.



BIBEHÅLLNINGSAKTOR

Du ska fastställa och redovisa den bibehållningsfaktor du använt för ljusberäkningarna. Den bibehållningsfaktor du väljer får en direkt inverkan på belysningsanläggningens energianvändning. För att kunna välja ett högt värde på bibehållningsfaktorn måste du vara noga när du väljer ljuskällor, armaturer och andra installationer.

Bibehållningsfaktorn ska tas fram i varje separat utrymme enligt Ljusamallen. I tabellverket anges belysningsstyrkorna för varje uppgift som en lägsta bibehållen medelbelysningsstyrka i drift. Bibehållningsfaktorn beror på bibehållningsegenskaperna hos ljuskällorna, driftdonen, ljusarmaturerna, miljön och underhållsprogrammet.

Du ska också redovisa hur bibehållningsfaktorn har tagits fram.

Faktorer som direkt påverkar storleken på bibehållningsfaktorn

- ljuskällans ljusnedgång över tid (LLMF)
- ljuskällans mortalitet (LSF)
- armaturens minskade funktion på grund av nedsmutsning (LMF)
- rumsytornas minskade reflektanssegenskaper på grund av nedsmutsning (RSMF)

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

Den beräknade bibehållningsfaktorn ligger till grund för de utbytes- och rengöringsintervaller som ska gälla för underhållsplanen. Om faktorerna inte är kända hänvisas till standardvärden i Ljusamallen gällande de delar som motsvaras av nedsmutsningen av armaturen och nedsmutsningen av rummets ytor. Gällande ljusnedgång hänvisas till respektive armaturfabrikant som bör redovisa ljusnedgång L-värde vid 35, 50, 75, 100 000 timmar, enligt rekommendation från Lighting Europe. LSF beräknas normalt till 1 då man normalt byter en helt slöknad armatur direkt med dagens belysningsystem.

UTVÄRDERING

När du planerat belysningsanläggningen övergripande och i detalj, gjort planritningar och underhållsplan, är det dags att stämma av ditt arbete med beställaren och få det godkänt.

HÄNSYNSTAGANDE VID BELYSNINGSPLANERING

För att möjliggöra en mer flexibel tillämpning av Planeringsguiden innehåller tabellverket anpassade \bar{E}_m -värden. Detta avsnitt syftar till att förtydliga bedömningen av hur dessa ska tillämpas.

Belysning av arbetsområdet, aktivitetsområdet och den omedelbara omgivningen

För att bedöma lämpliga \bar{E}_m -nivåer på arbetsområde, aktivitetsområde och omedelbar omgivning ska följande steg beaktas:

1. Definiera arbetsområdet och aktivitetsområdets storlek och position i rummet. Observera att arbetsområdet kan vara horisontellt, vertikalt eller lutande.
2. Fastställ lämplig typ av arbetsuppgift eller aktivitet med utgångspunkt i synuppgiften som utförs i området. Notera att mer än en typ av arbetsuppgift kan förekomma i samma område, då ska uppgiften med de högsta kraven användas.
3. Välj vilken typ av ”arbets-/aktivitetsområde” som bäst matchar i tabellverket.
4. Bestäm \bar{E}_m -nivåer baserat på synkriterier i lista på sidan 98 i steg enligt skala för belysningsstyrkor på sidan 98.
5. Välj \bar{E}_m belysningsstyrkor för omedelbar och yttre omgivning i förhållande till värdet valt för arbetsområdet enligt tabell på sidan 101.

BELYSNING AV UTRYMMET

För att framhäva rummets ljushet, möjliggöra visuell kommunikation och igenkänning av föremål ska följande steg följas vid bedömning av belysningskriterier:

1. Fastställ vilka vägg- och takytor kring arbetsplatsen/arbetsplatserna som är relevanta. Åtminstone de ytor som bidrar till att rummet upplevs ljust ska vara belysta.
2. Välj kraven i tabellverket för ”föremål och människor” och ”rummets ljushet” (\bar{E}_{mz} , \bar{E}_m vägg, \bar{E}_m tak) baserat på valda nivåer i ovanstående stycke ”Belysning av arbetsområdet, aktivitetsområdet och den omedelbara omgivningen”. Om högre värden har valts för arbetsområdet bör vägg, tak samt cylindrisk belysningsstyrka också ökas med samma antal steg.
3. I områden med hög takhöjd eller där belysning av taket inte är lämpligt, i lokaler med stor nedsmustning samt i lokaler med lägre reflektans än de värden som rekommenderas i tabellen på sidan 114, kan lägre belysningsstyrka på taket godtas. Detta kan exempelvis gälla i industrilokaler eller andra utrymmen med enbart direkt belysning.

R_{UGL} ska uppfyllas av ljusarmaturer i synfältet enligt vald typ av ”arbets-/aktivitetsområde” i tabellverket.

BELYSNINGSTYRNING

Belysningen bör kunna justeras till användarens faktiska behov och belysningsystemet bör klara av belysningsstyrkor som motsvarar eller överstiger rekommenderade värden endast med elektriskt ljus. Belysningsstyrkan kan dock uppnås genom både dagsljus och elektriskt ljus eller en kombination av dessa. Dagsljuset kan också tillföra flera andra positiva effekter genom dess variation och dynamik och det är viktigt med dagsljusöppningar som ger oss en visuell kontakt med omgivningen utanför. Ett bra styrsystem är viktigt för att optimera energianvändningen och mer om detta samt hur beräkning av LENI-tal görs finns beskrivet i kapitel 6. *Energiberäkning*.

Ett justerbart belysningsystem säkerställer att:

- Fördelen med dagsljustillgång maximeras
- Närvaro i utrymmet beaktas
- Förändringar av synuppgiften kan tillgodoses
- Personer i utrymmet samt deras preferenser eller behov kan förändras

Användning av högre bibehållen medelbelysningsstyrka E_m rekommenderas för att användaren ska kunna utnyttja den upplysta miljön till fullo. En belysningsanläggning som endast uppfyller minimikriterierna begränsar möjligheterna till god belysningsmiljö.

LJUSETS VARIATION

Ljus påverkar människors sinnesstämning, känslor, vakenhet, hälsa och välbefinnande. Människans dygnsrytm kan upprätthållas och anpassas. Dessutom kan fysiologiskt och psykologiskt tillstånd påverkas av ljus. Genom varierande belysningsstyrka, färgtemperatur och spektrum under dagen och årstiden kan människans välbefinnande öka.

Dessa så kallade icke-visuella effekter beror på ljusexponeringens kvantitet, tidpunkt, spektrala effektfördelning, exponeringens varaktighet, tillgång till dagsljus och individuella parametrar som dygnsfas, ljushistorik och hälsotillstånd. Det har också en positiv inverkan om du personligen kan påverka inställningen och styrningen av belysningen. Olika programmerade ljusscenarier kan också förbättra välbefinnandet genom variation och anpassning efter personliga förutsättningar och samtidigt leda till energibesparingar.

När belysningen justeras är det möjligt att belysningsnivåer under- eller överskrider kraven i tabellverket, vilket kan accepteras. De lägsta kraven på belysningsstyrkorna ska dock fortfarande alltid vara möjliga att uppnå.

JÄRNVÄGSSTATIONER

För utrymmen i järnvägsstationer som helt är inom byggnader, förekommer vissa informativa anvisningar i tabellverket. Dessa noteringar kan dock ses som rekommendationer och är inga normativa krav.

Plattformskanten kräver särskild uppmärksamhet och lämpliga synförhållanden ges om att ett 1 meter brett band längs plattformskanten har minst 50 procent av plattformens medelbelysningsstyrka.

Tågförare och passagerare får inte bli bländade och för relevanta platser och betraktningsriktningar kan detta undvikas genom kontroll av tröskelvärdesökningen (TI). Om det inte är möjligt att placera ljusarmaturerna så att de inte blir direkt synliga, undviks bländning för passagerare och personal vid normala arbetsförhållanden om ljusflödestätheten i ljusarmaturernas ljusområden är högst 1 000 lm per 0,03 m².

Ett förhållande mellan vertikal och horisontell belysningsstyrka E_v/E_h i trafikriktningen på minst 0,20 (utan interreflektion) möjliggör tillräcklig visuell kommunikation och igenkänning av föremål i anknytning till trånga, men mycket långa kommunikationsytor inom passagerartunnlar.

7.4 DOKUMENTERA

När planeringen av belysningsanläggningen, planritningarna och underhållsplanen är godkända av beställaren, ska du sammanställa dokumentationen. Den ska vara så komplett att besiktningskontrollanten kan använda den vid sin utvärdering. Även den slutgiltiga dokumentationen ska godkännas av beställaren.

DOKUMENTATIONENS OMFATTNING

Dokumentera planeringen och komplettera med eventuella nya önskemål från beställaren.

DOKUMENTATIONEN SKA INNEFATTA:

Planritning för belysningsanläggningen med installations-, styr- och montageanvisningar samt förteckning över ljuskällor och armaturer.

Ljusberäkningar och eventuella visualiseringar som verifierar under vilka förutsättningar installationerna uppfyller ställda krav på exempelvis:

- belysningsstyrkan i drift inom det aktuella arbetsområdet och dess omedelbara omgivning och belysningsstyrkans jämnhet
- lägsta belysningsstyrka inom den yttre omgivningen
- UGR-bländtalen (beträffande UGR-beräkningar se www.ljuskultur.se)
- medelluminans för armaturer som på grund av sin placering kan reflekteras i bildskärmen
- energiberäkningar – LENI-tal beräknade som en indikator på belysningens energianvändning, se kapitel 6. *Energiberäkning* med metoder för att erhålla jämförelsetal för specifika utrymmen och för hel byggnad
- belysningsstyrkan i drift och dess jämnhet på rummets väggar och tak samt den cylindriska belysningen.

Redovisning av beräkningsförutsättningar som:

- bibehållningsfaktorer
- rummets antagna ytrelektanser
- beräkningsområden, beräkningsplan och beräkningsnivå
- antal beräkningspunkter och avståndet mellan dessa.

Vid verifiering av beräkningsförutsättningarna ska mätpunkterna överensstämja med de beräkningspunkter eller -nät som använts vid planeringen. Vid en eventuell kontroll ska samma mätpunkter användas.

Underhållsplan, som omfattar förslag till utbytesperioder för ljuskällor och rengörings-terminer för ljusarmaturer och i förekommande fall rumsytor.

Ekonomisk analys över livscykelkostnaden (LCC), det vill säga den totala nuvärdeskostnaden för investering, energi, ljuskällor och underhåll över den uppskattade brukstiden.

Du ska vid verifiering av belysningsstyrkan ta hänsyn till använda ljusmätarens kalibrering, till ljuskällornas och ljusarmaturens överensstämmelse med publicerade fotometriska data och till de planeringsantaganden som gjorts beträffande ytrelektanser och liknande, jämfört med de verkliga värdena.

Medelbelysningsstyrkan och belysningsstyrkans jämnhet ska vara beräknad och inte i drift understiga de värden som angivits i tabellverket.

Den slutliga dokumentationen ska vara så komplett att kontrollanten ska kunna använda den vid kontrollbesiktning av belysningsanläggningen.

7.5 KONTROLLERA

Det finns flera olika skäl till att kontrollera en belysningsanläggning. En nyinstallerad anläggning ska besiktigas för att fastställa att den uppfyller de krav som gällde vid planeringstillfället. En befintlig anläggning bör undersökas för att kontrollera om den uppfyller kraven på god belysning. Det kan vara nödvändigt att förbättra anläggningen, trots att den uppfyller kraven på belysningsnivåer, för att den ger upphov till obehagsbländning eller synnedsättande bländning. Om det inte finns någon underhållsplan bör en utvärdering göras för att fastställa lämpliga perioder för lampbyten, rengöring och underhåll av anläggningen. Beroende på syftet kan kontrollen vara mer eller mindre omfattande. En ny belysningsanläggning kräver en noggrannare undersökning. I enklare fall räcker det att göra en visuell kontroll och mäta medelbelysningsstyrkan samt luminansförhållandena inom arbetsområdet och i omgivningen.

FLÖDESSCHEMA FÖR KONTROLL AV EN BELYSNINGSANLÄGGNING

OMFATTNING

- Vad ska kontrollen omfatta? Elbelysningen, nödbelysningen, dagsljusförhållandena, installationen, funktionen, styrningen och övervakningen, underhållet/underhållsplanen, energieffektiviteten, elektriska och magnetiska fält?
- Vad ska kontrolleras? Krav eller överenskommelser som gällde vid planeringen (nyinstallation)? Driftförhållanden (befintlig installation)? Ska enbart en leverans- och funktionsbesiktning utföras?
- Omfattar kontrollen hela belysningsanläggningen, en del av anläggningen eller enbart en lokal funktion?
- Omfattar kontrollen belysningens energianvändning?



FÖRUTSÄTTNINGAR

- Gäller kontrollen besiktning av nyanläggning utreds vilka krav som gällde vid planeringen.
- Avser kontrollen en utvärdering av befintliga driftförhållanden?
- Ska ljusmätningen/kontrollen utföras med eller utan dagsljus?
- Är de uppmätta värdena för belysningsanläggningen att betrakta som nyvärden eller driftvärden?



ÅTGÄRDER FÖRE LJUSMÄTNINGEN

- Förbered mätprotokoll, markera mätpunkter och mätområden (se Ljusmallen).
- Intervjua vid behov personalen.
- Kontrollera armaturernas driftförutsättningar, funktion och placering.
- Kontrollera mätutrustningen med avseende på kalibrering etc.
- Har armaturer varit tända cirka 30 minuter innan ljusmätningen börjar.



ÅTGÄRDER FÖRE LJUSMÄTNINGEN

- Redovisa medelbelysningsstyrkor och belysningsstyrkans jämnhet för arbetsområdet och den omedelbara omgivningen.
- Kontrollera den lägsta belysningsstyrkan inom den yttre omgivningen.
- Kontroll av armaturernas högsta medelluminanser i lokaler med bildskärmsarbete.
- Beräkna vid behov bländtalet för anläggningens obehagsblandning.
- Redovisa luminansförhållandena mellan arbetsytan, den omedelbara omgivningen, rummets väggar och tak, samt den cylindriska belysningsstyrkan.
- Mät takytans max- respektive medelluminans.
- Kontrollera om armaturens avskärmningsvinkel är anpassad till ljuskällans medelluminans.
- Kontrollera ljuskällornas färgåtergivningindex och färgtemperatur.
- Gör en visuell utvärdering av belysningsanläggningen.
- Kontrollera om det finns störande flimmar och stroboskopeffekter.
- Gör en funktionskontroll och kontrollera styrningen av ljusanläggningen.
- Armaturplacering kontra inredning.



DOKUMENTATION

- Redogör för utvärderingens omfattning, de fysiska förutsättningar som gällt vid mättillfället och för den mätutrustning du använt.
- Redovisa uppmätta, beräknade och kontrollerade värden samt funktioners överensstämmelse med gällande krav eller de överenskommelser som gällt vid planeringen.
- Redovisa resultatet av den visuella utvärderingen och eventuella synpunkter från personalen.
- Redovisa kontroll av energianvändningen genom LENI-tal.

ATT TÄNKA PÅ VID KONTROLLEN

Åtgärder vid ljusmätningen

- Förbered mätprotokoll och markera samtliga mätpunkter
- Gasurladdningslampor av högtrycks- och lågtryckstyp (exempelvis natrium- och metallhalogenlampor, lysrör och kompaktlysrör) ska vara tända cirka 30 minuter innan du börjar ljusmätningen
- Kontrollera att samtliga armaturer fungerar, att alla ljuskällor är tända och att de varit tända under tillräckligt lång tid
- Nollställ ljusmätaren
- Kalibrera ljusmätaren vid behov (normalt efter 2-3 år)

OBS! Ljusmätaren kan behöva nollställas om temperaturförhållandena ändras. Vissa ljusmätare kan behöva exponeras i ljus cirka 5 minuter före mätning.

Dokumentation vid mätfallet

- Datum/tidpunkt/plats/rum
- Är uppmätta värden att betrakta som nyvärde eller driftvärde?
- Mätpunkter på plan/sektionsriktning
- Mätområdenas storlek (arbetsområde/omedelbar omgivning/ yttre omgivning), väggar och tak samt cylindrisk belysning
- Eventuell förekomst av bildskärmar och deras bildskärmsklassning
- Mättriiktning och mätplan
- Armaturtyper inklusive placering/montage
- Typ av ljuskällor och brinnläge
- Nätspänning för utgående grupper
- Slocknade ljuskällor/defekta armaturer
- Nedsmutsning av armaturer och rumsytor
- Omgivningstemperatur kring armaturen
- Kontrollera eventuellt dagsljusstillskott
- Mätvinkel/mätyta vid luminansmätning
- Typ av ljusmätare
- Senaste kalibrering



På Ljuskulturs hemsida www.ljuskultur.se hittar du Ljusamallen, ett hjälpmedel för att redovisa armaturer allmänt och ljustekniskt.

OMFATTNING

Flödesschemat och checklistan på föregående uppslag visar hur en kontroll kan utföras i praktiken och vad du bör tänka på. Innan du börjar kontrollen ska du fastställa omfattningen. Det kan vara en, flera eller alla installationer i en ny eller befintlig belysningsanläggning som ska kontrolleras, exempelvis elbelysningen, nödbelysningen, dagsljusförhållandena, installationen, funktionen, styrsystemen, underhållet eller energieffektiviteten. Det kan röra sig om att kontrollera krav eller överenskommelser som gällde vid planeringen av en nyinstallation eller driftsförhållandena för en befintlig installation.

FÖRUTSÄTTNINGAR

Oavsett vilken omfattning kontrollen har, måste du först ta reda på vilka förutsättningar och krav som gällde vid planeringen av belysningsanläggningen. Oftast är det svenska standarder, föreskrifter och direktiv som ligger till grund för planeringen. Dessutom kan belysningsplaneraren och beställaren ha gjort vissa överenskommelser.

Om bländtal finns angivna, kan de endast kontrolleras genom beräkning enligt de förutsättningar som gällde vid projekteringen av anläggningen. Belysningsstyrkornas nivå och jämnhet ska beräknas enligt de förutsättningar som angivits i projekteringsunderlaget eller enligt de anvisningar som finns i Ljusamallen. Bländtal ska kontrolleras och beräknas från armaturfabrikantens ljustekniska dokumentation, enligt tabellmetoden i EN 12464-1:2021.

Kontrollen av belysningsanläggningen ska vara både kvantitativ och kvalitativ, det vill säga innefatta både fysikaliska mätvärden och en visuell utvärdering. Du ska också ange om du har kontrollerat anläggningen med eller utan dagsljus samt om de uppmätta värdena är nyvärden eller driftvärden. Det är viktigt att du dokumenterar de förhållanden som gällde för belysningsinstallationen

ÅTGÄRDER VID LJUSMÄTNINGEN

Förbered mätprotokoll, markera mätpunkter och mätområden enligt de anvisningar som finns i Ljusamallen. För att underlätta ditt arbete och redan från början vara klar över vilka problem som kan finnas i anläggningen, kan du börja med att intervjua dem som arbetar i lokalen. Ta reda på vad som gäller för armaturernas driftsförutsättningar, deras funktion och placering. Kontrollera mätutrustningen, att alla armaturer och ljuskällor är tända samt att de varit tända under tillräckligt lång tid innan du börjar mäta.



Ljusamallen hittar du på
www.ljuskultur.se



Läs om belysningsstyrkans jämnhet på sidan 109.



Du ska mäta, beräkna och dokumentera medelbelysningsstyrkan och dess jämnhet för respektive mätområde enligt de förutsättningar som finns i Ljusmallen. Där hittar du även hur många mätpunkter som behövs för att kunna beräkna medelbelysningsstyrkan inom mätområdet.



Allmänbelysningen ska mätas i ett horisontellt plan 0,85 meter över golvet, eller i vissa fall vid golvnivå.



Belysningsstyrkan inom arbetsområdet och den omedelbara samt yttre omgivningen mäts med en luxmeter.

UTFÖRANDE AV/KONTROLL VID LJUSMÄTNINGEN

I kontrollen ingår bland annat ljusmätning, beräkningar, funktionskontroller och en visuell utvärdering. Här nedanför kan du läsa om hur du kan gå tillväga.

MÄTNING AV BELYSNINGSSTYRKAN

Du mäter belysningsstyrkan med en luxmeter. Placera mätcellen, som kan vara inbyggd i eller ansluten via kabel till luxmetern, där belysningsstyrkan kan mätas och läs av mätvärdet. Skugga inte mätcellen, men om du mäter vid en arbetsplats i närheten av stående eller sittande personer bör cellen inte vara helt oavskärmd.

Den vertikala belysningen är viktig för många arbetsuppgifter, som till exempel i bibliotek, på butikshyllor, lager samt på skriv- och anslags-tavlor. Där ska du även mäta den vertikala belysningsstyrkan.

Den angivna medelbelysningsstyrkan är alltid ett medelvärde av flera mätningar som är jämnt fördelade över ett bestämt mätområde. Även belysningsstyrkans variation inom mätområdet, det vill säga jämnheten, beräknas utifrån tätheten på mätvärdena.

Du mäter belysningen inom arbetsområdet och den omedelbara omgivningen på eller kring arbetsytan, i samma lutning som och vinkelrätt mot ytan. Kraven i tabellverket avser den lägsta medelbelysningsstyrkan i drift inom arbetsområdet, men belysningsstyrkan ska, om arbetsområdet inte utgörs av hela lokalen, som regel alltid kontrolleras inom tre områden – arbetsområdet, den omedelbara omgivningen och den yttre omgivningen. Belysningsstyrkan inom de olika områdena ska vara relaterad till belysningsstyrkan inom arbetsområdet enligt de anvisningar som finns i avsnitten 7.1 *Specificera* och 7.2 *Analysa*.

Belysningsstyrkor på väggar och tak samt den cylindriska belysningsstyrkan ska också kontrolleras. Cylindriska värden mäts i ansiktshöjd normalt 1,2 meter över golv vid sittande arbete respektive 1,6 meter över golv för stående personer i exempelvis korridorer. Ett praktiskt sätt att kontrollera den cylindriska belysningsstyrkan är att mäta och beräkna medelvärdet av de vertikala belysningsstyrkorna i ansiktshöjd i fyra riktningar i 0, 90, 180, 270 grader. Den cylindriska belysningen ska kontrolleras i samma mätpunkter som den horisontella.

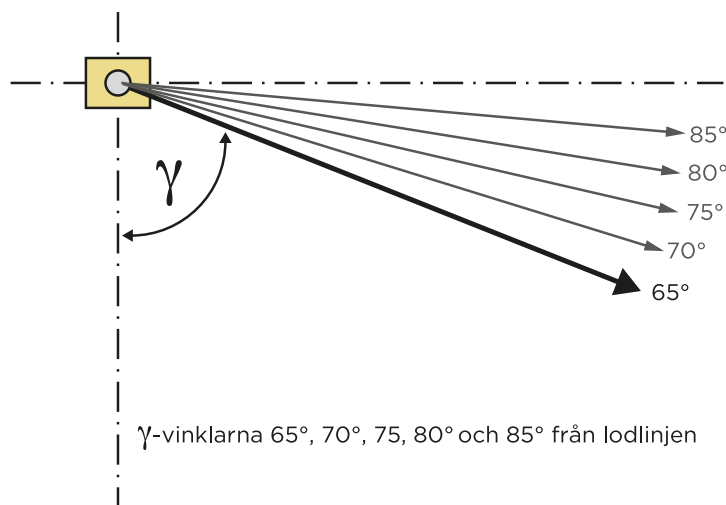
BERÄKNING AV ARMATURLUMINANSEN

I lokaler där det förekommer bildskärmsarbete ska armaturernas medelluminans begränsas. Den maximala medelluminansen som gäller för en armatur i de bestämda utstrålningsvinklarna hittar du vanligtvis i leverantörens armaturdokumentation. Du kan själv beräkna medelluminansen för en specifik utstrålningsvinkel utifrån armaturens fotometriska 270° data och armaturens projicerande lysande yta enligt formeln:

$$L_{\text{med}} = I_{\gamma} / A \times \cos \gamma$$

Ljusarmatur i sektion

Elevationsvinkel mätt (γ), från lodlinjen

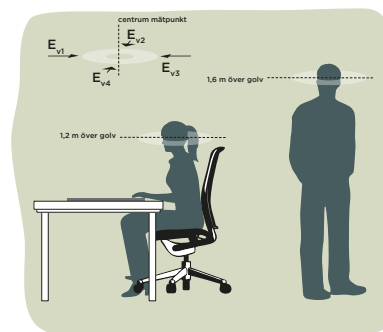


MÄTNING AV YTLUMINANSEN

Ytluminansen mäts med en luminansmeter. Eftersom en luminansmeter mäter medelluminansen inom den uppmätta ytan, är det viktigt att denna yta definieras. Luminansmetern används oftast för att kontrollera luminansfördelningen mellan olika lysande ytor inom synfältet.

LUMINANSFÖRDELNING

Luminansskillnaderna inom synfältet får inte vara för stora, eftersom det påverkar synkomforten negativt. Du kan använda luminansmetern för att få en uppfattning om luminansfördelningen ligger inom de ramar som rekommenderas i avsnittet 7.2 *Analysera* under rubriken *Luminansfördelning* på sidan 113.



$$E_{v,z} = (E_{v1} + E_{v2} + E_{v3} + E_{v4}) / 4$$

Se större modell på sidan 108.



L_{med} = armaturens medelluminans i en bestämd utstrålningsvinkel, (γ) och riktning, c-plan
 I = armaturens ljusstyrka i en bestämd utstrålningsvinkel, (γ) och riktning, c-plan
 A = armaturens lysande yta (m^2)



Armaturens medelluminans ska beräknas och redovisas enligt standarden från uppmätt fotometrisk data i armaturens c-plan i intervaller på 15° med början i 0° och elevationsvinklar, (γ) på 65°, 70°, 75°, 80° och 85°.



Om luminansmetern har en mätvinkel på 1° blir diametern på mätytan cirka 26 mm vid ett mätavstånd på 1,5 m. Om mätavståndet ökas till 3 m blir mätytan cirka 52 mm, vilket kan påverka mätresultatet.



Med en luminansmeter kontrolleras både luminans och kontrast.



Eftersom luminansmestern oftast har 1° mätvinkel krävs flera mätpunkter för att beräkna medelluminansen inom de olika synfälten. Alternativt kan luminansmätare med större mätvinkel användas.



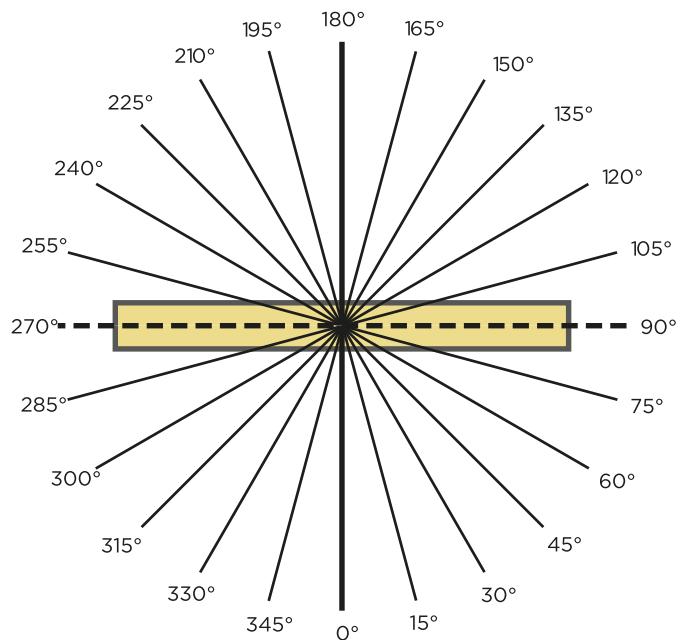
K = kontrasten i procent
 $L1$ = ljusare ytans luminans (cd/m^2)
 $L2$ = mörkare ytans luminans (cd/m^2)



R_k = kontrastreduktionen i procent
 K = uppmätt kontrast
 K_{max} = maximal kontrast

Ljusarmatur i plan

mätvinklar i c-planet radiellt runt armaturen



— tvärs ljuskällans längdaxel (0-180°)
 - - - längs ljuskällans längdaxel (90-270°)

MÄTNING AV KONTRASTER

Luminanskontrasten definieras som den relativa skillnaden mellan intilliggande ytor i synobjektet enligt formeln:

$$K = 100 \times (L1 - L2) / L1$$

Ett sätt att bedöma kontrasten är att studera kontrastreduktionen, det vill säga beräkna hur mycket kontrasten minskar i jämförelse med största möjliga kontrast. Kontrastreduktionen definieras med formeln:

$$R_k = 100 \times (1 - K / K_{\text{max}})$$

Det är alltså luminanskontrasten mellan armaturen och medelluminansen hos bakgrunden som beräknas. Du kan enkelt kontrollera förekomsten av kontrastreduktion genom att föra en spegel över arbetsområdet och studera om du ser någon starkt lysande yta, ljuskälla eller armatur i spegeln.

KONTROLL AV BLÄNDNING

Bländtal för obehagsbländning kan endast kontrolleras genom beräkning utifrån fotometriska data som armaturtillverkaren tillhandahåller samt de rums- och montageförutsättningar som gäller för belysningsanläggningen. De bländtal som finns angivna i tabellverket (i kapitel 9) avser medelbländtal för obehagsbländningen och ska beräknas enligt den tabulerade UGR-metoden (se avsnitt 7.2 *Analysera* under rubriken *Beräkning av obehagsbländning* på sidan 120).

KONTROLL AV REFLEXER

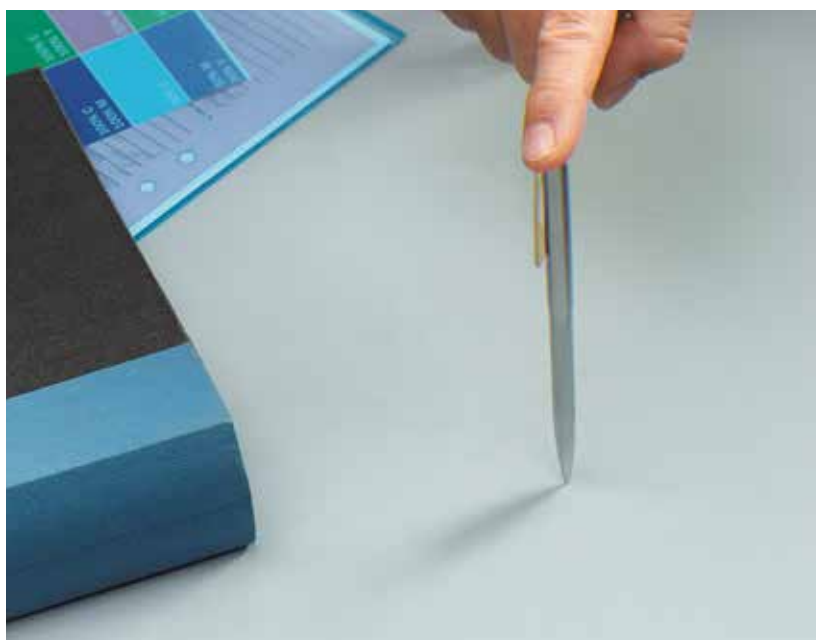
Starka ljuskällor och olämpligt placerade armaturer kan ge reflexer som i sin tur orsakar kontrastreduktion eller synnedsättande bländning som försvårar synarbetet. Reflexer kan också resultera i felaktiga arbetsställningar.

KONTROLL AV SKUGGBILDNING

Ljuset ska inte falla in mot arbetsplatsen så att kroppen, handen eller fasta föremål ger en störande slagskugga. Se mer under avsnittet *Modellering* på sidan 107. Du kan kontrollera skuggbildningen genom att placera en penna upprättstående på arbetsytan. En svag skugga bör då falla bort från betraktaren. Faller ingen skugga betyder det att pennan är diffust belyst, vilket i sin tur innebär att formuppfattningen och avståndsbedömningen försvåras.



Du kan kontrollera orsaken till reflexer genom att använda spegelmetoden, som beskrivs under *Mätning av kontraster* här intill.



Skuggan i det här pennprovet visar att arbetsbelysningen är rätt placerad, för läs- och skrivarbete, det vill säga ljuset kommer snett bakifrån.

KONTROLL AV FÄRGTEMPERATUR OCH FÄRGÅTERGIVNING

Ljus från olika ljuskällor återger rummets och föremålens färger på olika sätt. Kontrollera att ljuskällornas färgtemperatur framhäver lokalens karaktär på det sätt som är tänkt. Se också till att kravet på ljuskällornas färgåtergivning är uppfyllt.

VISUELL UTVÄRDERING

Ljusstrålningens inverkan på våra synupplevelser kan beskrivas med utgångspunkt från de sju begrepp som du kan läsa om i kapitel 2. *Visuella förhållanden*. Vart och ett av de sju visuella begreppen kan hänföras till specifika fysikaliska faktorer, som alltid har med ljusförhållandena i omgivningen att göra, men också med materialegenskaper som ljushet, färger och textur.

De fysikaliska faktorer som inverkar på våra synupplevelser går inte alltid att mäta med instrument, men du kan göra en bedömning genom att värdera flera olika mätvärden mot varandra. Fysikaliska faktorer som är mätbara med instrument kan göra sambanden mellan det visuella och det fysikaliska tydligare. Du kan göra en utvärdering av lokalens och arbetsplatsens visuella och fysikaliska förhållanden med utgångspunkt från listan här bredvid.

UTVÄRDERING ENERGIANVÄNDNING

Du bör följa upp och verifiera belysningens energianvändning. Kontrollera att rätt armaturer, ljuskällor och styrsystem är installerade samt styrsystemets funktion. Gör en dokumentation av LENI-tal för specifika utrymmen och byggnaden enligt anvisningar i kapitel 6. *Energiberäkning*. Energianvändningen kan även kontrolleras genom att den mäts kontinuerligt eller under en representativ period.

DOKUMENTATION AV BELYSNINGSKONTROLLEN

Alla utvärderingar bör dokumenteras i ett protokoll som följer anvisningarna i det här kapitlet. Protokollet bör innehålla information om utvärderingens omfattning, de fysiska förutsättningar som gällde vid mättilfället och den mätutrustning du har använt. Du ska redovisa uppmätta, beräknade och kontrollerade värden samt funktioners överensstämmelse med gällande krav eller de överenskommelser som gällt vid planeringen. Du bör också redovisa resultatet av den visuella utvärderingen och eventuella synpunkter från brukaren.

LJUSNIVÅ	
Visuella förhållanden • hur ljust eller mörkt i rummet det är	Fysikaliska förhållanden • rumsytornas reflektans • belysningsstyrka • luminansfördelning • ljusstrålningens färgtemperatur
LJUSFÖRDELNING	
Visuella förhållanden • var det är mörkare resp ljusare	Fysikaliska förhållanden • ljuskällornas placering och utformning • rumsytornas reflektans
SKUGGOR	
Visuella förhållanden • var de faller och deras karaktär	Fysikaliska förhållanden • ljuskällans lysande area (rymdvinkel) och avstånd i förhållande till skuggivande föremål • rummets ljusnivå • ljusstrålningens spektralfördelning
REFLEXER	
Visuella förhållanden • var de finns och deras karaktär	Fysikaliska förhållanden • ljuskällans lysande area • dess avstånd och riktning i förhållande till reflekterande yta • den reflekterande ytans glans och reflektans • ögats position
BLÄNDNING	
Visuella förhållanden • var den finns och hur märkbar den är	Fysikaliska förhållanden • den bländande ytans utbredning • dess läge i synfältet • omgivningens luminans • adaptationsluminans
LJUSFÄRG	
Visuella förhållanden • hur ljusets färgton uppfattas, varm/kall etc	Fysikaliska förhållanden • ljusets färgtemperatur • ljusnivå • ljusfördelning • bländning • färger på rumsytor och inredning
FÄRGER	
Visuella förhållanden • om de ser naturliga eller förvanskade ut	Fysikaliska förhållanden • färgens spektrala reflexions egenskaper • ljusets spektrala sammansättning • samverkan mellan olikfärgade ytor

