

Kunskapssammanställning 2019:2

Dagsljuskrav och utblick

på arbetsplatsen: Effekter på hälsa och beteende



ARBETSMILJÖ
VERKET



Kunskapssammanställning 2019:2

Dagsljuskrav och utblick på arbetsplatsen:

Effekter på hälsa och beteende

Arne Lowden

Stressforskningsinstitutet
Stockholms universitet

ISSN: 1650-3171
Omslagsfoto: Alamy
Grafisk formgivning: Matador kommunikation
Tryck: Danagård Litho 2019

Innehåll

Förord	7
Sammanfattning	8
Dagsljus är viktigt för hälsan	8
Mätmetoder och rekommendationer utvecklas hela tiden	8
Det behövs mer forskning om ljusets effekter.....	9
English summary	10
Förkortningar	13
Bakgrund	15
Frågeställningar	16
Inledning	17
Regler om ljus	17
Nya behov av föreskrifter	18
Dygnsrhythm och biologiska funktioner.....	19
Metod	20
Hälsa och dagsljus på arbetsplatser inomhus	21
Ljusexponering och psykisk ohälsa	21
Mekanismer för ljuspåverkan.....	23
Dagsljusexponering i samband med arbete och fritid	25
Dygnsrhythm.....	27
Kroppstemperatur och melatoninhalt visar dygnsrhythmen	27
Ljusets effekt på vakenhet	28
Ljusexponering olika tider på dygnet	29
Hur mycket ljus behöver vi?.....	30
Artificiellt dagsljus	31
Avstånd till fönster.....	31
Elektriskt kontra naturligt ljus	33
Försök med bara elektriskt ljus.....	35
Specifika frågeställningar från Arbetsmiljöverket	36

Förslag på inspektionsmetodik	49
Vägledning för inspektörer	49
Europeisk standard.....	50
Dagsljusfaktor.....	51
Fönsterarea	52
Circadisk styrka.....	52
För mycket direktstrålande ljus.....	53
Forskningsbehov.....	54
Slutsatser.....	57
Dagsljus har generellt positiv inverkan på människors hälsa	57
Dagens mått och mätmetoder har begränsningar.....	58
Det finns inga entydiga rekommendationer för dagsljusexponering på arbetsplatsen	59
Referenser	60
Bilaga 1. Nuvarande föreskrifter.....	70
Nuvarande föreskriftskrav gällande dagsljus i AFS 2009:2	70
Allmänna råd	70

Förord

Arbetsmiljöverket har publicerat en rad kunskapssammanställningar där välrenommerade forskare sammanfattar kunskapsläget inom olika områden. Alla kunskapssammanställningar kan laddas ner kostnadsfritt från Arbetsmiljöverkets webbplats (www.av.se). Där finns även filmer och presentationer från flera av de seminarier som Arbetsmiljöverket arrangerat i samband med presentation och publicering av kunskapssammanställningarna.

En vetenskaplig granskning av denna rapport har utförts av docent Per Nylén vid Arbetsmiljöverket. Det slutliga innehållet ansvarar dock författaren själv för. De åsikter som uttrycks i dessa kunskapssammanställningar är därmed författarnas egna och speglar inte nödvändigtvis Arbetsmiljöverkets uppfattning.

Projektledare för denna kunskapssammanställning vid Arbetsmiljöverket har varit Hannes Kantelius. Vi vill även tacka övriga kollegor vid Arbetsmiljöverket som varit behjälpliga i arbetet med kunskapssammanställningen.

Ann Ponton Klevestedt

Chef för enheten för statistik och analys
Arbetsmiljöverket

Sammanfattning

En modern livsstil med inomhusarbete och minskad utomhusvistelse ökar enligt flera forskningsresultat ohälsan i arbetslivet. En möjlig bidragande orsak är ljusbrist eftersom besvären ökar under den mörka årstiden.

Dagsljus är viktigt för hälsan

Dagsljus motverkar störningar i dygnsrytmen, förbättrar sömn, minskar sömnighet dagtid och förbättrar humöret. En tydlig ljus- och mörkerväxling påverkar produktionen av sömnhormonet melatonin som reglerar kroppens rytmicitet och cellernas arbete. Allt synligt ljus sänker hormonproduktionen, men dagsljusets blå våglängder (även vitt ljus) har större effekt på melatoninnivåerna än elektriskt ljus. Sveriges nordliga breddgrader ger dock mindre naturligt dagsljus och global instrålning från solen under höst och vinter, så elektriska ljusalternativ behövs även för dagarbete.

I teorin kan elektriska alternativ ge lika bra visuell prestation som dagsljus, förutsatt att bländskydd finns tillgängligt. Men i praktiken ser vi att elektrisk belysning inte alls håller samma kvalitet när det gäller vilka våglängder (färger) ljuset innehåller, belysningsstyrka och hur det varierar under dagen. De allra flesta arbetstagare föredrar också naturligt dagsljus från fönster framför elektriskt ljus. De som vistas nära ett fönster känner sig piggare, och utblicken ger information om tid på dygnet, väderlek och årstidens växlingar samt minskar känslan av instängdhet. Den psykologiska effekten är svår att påverka, men det finns heller ingen direkt vetenskaplig evidens för att fönster verkligen har positiv hälsoeffekt. Dagsljus bör dock prioriteras och elektriska alternativ erbjudas i andra hand. Om det inte finns fönster eller utblick i arbetshöjd ger indirekt dagsljus och tillgång till utblick på raster och vid måltidsuppehåll bättre upplevelse än om fönster saknas helt.

Mätmetoder och rekommendationer utvecklas hela tiden

Nuvarande värdering av dagsljusförhållanden har ansetts föråldrad. Dagens forskning förordar mätmetodik som närmare representerar biologiska effekter, bland annat mätning av cirkadisk (dygnsrytmisk) styrka (CS). En exponering om god CS i 2-4 timmar på förmiddagen är idealiskt om ljuset i huvudsak kommer via fönster. Föreslaget riktvärde för CS är minst 0,3 i minst 30 minuter på förmiddagen. Vid lunch före klockan 12:00 bör arbetstagare som vistas i låga CS-nivåer exponeras för en CS-nivå över 0,3 under lunchrasten. Om CS inte räcker till behöver man komplettera med elektrisk belysning. Mått på CS bör inbegripa ett värde fram till

lunch och total CS över arbetsdagen. Måtten som föreslås är framför allt anpassade för kontorsarbete, och de är svåra att tillämpa för personal som till exempel flyttar omkring i arbetet. Mätmetodiken med mått på CS behöver utvecklas för till exempel arbetsmiljöingenjörer.

Inspektörer bör beräkna genomsnittlig dagsljusfaktor (DF_G) snarare än att göra punktmätningar (DF_p). En beräkning av förhållandet mellan horisontellt värde på arbetsyta och vertikalt värde i blickriktningen tar hänsyn till bländningsrisken, och resultatet (så kallad VH Ratio) ger bättre information om den biologiska effekten av ljuset på arbetsplatsen än traditionell DF_p . I samband med detta bör Arbetsmiljöverkets inspektörer bedöma risken för direkt solinstrålning och kontrollera att det finns någon lämplig avskärmning. CS bör mätas förutsatt att det går att fastställa en praktisk mätmetod, troligtvis med hjälp av sensorer som mäter ljusförhållanden över tid och årstid.

Om arbetstagare riskerar att utveckla depressiva symtom under de mörka årstiderna bör arbetsgivaren erbjuda extra ljus som uppgår till minst 1 000 lux, förutsatt att det inte bländar eller irriterar ögat.

Det behövs mer forskning om ljusets effekter

Det finns ofta designbrister i vetenskapliga studier om ljusexponering och hälsoeffekter. Dessutom finns få studier som jämfört dagsljus med elektriskt ljus. En del forskare menar att vitt, kallt eller blåförförstärkt ljus gör människor piggare och mindre irriterbara samtidigt som ögonbesvär och huvudvärk minskar, jämfört med traditionell (gultonad) belysning vid dagarbete, men evidensen är mycket låg. Dessutom finns mycket låg evidens för orsakssamband mellan ljuspåverkan på arbetet och utveckling av psykisk ohälsa, speciellt depressiva besvär inklusive årstidsbunden depression. Det är framför allt longitudinella studier som saknas. Vidare finns låg evidens för att individuella ljusbehandlingar på arbetet kan förebygga mildare former av SAD och göra människor piggare. Dessa frågor är alltså relevanta för framtida forskningsinsatser. Det är även viktigt att studera ålderskillnader eftersom åldrandet markant reducerar effekten av olika ljusnivåer och därmed påverkar föreslagna riktvärden.

English summary

The Swedish Work Environment Authority has identified a need to initiate changes for regulations on day lighting at work. At present the regulation (AFS 2009:2, 9§) states that satisfying day lighting and view should be available at regular workstations. The present report summarizes the scientific associations between daylight exposure and health and reflects on future research needs. The discussion on future directions of regulations is guided through concrete questions. Scientific publications are reviewed after database searches of PubMed and Scopus. Predominantly search terms used were "daylight" + "health".

A modern life style, in-door work and reduced time spent out-doors contributes to reduce health in working life. Workers (54 percent males and 68 percent females) spend 1 hour or less out-doors in daylight in connection to work days. In autumn and winter periods of the total yearly global radiation from the sun amounts to 19 percent and spring and summer amounts to 81 percent. Daylight prevents circadian rhythm disturbances, promotes sleep, reduces daytime sleepiness and improves mood. Distinctive light/dark changes affect melatonin regulation bodily rhythms and cellular processes. In winter in-door workers receive about 2.8 hours of light supporting circadian adjustment and 3.9 hours in summer. Lack of light delays circadian rhythms as commonly observed during the dark season.

With very few exceptions, workers show preference for natural daylight through windows before electric alternative lighting solutions. Closeness to windows gives information of time of day, climate, seasonal change and reduce claustrophobia being viewed to promote health especially if view also contain natural elements. Therefore day lighting should be given priority and electric lighting second priority.

The scientific studies aiming to give advice on how much light is needed to maintain long-term health and how to promote circadian entrainment in day work often show weaknesses in design. Lack of randomisation to experimental and control conditions and difficulty to separate effects from electric and natural light represent problems. The evidence is very low that alertness increases, irritability is reduced, eye problems and headache is reduced by use of cold or full spectrum light compared to traditional (yellow) lighting in day work. Associations between light at work and development of mental health problems, and in particular seasonal affective disorder (SAD) show very low evidence. Especially longitudinal studies are lacking. There is low evidence that alertness increases and mild forms of SAD may be prevented by individual lighting solutions at work. It seems

important in future research to study age differences, as we are aware that the aging eye reacts differently by various light levels and suggested limits. Effects of light show stronger evidence in experimental designs.

The report presents results based on specified questions from the Work Environment Authority. When effects on circadian regulation by electric light and daylight are compared it is stated that all visible light is suppressing melatonin but that light containing blue wavelengths (also white light) is more effective. A difficulty at Northern latitudes is that the total yearly natural global radiation from the sun amounts to 19 percent in autumn and winter (spring and summer 81 percent). This shows that electric light alternatives are needed also in day work. Employers should offer employees at risk of developing depressive symptoms during the dark season light solutions that exceed 1 000 lux if not interfering with visual ergonomics.

There is no reason to expect electric alternatives in theory should be worse than daylight provided glare protection is at hand. A stronger illuminance give non-visual activation and increase of alertness that natural daylight provide but there is no reason not to expect electric lighting at strong levels give similar effects. Also non-visual effects on circadian regulation being maximized by daylight are dependent on spectral distribution, timing and length of exposure. But electric alternatives with daylight characteristics should in theory yield comparable effects. But for lighting solutions we observe that theory and practise markedly differ and electric alternatives lack quality in spectral composition, light intensity and dynamic pattern. The psychological effect of having a short distance to window and view is difficult to replace but the scientific evidence of health effects is difficult to show. In absence of windows and view, indirect natural lighting, view at breaks only is preferable as compared to a no window alternative.

Developmental trends show that in increased urbanisation planning of buildings, the evaluation of daylight influence has profound importance for day lighting at work. By use of computerized possibilities to simulate daylight it may be easier to implement in the building process. The care is further increased if day lighting is considered in the environmental certification of a building.

Present evaluation of daylight at work has been viewed as old fashioned. Research has clearly demonstrated the importance of temporal patterns in light exposure and health supporting measuring techniques that more closely represent biological effects. Researchers at the Lighting Research Center in New York advice to use measure circadian strength in light (CS). An exposure of 2-4 hours of CS in the morning is ideal if presented through windows. At insufficient CS electric alternatives should be present. But CS measuring techniques need to be developed to suit field measurements. A CS methodology is primarily based on vertical light measures at the eye level and direction of view of the worker.

The conclusions of the report on measuring methodology for inspectors give advice to use median day light factor (mDF) rather than the present single position measure. A calculation of the ratio between horizontal and vertical direction of view captures risk of glare and the ratio better reflects biological effects than traditional DF measured at one point. Contrasts beyond 0.33-3.0 seem unsuitable for work. A vertical maximum measure of 1,700 lux and 1,900-2,100 lux in the horizontal plan seem reasonable. In connection to light evaluations the inspector should demand control risks for glare disturbances from the sun and check for appropriate shading. We recommend measuring CS assuming a practical application can be found, likely one involving light sensors capturing light across time and seasons. The limit for CS is to provide at least 0.3 for 30 minutes in the morning. At lunchtime, before 12:00, the employer should provide at least $CS > 0.3$ for workers receiving low CS-values before lunch. Measures of CS should include a measure of CS before lunch as well as total CS across work hours. The presented limits and measures are adapted to office work and similar values and not suitable for workers with moving and flexible work positions.

Förkortningar

AFS - Arbetsmiljöverkets författningssamling

AV - Arbetsmiljöverket

CBDM - Climate-Based Data Modeling

CCT - Correlated Color Temperature, färgtemperatur uttryckt i Kelvin

cDA - continuous Daylight Autonomy, tröskelvärden för ljusexponering vid specifika arbetsuppgifter

CEN - European Committee for Standardization

CIE - Commission Internationale de l'Éclairage, Internationella belysningskommissionen

CRI - Color Rendering Index, jmf svenska Ra, färgåtergivning

CS - Circadian Stimulus, cirkadisk styrka

SCN - Suprachiasmatic Nucleus, suprachiasmatiska kärnan

DA - Daylight Autonomy, dagsljusautonomi

DAYSIM - Program för simulering av dagsljus

DGP - Daylight, Glare Probability, bländningsrisk

LED - Light Emitting Diode

DF_p - Dagsljusfaktor uppmätt för en punkt (P)

DF_G - Genomsnittligt (G) dagsljusfaktor, till exempel i en lokal

EH - Illuminans i horisontalplanet

EV - Illuminans i vertikalplanet

fMRI - Funktionell magnetresonanstomografi, en röntgenologisk metod

ipRGCs - intrinsic photosensitive Retinal Ganglion Cells, fotoreceptorer i retina

mDF - medelvärde för dagsljusfaktor (även benämnd DF_G)

SAD - Seasonal Affective Disorder, säsongsbunden depression

SBU - Statens beredning för medicinsk och social utvärdering

SBUF - Svenska Byggbranschens utvecklingsfond

SLOSH - Swedish Longitudinal Study of Health

UDI - Useful Daylight Illuminance, utveckling av DA
för att bland annat identifiera för hög belysningsstyrka

UGR - Unified Glare Rating, bländningsindex

VH ratio - relation mellan vertikal och horisontal mätning

Bakgrund

Arbetsmiljöverket har finansierat denna kunskapssammanställning om dagsljusets betydelse i samband med arbete inomhus. Detta sker i samband med att Arbetsmiljöverket uppdaterar sin föreskrift om arbetsplatsens utformning, AFS 2009:2. Dagsljuskravet i nuvarande 9 § och de allmänna råden till paragrafen finns i bilaga 1.

I en rapport skriven år 2017 från Folkhälsomyndigheten, "Hälsoeffekter av ljus inomhus", sammanställs relevant forskning inom ämnesområdet med undantag för exponering för ljus på arbetsplatser eftersom detta inte ingår i Folkhälsomyndighetens ansvarområde (Folkhälsomyndigheten, 2017). Den här kunskapssammanställningen är alltså ett viktigt komplement till Folkhälsomyndighetens rapport. Den vänder sig till aktörer i arbetslivet med intresse för hälsa och välbefinnande men också till myndigheter, inspektörer, ljusplanerare, arkitekter och byggare.

Arne Lowden, docent och sömn- och ljusforskare vid Stressforskningsinstitutet, Stockholms universitet, har författat texten i rapporten. För vissa specifika frågeställningar från Arbetsmiljöverket har externa expertsynpunkter inhämtats, och speciellt tack går till professor Mark Rea och professor Mariana Figueiro vid Lighting Research Center, Troy, New York.

Frågeställningar

Kunskapssammanställningen ska ge en generell sammanfattning av det vetenskapliga läget när det gäller dagsljusets betydelse för arbete inomhus. Fokus har lagts på det vetenskapliga underlaget för hälsoeffekter och positiva och negativa effekter på funktion och beteende. Även Arbetsmiljöverkets krav på utblick har i möjligaste mån behandlas i liknande hänseende i betydelse för hälsa. Arbetsmiljöverket har tagit fram ett antal konkreta frågeställningar som finns listade i avsnitt "Specifika frågeställningar från Arbetsmiljöverket". Önskemålet var att dessa frågor ska besvaras och kommenteras i de fall det finns tillräcklig relevant forskning.

Inledning

Det moderna 24-timmarsamhället och förhållanden inom arbetssektorn kommer ofta i konflikt med biologiska grundprinciper och ljuspåverkan. Arbetsmiljöverkets föreskrift (AFS 2009:2, 9 §, se bilaga 1) anger att det i stadigvarande arbetsplatser normalt ska finnas tillfredställande dagsljus och möjlighet till utblick. Kraven på dagsljus i dessa föreskrifter behöver dock uppdateras, och i denna kunskapssammanställning redogör vi för det vetenskapliga underlaget för kopplingen mellan dagsljusexponering och hälsa samt identifierar forskningsbehov.

Initialt redovisas ljusets icke-visuella påverkan på biologi, beteende och hälsa. Till den icke-visuella påverkan räknas synligt ljus som påverkar våra ljusceller i ögat men som inte påverkar våra synintryck. Därefter presenteras forskning om hur människor påverkas av ljus, betydelsen av utblick och avstånd till fönster, betydelsen av årstid och skillnaden mellan dagsljus och elektriskt ljus. Arbetsmiljöverket har ställt ett antal specificerade frågeställningar för att bedöma dagsljuset på arbetsplatser, och de diskuteras. Även mätmetodik för ljusbestämning diskuteras liksom möjliga utvecklingsriktningar.

Regler om ljus

Rekommendationer för ljustillgång baseras på att ljus bestämmer hur vi uppfattar vår omgivning och om vi kan utföra vårt arbete på ett tillfredställande sätt. I nuvarande föreskrift (AFS 2009:2, 9 §, se bilaga 1) anges att det vid stadigvarande arbetsplatser normalt ska finnas tillfredställande dagsljus och möjlighet till utblick. Skrivningen baseras på att dagsljus anses positivt för hälsan, stimulerar dygns- och årsrytmer, orientering i tid och rum och bidrar till att vi uppfattar rummets naturliga karaktär med skiftningar i färg och form. Utblick är också en viktig kvalitet eftersom den ger information om orientering och väderlek samt ger omväxling och minskar känslan av instängdhet.

Ofta avgör byggprocessen och Boverkets dagsljusreglering hur mycket dagsljus som finns i arbetslokaler. Krav på dagsljus vid nybyggnation och ändring finns i Boverkets byggregler (Boverket 2014) men allmänt gäller att byggnader "ska utformas så att tillfredsställande ljusförhållanden är möjliga att uppnå, utan att skaderisker och olägenheter för människors hälsa uppstår". Så här står det om dagsljus: "Rum eller avskiljbara delar av rum där människor vistas mer än tillfälligt ska utformas och orienteras så att god tillgång till direkt dagsljus är möjlig, om detta inte är orimligt med hänsyn till rummets avsedda användning". Ljusförhållanden är tillfredsställande när man uppnår tillräcklig belysningsstyrka och rätt ljushet (luminans) men oftast brukar en (1) procent för en beräknad dagsljusfaktor räknas som tillfredställande (det vill säga att en hundradel

av belysningsstyrkan utomhus tar sig in i ett rum). Även solljus nämns i byggreglerna: "I bostäder ska något rum eller någon avskiljbar del av rummet där människor vistas mer än tillfälligt ha tillgång till direkt solljus." För utblickens skull bör inte dagsljuskälla enbart utgöras av takfönster utan fönster ska ge möjlighet att "följa dygnets och årstidernas variationer". För inomhusmiljön i befintliga bostadshus gäller förordningen (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd där det bland annat står så här: "I syfte att hindra uppkomst av olägenhet för människors hälsa skall en bostad särskilt (...) medge tillräckligt dagsljus."

Miljöbalken (MB) anger samtidigt att ljus är en möjlig källa till olägenhet för hälsan och att ljus kan klassas som miljöfarligt. I MB 9 kap. 1 § står följande: "Med miljöfarlig verksamhet avses: 3. användning av mark, byggnader eller anläggningar på ett sätt som kan medföra olägenhet för omgivningen genom (...) ljus (...) eller annat liknande." Med olägenhet av ljus avses dock här störningar av ljus från till exempel reklamskyltar och liknande.

Dagsljusnivåer på arbetsplatser i Sverige är ofta lägre än 0,5 procent, vilket är under rekommendationen på 1 procent i dagsljusfaktor. Men Arbetsmiljöverket kan inte under projektering och byggnation av dessa arbetsplatser varken underkänna eller godkänna en arbetsplats men kan i efterhand ställa rimliga krav. Det betyder att man till exempel kan ge råd om att anställda på en arbetsplats med ljusbrist bör erbjudas dagsljus och utblick på raster och måltidsuppehåll.

Nya behov av föreskrifter

Det finns flera skäl till att se över Arbetsmiljöverkets föreskrifter om dagsljus. Bland annat är den nuvarande inspektionen och bedömningen av ljus på arbetsplatsen lite föråldrad eftersom det finns nya och mer individcentrerade metoder. Dessutom finns trender i byggprocessen med betoning på energieffektivitet och ytmaximering, vilket reducerar dagsljusintaget, till exempel genom att bygga hus med mindre fönster. Likaså vistas befolkningen allt mer inomhus och blir mer beroende av elektriskt ljus, vilket är skadligt för folkhälsan. Den främsta risken är störningar av dygnsrytmen, vilket försämrar återhämtande sömn, ökar symtom på depression och ökar dagtidströtthet. Detta leder i sin tur till större risk för olyckor och reducerad uppmärksamhet. Därmed ökar betydelsen av ljusförhållanden på arbetsplatsen eftersom de flesta arbetar under dygnets ljusa timmar. Samtidigt finns ny teknik som gör det möjligt att digitalisera, styra och implementera en mer dagsljuslik belysning som har större biologisk påverkan. Forskningen har under senare år gett ny förståelse för människans beroende av ljus för att upprätthålla god hälsa, vilket speciellt uppmärksammas i rapporten.

Dygnsrytm och biologiska funktioner

Människans fysiologi och beteende är anpassat till en ljus- och mörkerväxling om 24 timmar och till olika dagslängd över året. För att kroppsliga funktioner ska kunna regleras har organ i kroppen en rytmicitet på omkring 24 timmar, därav beteckningen cirkadisk rytm (cirka en dag). Denna endogena (inifrånkommande) rytm regleras genetiskt och har en grundrytm som styrs oberoende av omgivningen och som bland annat har beskrivits av Nobelpristagaren i medicin 2017 (Nobelstiftelsen 2017). För att kroppsliga organ inte ska komma i ofas behövs en central klocka vilken är belägen i mellanhjärnan (SCN, supraschiasmatiska kärnan, även kallad sätet för den "biologiska klockan"). Den centrala klockan synkroniserar perifera klockor i organen och ger kroppen information och anpassning till soldygnet. Hos däggdjur sker anpassningen via ljusreceptorer i ögats näthinna vars nervtrådändar sträcker sig via synnerven till SCN och andra hjärncentrum. SCN signalerar vidare till tallkottkörteln som producerar hormonet melatonin, ett dygnsrytmreglerande hormon. Melatonin sprids via blodbanan till kroppens alla celler som via melatoninreceptorer kan få endogena rytmer att anpassa sig till soldygnet. Melatonin har därmed en central betydelse för reglering av biologiska rytmer.

Människan är genetiskt programmerad till att vara dagtidsorienterad för att maximera sin kognitiva och fysiologiska förmåga på dagarna, med en hög energimobilisering, medan cellreparation, tillväxt och återhämtning når sin topp nattetid. Mekanismerna för reglering av cirkadisk biologi har utvecklats till ett dynamiskt och snabbt växande forskningsfält, med stor betydelse för vår hälsa (Nobelstiftelsen 2017).

Metod

Rapporten redovisar resultat av studier som undersökt hälsoeffekter av dagsljus samt de forskningsbehov som fortfarande finns. Här redovisas enbart effekter av synligt ljus, inklusive icke-visuella effekter, det vill säga den del av det elektromagnetiska frekvensområdet som omfattar 380–780 nm. Så kallad ultraviolett strålning är det ljus som vanligtvis inte når genom fönsterglas, och det behandlas inte i rapporten. Det gör inte heller den elektromagnetiska strålning som också innefattar infraröd strålning.

Litteraturen inom området ljus och hälsa spänner över många discipliner såsom psykologi, arkitektur, meteorologi, biologi, medicin och fysiologi och har täckts med sökningar på PubMed och framför allt Scopus. Sökordet "daylight" gav i februari 2018 totalt 15 648 träffar. Även "natural light" har använts (71 245 träffar). I avgränsande syfte har sökordet "daylight" begränsats till att enbart inkludera studier som också ger träffar på "health" (617 träffar). Den senare dokumentgruppen kunde särskilja studier som också innehöll sökordet "work" (106 träffar). Liknande sökningar för undergrupper av "daylight" innehåller sökorden "daylight factor"+ "health" (36 träffar) och "wellbeing" (106 träffar). För de delar av rapporten som behandlar vistelsemiljö och utblick har sökordet "daylight" ersatts med "window" och "view". Studier i boendemiljö, i skolor och inom vård och omsorg, har beskrivits i en rapport från Folkhälsomyndigheten och ingår därför ingår inte i denna rapport (Folkhälsomyndigheten, 2017).

Referenslistor i översiktsartiklar inom ett visst område har använts för att fånga upp arbeten som ansetts betydelsefulla för rapportens syfte men som inte kommit med i sökningar på Scopus. En del svenska rapporter, böcker och avhandlingar har inkluderats trots att de inte listats på Scopus. I övrigt ingår enbart studier på engelska. Litteraturgenomgången omfattar inte studier som specifikt har undersökt effekt på olyckor eller effekt av arbete på udda tider såsom skiftarbete.

Hälsa och dagsljus på arbetsplatser inomhus

Det finns oro för att ljussättning på arbetsplatsen kan vara ohälsosam, och utgångspunkten är människan evolutionära utveckling och nära kontakt med dygnets sol- och mörkerväxlingar (Iglesia et al., 2015). I det moderna samhället har vi blivit allt mer beroende av elektriskt ljus som inte efterliknar dagsljus, men fortfarande är dagsljuset den miljöfaktor som har störst påverkan på dygnsrytm, vakenhet, sömn och humör – alltså hälsan och välbefinnandet. I industrialiserade länder uppskattas att 84 procent av den arbetande befolkningen arbetar inomhus mer än 90 procent av dagen (Schweizer et al., 2007).

Ljusexponering och psykisk ohälsa

Den svenska studien Swedish Longitudinal Study of Health (SLOSH, Hanson et al. 2018) följer förändringar i arbetslivet, arbetsmiljö, stress och välbefinnande. SLOSH är riktad till anställda män och kvinnor i olika arbetsmarknadssektorer och yrken, och vartannat år får ett urval en postenkät att svara på. År 2014 ställdes frågor om ljusexponering i samband med arbete och lediga dagar, och 50 procent av de inomhusarbetande angav att de i samband med höst och vinter kände av mer problem med trötthet, energibrist och försämrat humör. Av dessa hade 24 procent markanta eller allvarliga problem. Ytterligare 9 procent angav att problemen finns där året om och 40 procent att de inte känner av årstidsskillnader. Preliminära analyser av hela gruppen visar att kortare dagsljusexponering har ett signifikant samband med sömnproblem och högre depressionspoäng. Årstidsbunden depression (SAD – Seasonal Affective Disorder) är en vanlig diagnos i Norden, och man räknar med att förekomsten är 2,2 procent bland kvinnor och 1,5 procent bland män (Chotai, Smedh, Johansson, Nilsson, & Adolfsson, 2004). Den mildare formen Sub-SAD är vanligare (6,7 procent kvinnor; 4,5 procent män). Sammanfattningsvis indikerar dessa data att psykiska problem framför allt förknippas med de mörka årstiderna höst och vinter och att ljusförhållanden troligtvis spelar en aktiv roll. Sverige uppvisar stor säsongsvariation till skillnad mot länder kring ekvatorn, och den skattade psykiska ohälsan ökar under den mörka säsongen vid inomhusarbete och förbättras under ljusa årstider (Küller, Ballal, Laike, & Mikellides, 2007).

Orsakerna till de mentala problemen söks oftast i psykosociala faktorer i arbetet (Stansfeld & Candy, 2006), men på senare år har dagsljuset börjat diskuteras i dessa sammanhang (Roenneberg & Merrow, 2016). Betydelsen av dagsljusintaget och dess påverkan på humör, sömn och vakenhet har beskrivits i tidigare forskning, till exempel i jämförelser mellan inom- och utomhusarbete (Dumont & Beaulieu, 2007), forskning om skiftarbete (Lowden & Åkerstedt, 2012), forskning om extrema förhållanden (vid Sydpolen; Arendt 2012) och forskning om vistelser i rymden (Samel & Gander, 1995). Det finns en tvärsnittsstudie av 13 296 anställda inom transportsektorn i Frankrike, och där var det ungefär en tredjedel som inte nåddes av dagsljus under sina arbetsdagar (till exempel tunnelbaneförare, Leger et al. 2011). Den gruppen hade också högre förekomst av flera hälsosymtom såsom dagtidströtthet och sömnproblem, jämfört med populationsdata för Frankrike. I en studie från Finland blev cirka 7 000 anställda intervjuade och forskarna fann ett samband mellan allvarliga psykiska besvär och inomhusljusets styrka (Grimaldi, Partonen, Saarni, & Aromaa, 2008). Scheuermaier och kollegor (Scheuermaier, Laffan, & Duffy, 2010) konstaterade att yngre spenderar mindre tid utomhus än äldre, vilket visar att inte bara latitud och årstid spelar roll utan att också sociala faktorer och arbetsförhållanden påverkar ljusintag och utomhusvistelse. Ljus kan även användas i behandlingsstrategier i form av ljusterapi, och har framför allt prövats för årstidsbunden depression (elektriskt ljus, Rastad, Ulfberg, and Lindberg 2008; Rastad, Ulfberg, and Lindberg 2011). I interventioner har dagsljus visat sig främja kognitiv prestation, humör och pigghet (Kaida et al. 2006; Kaida, Takahashi, and Otsuka 2007).

Man kan betrakta ljuspåverkan ur ett salutogent perspektiv, där ljusexponering förebygger uppkomsten av psykisk ohälsa i arbetslivet hos friska individer genom att motverka dygnsrytmiska störningar som ger vakenhets- och sömnproblem. Ljusexponering aktiverar också arousalsystemet (kroppens aktiverings- eller stresssystem) under vakenhet och gör att människor känner sig piggare och på bättre humör genom bland annat att behandlingen dämpar melatoninpåslag dagtid. En studie i Norge visar att ökad tillgång till dagsljus sänker sjukfrånvaron och påskyndar återgången till arbetet (Markussen & Røed, 2015). Effekterna var framför allt kopplade till varierad tillgång till dagsljus beroende på årstid. I en studie prövades om dagsljusexponering predicerade utbrändhet hos en grupp turkiska sjuksköterskor (n = 141). I studien fanns ingen direkt koppling till burnout men däremot till att arbetstrivseln ökade och stressen minskade om sköterskornas exponering för dagsljus översteg 3 timmar per dag (Alimoglu & Donmez, 2005).

Mekanismer för ljuspåverkan

Mekanismerna för hur psykisk ohälsa utvecklas och hur hjärnan påverkas av ljus har först nyligen börjat kunna förklaras och påverkan följer flera olika vägar. Signalvägarna har beskrivits utifrån försök på möss, men intressant nog delar människa och djur till stor del dessa neurofysiologiska mekanismer i mellanhjärnan. Olika ljus- och mörkerscheman som används i djurmodeller uppvisar likvärdiga effekter på dygnsrytm som när motsvarande scheman testas på människa (Radetsky et al., 2017), så resultat från djurförsök är ofta överförbara på människor. Nedan beskrivs i korthet olika mekanismer som också påverkar hälsa, återhämtning och välbefinnande.

I början av 90-talet upptäcktes att de specifika ljusreceptorer (ipRGCs – intrinsically photosensitive retinal ganglion cells) som finns i ögats retina direkt signalerar ljusförhållanden till hjärnan. Dessa typer av celler eller ljusreceptorer kallas även för "den tredje receptorn" i populärvetenskap och i fackpress. Receptorerna är speciellt känsliga för blått ljus, så dagsljus (som innehåller en hög andel blå våglängder) ger betydligt tydligare signaler till hjärnan än det traditionellt gultonade elektriska ljuset. Denna signalväg är den primära för att reglera dygnsrytmen (jämför sociala mönster och måltidsmönster), och den ger hjärnan nödvändig kunskap om tiden på dygnet.

Melatoninproduktionen i tallkottkörteln är ett direkt resultat av ljuspåverkan. De system som främst berörs av melatonin är sömn- och vakenhetsrytmen, aktivitet i lever och njure samt hormonsystem och metabolism. Ohälsa uppstår framför allt när sömnen kommer i ofas med arbetstider, och symtomen är vanliga hos personer som arbetar skift eller vänder på dygnet av någon annan anledning. Problematiken liknar den vid kontinentala resor (jetlag), och symtomen kallas ibland för social jetlag (Foster & Kreitzman, 2014). Man kan jämföra en social jetlag med effekten av milda former av skiftarbete där sovtiderna på arbetsdagar skiljer sig från sovtiderna på lediga dagar. Social jetlag brukar beräknas som skillnaden mellan sömnens mittpunkt (exempelvis kl. 03) vardag jämfört med helg (exempelvis kl. 05; social jetlag = 05-03 = 2 timmar) Normalt ställer de som arbetar dagtid en väckarklocka för att stiga upp på arbetsdagarna, och det leder till en kronisk sömnbrist. Enligt epidemiologiska data är det bara 13 procent av den dagtidsgående befolkningen som inte har social jetlag (Roenneberg & Mellow, 2016). Vid kroniska tillstånd kan sömnbristen i sig leda till depression och stress samt inlärnings- och minnesproblem. Även symtom som förknippas med säsongsbetingad depression brukar härledas till denna typ av dygnsrytmisk belastning. I en kohort av drygt 815 engelska icke-skiftarbetande personer mättes metabola parametrar. Bland dem med social jetlag fanns fler med metabol ohälsa (fetma) och pågående inflammatorisk respons (Parsons et al., 2015). I epidemiologiska analyser ökar oddsen för övervikt med 33 procent för varje ökad timme med social jetlag.

Även de övriga receptorerna i retina, stavar och tappar, kan direkt signalera till mellanhjärnan för att påverka sätet för arousalsystemet (stresssystemet), emotioner och mental funktionsförmåga (LeGates, Fernandez, & Hattar, 2014). Direktsignaleringen till mellanhjärnan förklarar varför vi blir pigga och aktiverade av starkt ljus. En onaturlig ljus- och mörkerrytm påverkar emotioner ogynnsamt, och möss som utsätts för detta uppvisar tydliga tecken på depression och sämre inlärning i spatials test. Hippocampus/ amygdala i mellanhjärnan får vid ogynnsamma förhållanden höga stresspåslag (kortisol), vilket förhindrar goda prestationer, cellers tillväxt och reparation. Påverkan framkallar depressiva symtom och energibrist men samtidigt kan dygnsrytmen förefalla opåverkad liksom sömnmönster.

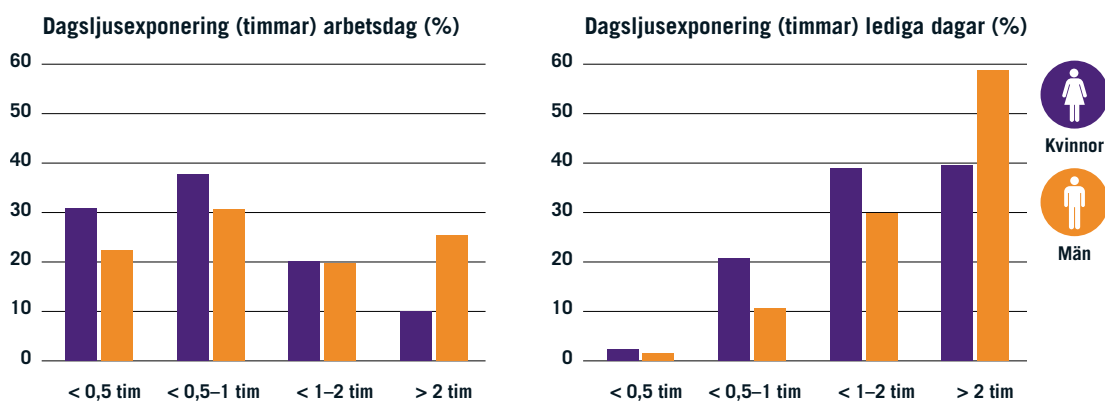
När huden exponeras för solljus bildas enzym av nitratoxid (NO) vilket bland annat påverkar hudpigmentering. Men även hjärnan nås av enzymet och det tycks påverka hjärnans modulation och utveckling. Det är möjligt att NO medverkar i relationen mellan ljus och humör (Juzeniene et al., 2011).

Naturliga variationer förekommer mellan människor i känslighet för ljus. En del av känsligheten ligger troligtvis i genetiska varianter som utvecklats beroende på vilken latitud som människan vistats på i årtusenden. I befolkningen i norra Sverige är prevalensen för SAD 2,2 procent och sub-SAD 5,7 procent (Chotai et al., 2004). Annan känslighet kan utvecklas beroende på olika ljusförhållanden under fosterstadiet och de första levnadsveckorna där genetiska särdrag manifesteras genom miljöpåverkan (Potter et al., 2016). En välkänd individfaktor är kronotyp, vilken beskriver individens grad av morgonpigghet och kvällspigghet (Roenneberg, Wirz-justice, & Mellow, 2003). Faktorn beskriver också ett personlighetsdrag med preferens för att utföra aktiviteter på olika tider av dygnet (tid för sömn, matintag, motion och så vidare). Data från olika vistelsemiljöer visar att kvällspigga i en urban miljö får en starkare dragning åt morgonpigghet och förändring när de utsätts för naturligt dagsljus, jämfört med de morgonpigga (Wright et al., 2013). Detta visar att kvällspigga troligtvis är mer hjälpta av ökad dagsljusexponering på arbetet.

Dagsljusexponering i samband med arbete och fritid

I SLOSH-materialet ställdes frågor om dagsljusintag på arbetsdagar och lediga dagar, avstånd till fönster på arbetet och hälsobesvär under den mörka årstiden (Hanson et al., 2018). De flesta arbetstagare arbetar inomhus med begränsat dagsljusintag. I SLOSH 2014 svarade 53 procent av männen (n = 6 523) och 68 procent av kvinnorna (n = 8 565) att de vistades 1 timme eller mindre utomhus i dagsljus på arbetsdagar, se figur 1. Motsvarande andel för dagsljusintaget på lediga dagar var 12 procent för män och 23 procent för kvinnor.

Figur 1. Utomhusvistelse i dagsljus på arbetsdagar (vänster) och lediga dagar (höger). Opublicerade SLOSH-data.



En del svarspersoner var med i två mätningar, 2012 och 2014, och bland dem minskade dagsljusintaget signifikant med 6 procent på arbetsdagar och för lediga dagar var minskningen 5 procent mellan dessa två mättillfällen.

För att bättre beskriva nordiska förhållanden genomfördes åren 2012–2013 en fältstudie av Daugaard Pedersen och kolleger vid Århus universitet (Daugaard Pedersen, 2017), och det är den hittills största fältstudien av ljusförhållanden bland arbetande. Tabell 1 nedan visar den ljusexponering som uppmättes med portabel ljusmätare som deltagarna bar på överarmen vid inomhusarbete (totalt mättes 4–5 dagar per deltagare).

Tabell 1. Ljusexponering för kontorsarbete i Danmark under sommarhalvår och vinterhalvår, n = 170, uppmätt med ljusmätare på förmiddag respektive eftermiddag (Daugaard Pedersen, 2017).

Exponering/ tidpunkt	Sommar Arbete/ minuter	Sommar Ledig dag/ minuter	Vinter Arbete/ minuter	Vinter Ledig dag/ minuter
> 80 lux 06.00-12.00	237	166	168	125
> 80 lux 12.00-18.00	285	273	180	137
> 1 000 lux 06.00-12.00	22	28	2	17
> 1 000 lux 12.00-18.00	75	98	11	20
>2 500 lux 06.00-12.00	5	14	0	3
> 2 500 lux 12.00-18.00	40	58	1	4

Nivåerna för ljusexponering i tabell 1 används ofta i studier då biologisk effekt på dygnsrytmställningen kräver 80 lux. Ofta är 1 000 lux cut-off-nivå för att få den exponeringstid som motsvarar utomhusvistelse i dagsljus, och 2 500 lux används som belysningsnivå för behandling av årstidsbunden depression (SAD). Inomhusarbete under vintern ger normalt inte tillräckligt med ljus för att få en terapeutisk effekt mot SAD. För utomhusarbete som också inkluderades i studien var bilden mer gynnsam eftersom deltagarna fick 40 minuter över 2 500 lux. Vintertid fick de 13 minuter med över 1 000 lux, vilket motsvarar dagsljusexponering. Båda årstider gav alltså tillräcklig ljusexponering för att påverka dygnsrytmställning (under arbetsdagar uppnådde de nivåer över 80 lux i totalt 522 minuter på sommaren och lite drygt hälften vintertid, med 248 minuter).

I den vetenskapliga litteraturen har ljusexponering uppmätts i flera fältstudier, för en översikt se Daugaard Pedersen 2017. Studierna visar att ljusexponeringen hos inomhusarbetande konsekvent är lägre i samband med arbetsdagar och högre på lediga dagar (Smolders, de Kort, & Cluitmans, 2012), (Crowley, Molina, & Burgess, 2015), (Koller et al., 1994) (Heil & Mathis, 2002), (Savides, Messin, Senger, & Kripke, 1986), (Hubalek, Schierz, & Brink, 2010). För inomhusarbete rapporterades ett medelvärde på 120–308 lux, och antalet minuter över 1 000 lux var 36–130 minuter under sommaren och 26–73 minuter vintertid. Studierna är dock genomförda på sydligare breddgrader (< 51 grader Nord) än Sverige som sträcker sig över 55–69 grader Nord. Studierna visar vidare att individuella skillnader är vanligt förekommande och att ljusförhållandena i samband med arbetsdagar är mer stabila än ljusexponeringen under lediga dagar.

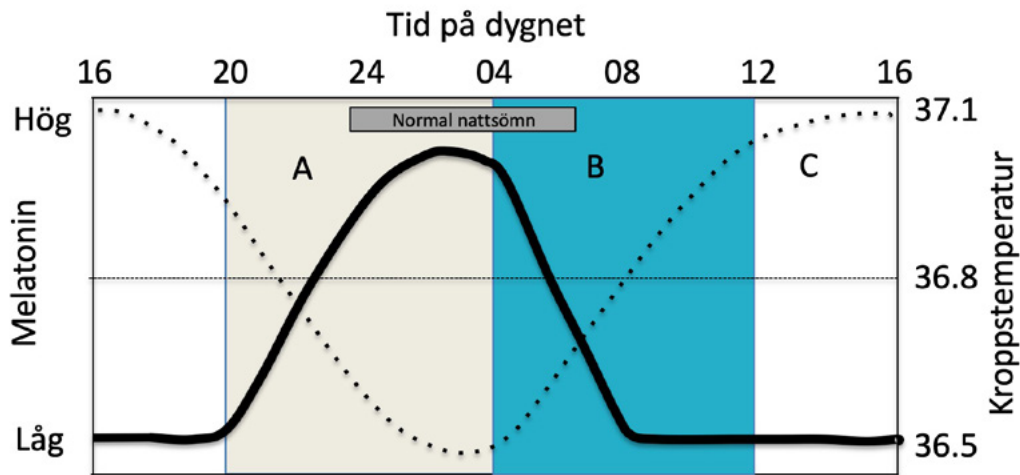
I en jämförelse studerades 12 sjuksköterskor i New York, USA, som slumpades att arbeta vid arbetsbord med eller utan dagsljusintag (Zadeh, Shepley, Williams, Sung, & Chung, 2014). Resultatet visade att det systoliska och diastoliska blodtrycket var lägre vid arbetsstationer med fönster vid mättillfällena klockan 10:00, 12:00 och 14:00. Dessutom var syremättnaden omkring 0,5 procent lägre och kroppstemperaturen högre. Vidare hade deltagarna vid dessa bord märkbart fler kommunikationstillfällen och de skrattade oftare. Sömnigheten var mindre bland dem som arbetade vid ett fönster, speciellt på morgonen. Forskargruppen frågade i en senare studie sjukvårdsanställda vilka strategier som skulle kunna vara användbara för att öka vakenheten på arbetet, och de flesta anställda betonade betydelsen av dagsljus (Zadeh, Shepley, Sadatsafavi, Owora, & Krieger, 2017).

Dygnsrytm

Kroppstemperatur och melatoninhalten visar dygnsrytmen

De flesta organ och biologiska processer regleras dygnsrytmiskt oberoende av varandra. Men för att anpassas till sol- och mörkerdygnet måste dessa klockor samordnas för att inte komma ur fas. Detta styrs av huvudklockan i hjärnan vars uppgift är att samordna kroppsklockorna. Ljuset är den främsta tidgivaren som ser till att vi får återhämtning (sömn) under dygnets mörka timmar och aktivering när det är ljust. Individer som inte har någon känslighet för ljus (till exempel vid vissa former av blindhet) får därför stora problem med att anpassa sin dygnsrytm till omvärlden. För att bestämma dygnsrytmen används ibland kroppstemperatur. När kroppstemperaturen når sitt bottenläge under dygnet, normalt cirka 2 timmar före ett spontant uppvaknande efter nattsömn, startar den biologiska dagen och avslutas den biologiska natten. Denna tidpunkt eller fas i dygnsrytmen varierar mellan individer men tidpunkten för det spontana uppvaknandet kan ge en indikation på hur rytmen är förlagd. Ett annat vanligt mått på dygnsrytmens inställning och fas är melatoninhalten i blod eller saliv och bestämma tidpunkten för påslag av melatonin under kvällen.

Figur 2. Dygnskurva för melatonin = fylld linje och kroppstemperatur (KT) = punktlinje.



Ljus som ges efter klockan 04 (B) ger en tidigareläggning av rytmen (när KT ökar) och dämpar melatoninhalten. Ljus på kväll och natt (klockan 20–04) ger en senareläggning av rytmen (A, när KT minskar) och senarelägger melatoninuppgången. Liten fasförskjutning ges klockan 12–20 (C) men piggheten ökar fortfarande av ljus (fortsatt dämpning av melatonin) och förstärker befintlig rytm. Grafisk utformning av författaren.

Ljus som biologisk tidgivare kan antingen senare- eller tidigarelägga dygnsrytmen. Figur 2 visar variationen i kroppstemperatur och melatoninhalt över dygnet. Rytmen senareläggs (period A i figur 2) när ljus presenteras då kroppstemperaturen befinner sig i sin nedåtgående fas, mellan sen eftermiddag och fram till sen natt (i figuren visar streckad linje kroppstemperaturen) (Khalsa, Jewett, Cajochen, & Czeisler, 2003). Vi blir då mer kvällspigga och bottenläget i kroppstemperatur förskjuts till senare på morgonen påföljande dygn. Dygnsrytmen tidigareläggs i stället om ljus presenteras när kroppstemperaturen ökar, under sen natt fram till förmiddag (period B i figur 2). Vi blir då morgonpigga och kroppstemperaturens bottenläge inträffar tidigare på natten under nästa dygn. Ljusexponering mitt på dagen (period C) förstärker den befintliga dygnsrytmen (Mardaljevic, Christoffersen, & Raynham, 2013). Ljusexponering dagtid förhindrar också till viss del att ljusexponering på kvällstid senarelägger rytmen (Rångtall et al., 2016).

Ljusets effekt på vakenhet

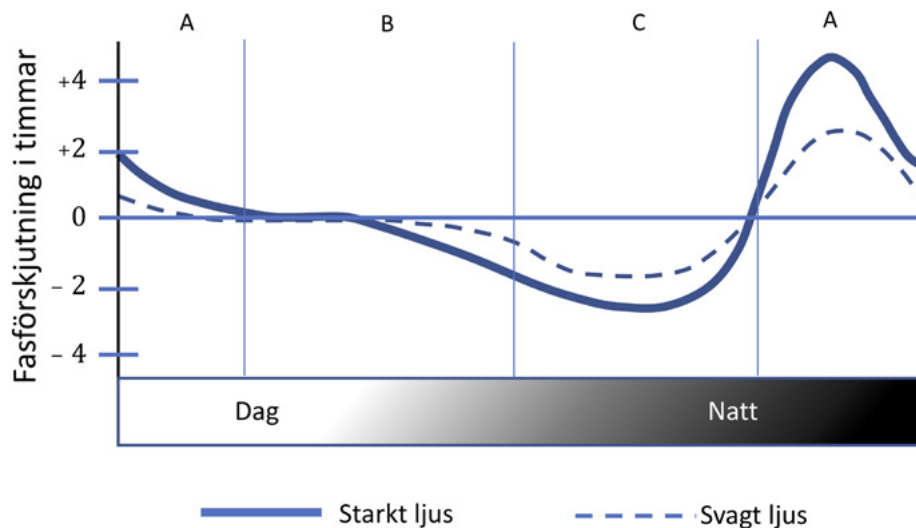
Ljus har signifikanta direkta effekter på pigghet och aktivering. Effekten maximeras om ljusintensiteten ökar från mörker till närmare 10 000 lux (en ljus dag) (Cajochen, Zeitzer, Czeisler, & Dijk, 2000). När ljusintensiteten är omkring 90–180 lux blir den vakenhetshöjande effekten hälften av

den maximala för en ljus dag. Effekterna är tämligen direkta och ses inom några minuter när exponeringen har startat. Vakenhetsgraden mäts oftast med subjektiva skattningsskalor och med objektiva mått kan de vakenhetshöjande effekterna visas samband med dämpad melatoninhalt. För andra objektiva mått som hjärnaktivitet, ses framför allt en minskning i EEG-frekvenser om 5–9 Hz, som motsvarar frekvenser som återfinns under lätt sömn. Piggheit har avgörande betydelse för mental prestationsförmåga och brukar förknippas med minskad olycksrisk, men den som känner sig pigg skattar också sin hälsa som bättre än den som känner sig trött (Åkerstedt et al. 2007). De vakenhetshöjande effekterna av dagsljus ökar alltså välbefinnandet och trivselen (hälsa) och kan få god effekt på arbetsprestationen. I ett försök med dagtidsarbete i fönsterlösa rum minskade sömnigheten signifikant om deltagarna fick vistas vid ett fönster under en halvtimme vid lunchtid (1 000–4 000 lux) (Kaida et al., 2006).

Ljusexponering olika tider på dygnet

Man kan fråga sig vilket ljus som är viktigast under dagen. Svaret finns delvis i figur 2, men för bättre förståelse bör vi dessutom beakta figur 3. I den beskrivs hur många timmar fasen i dygnsrytm ruckas beroende på när på dygnet man exponeras för ljus och hur stark ljuspåverkan är.

Figur 3. Fas-responskurva för ljuspåverkan.



Grafen visar hur ljusexponering under olika tider på dygnet (x-axeln) påverkar hur många timmar (y-axeln) dygnsrytmens fas förskjuts mot en tidigareläggning (+) eller senareläggning (-). Graden av påverkan på fas i dygnsrytm varierar beroende på ljusets styrka. Ljus under period A tidigarelägger rytmen, medan ljus under period B inte påverkar fasen och exponering under period C senarelägger fasen (jämför figur 2). Efter Boyce 1997 (Rea, 2015).

Hur mycket ljus behöver vi?

I en studie mättes serotonin i venblod från hjärnan hos 101 män under olika årstider och väderbetingelser. Mätningarna visade att serotoninproduktionen gick ner vintertid och att nivåerna var direkt relaterade till antalet soltimmar under mättdagar, särskilt på morgonen (Lambert, Reid, Kaye, Jennings, & Esler, 2002). Eftersom serotonin förknippas med reglering av humöret tyder detta resultat på att serotoninproduktion kan vara kopplad till utveckling av årstidsbunden depression (SAD). Studierna stärker därmed uppfattningen att ljus på morgonen är speciellt viktigt och skyddande mot utveckling av depressiva besvär.

För friska försöksgrupper räcker så lite som 30 minuters exponering för dagsljus för att upprätthålla en stabil dygnsrytm (Dumont & Beaulieu, 2007). Exponering på förmiddagen ger alltså bäst effekt för dygnsrytm och humör, och effekterna är skönjbara ner till 10 minuters exponering. För skiftarbetare har man sett att så lite som 10 minuters ljusexponering under hemfärden på morgonen bidrar signifikant till att de inte vänder på dygnet (Koller et al., 1994). Försök i laboratoriemiljö visar att rytmen är stabil även om mycket strikta ljusförhållanden ges enbart med ett lågt luxtal (Czeisler, Richardson, Zimmerman, Moore-Ede, & Weitzman, 1981) eller med ljus som bara är tillräckligt starkt för att man ska kunna läsa en bok (Waterhouse et al., 1998). Men en sådan stabilisering av rytmen förutsätter att ljusschemat följs strikt över flera dagar. Utanför laboratoriet riskerar, om utomhusvistelsen uteblir och om inomhusljuset inte tillräckligt väl dämpar melatoninproduktionen, individen under dagtid att befinna sig i "biologiskt mörker" och får sämre möjlighet att anpassa rytmen till sol- och mörkerdygnet (Stevens & Rea, 2001). En kontorsbelysning (150–300 lux) ger ungefär hälften så stor effekt på rytmförskjutningar som utomhusljus på 10 000 lux (Waterhouse et al., 1998).

För arbetsmiljöer som saknar dagsljus finns studier av hur sömnprocessen påverkas. Bland annat har Arendt och medarbetare i många år följt dem som arbetar på forskningsstationen i Arktis (Arendt, 2012). De har sett att sömnen blir mindre effektiv, så att mer tid i sängen spenderas i vaket tillstånd, sömnen förkortas och andelen djupsömn som förknippas med återhämtningsvärdet under sömn minskar. Det finns klara skillnader mellan årstiderna med mer förekommande problem under mörka årstider. I befolkningsstudier i Tromsø angav 18 procent av kvinnorna och 9 procent av männen att de hade problem med sömn och dagtidströtthet under den mörka årstiden. I svenska studier finns objektiva sömnmått av 32 dagtidsarbetande personer med flexibla arbetstider i Kiruna, och de visar att sömnen vintertid förskjuts cirka 40 minuter för sänggåendet och cirka 30 minuter för uppstigande, och denna senareläggning syns även på lediga dagar (Lowden et al., 2018). Sömnen blev bara blygsamt förkortad (12 minuter) men var av sämre kvalitet. Vintertid är sömnen tydligt samlad kring sömnstart vid klockan 23:30 och sömn avslut klockan 06:30. Social

jetlag (senareläggning av sovtider på helg jämfört med arbetsdagar) uppgick till 80 minuter på vintern och 52 minuter sommartid. Sommartid varierar sovtiderna betydligt och det finns ett klart samband med mängden dagsljus: de med tidiga sovtider får mycket morgonljus och de med senarelagd sömn har ett lågt intag av morgonljus. Dagtidssömnigheten var också mer utbredd vintertid, i stort sett under alla dygnets vakna timmar.

Artificiellt dagsljus

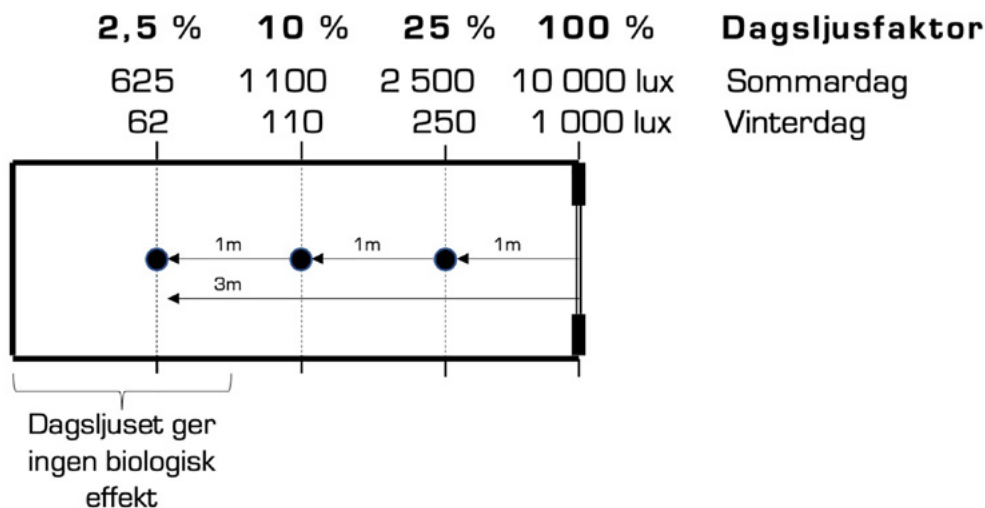
Flera försök visar att ett artificiellt dagsljus bidrar till de fördelar som annars tillskrivs dagsljusexponering på arbetet. Mills et al. (Mills, Tomkins, & Schlangen, 2007) studerade 46 telefonoperatörer och 23 operatörer i en kontrollgrupp under en vår i England, där man introducerade en ny blåförstärkt lysrörsteknik med 17 000 Kelvin och jämförde den med en äldre (2 900 Kelvin). Mätningar efter installationen visade en minskning med 14–37 procent av problem som innefattade trötthet, koncentrationsförmåga, sömnighet, arbetsprestation och psykisk hälsa hos dem som vistades i den nya belysningen. Man såg ingen motsvarande förändring i kontrollgruppen. En liknande brittisk frågeformulärsstudie av kontorsarbete, inkluderade 104 personer, gällde en ny belysning med 17 000 Kelvin jämfört med den tidigare på 4 000 Kelvin. Efter fyra veckor rapporterade deltagarna att de kände sig piggare och presterade bättre samt att de var mindre kvällströtta och hade mindre sömnproblem (Viola, James, Schlangen, & Dijk, 2008).

I dag har lysrörsbelysning alltmer ersatts med LED-baserad teknik i syfte att framför allt spara energi. Resultat från en svensk opublicerad studie med 52 kontorsanställda visade att en övergång från äldre lysrörsteknik till LED-plattor i tak också kan förstärka arbetsprestation, reducera sömnighet på morgonen och kväll och öka sömnlängden (Lowden et al. manus).

Avstånd till fönster

Ur ett ekonomiskt perspektiv är det dyrare att producera en inomhusmiljö med fönster, och uppvärmningskostnaderna är ofta högre, men investeringen ökar fastighetens långsiktiga värdering. Avstånd till fönster spelar en stor roll eftersom människor föredrar naturligt dagsljus framför elektriskt ljus (Aries, Veitch, & Newsham, 2010). Fönster ger ju också utblick och är bärare av andra kvaliteter såsom luft och ljud. Dessutom ger fönster information om tid och väder och minskar känsla av klaustrofobi. Ohälsosymtom rapporteras oftare av dem som arbetar långt från fönster även om nära kontakt med fönster också kan ge problem med bländning och värmekomfort. I en lite mer omfattande studie av tio arbetsplatser predicerades fysisk och psykisk trivsel utifrån avståndet till fönster (Aries et al., 2010). Både typen av fönster och skattad kvalitet på utblicken befanns vara signifikanta prediktorer för hälsa.

Figur 4. Dagsljusfaktor i förhållande till avstånd från fönster



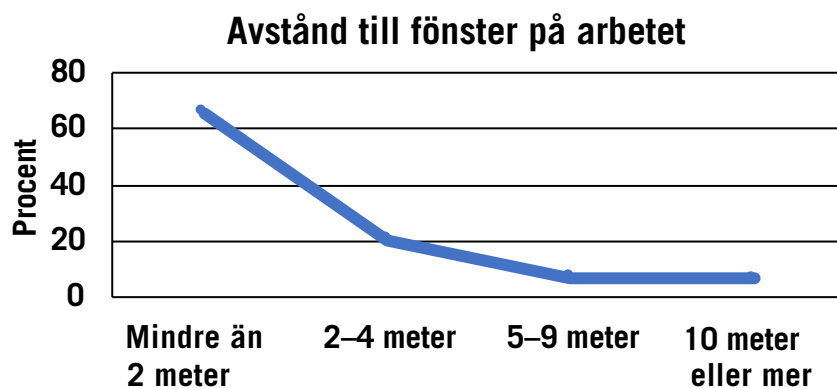
I ett kontorsrum med fönster (till höger i figuren) minskar i detta exempel belysningsstyrkan från naturligt dagsljus med kvadraten på avståndet. Vintertid minskar belysningsstyrkan 10 ggr jämfört med en sommardag och dagsljuset 3 meter in i rummet ger ingen biologisk effekt. OBS – värdena är beräknade för mindre fönster (punktkälla). Vid större fönster minskar belysningsstyrkan betydligt långsammare. Grafisk utformning författaren.

Avstånd till fönster spelar en central roll för den belysningsstyrka som arbetstagare får från dagsljuset. Utomhusnivåer som uppmäts dagtid är högre än den belysningsstyrka som man får i inomhusmiljön. Belysningsstyrkan en mulen vinterdag är närmare 1 000 lux utomhus (Arendt, 2012), och då blir bidraget till en person som vistas inomhus, med goda dagsljusförhållanden, cirka 62 lux (DFP = 2,5 procent). Motsvarande bidrag en vanlig sommardag (12 000 lux utomhus) blir 300 lux (Löfberg, 1987). Den mest avgörande faktorn för mängden dagsljus inomhus är fönstrens storlek och placering och människornas avstånd till fönster. Exempelvis kan ljuset vid glasrutan vara 10 000 lux och 4 000 lux en halvmeter in i rummet, och då blir belysningsstyrkan en meter bort från fönstret 2 500 lux. Alltså reduceras utomhusljuset till en fjärdedel om avståndet till fönstret fördubblas. Figur 4 visar ett exempel där styrkan i lux i omedelbar närhet till fönster är 10 000 lux (sommar) och 1 000 lux (vinter). Vintertid reduceras påverkan från naturligt dagsljus cirka 10 gånger, och i exemplet ger bidraget från naturligt dagsljus ingen biologisk effekt om arbetstagaren vistas mer än drygt två meter från fönster. Normala arbetsdagar vistas vi i belysning om 200–500 lux, med bidrag från både elektriskt och naturligt ljus, men ljusförhållandena är självfallet beroende av i vilka utrymmen man vistas i.

SLOSH-materialet innehåller en fråga om arbetstagares avstånd till fönster på arbetet. Figur 5 nedan redovisar avståndet till fönster för

inomhusarbetande i Sverige (år 2014, n = 14 378). Sextiosex procent vistas mindre än 2 meter från fönster, 20 procent vistas 2–4 meter från fönster medan resten arbetar mer än 5 meter från ett fönster (7 procent har 5–9 meter och 7 procent har mer än 10 meter till ett fönster). Samma fråga ställdes i SLOSH år 2012, och det finns ingen signifikant skillnad mellan dessa mätningar när man jämför medelvärden för dem som deltagit två år i rad (n = 4 647).

Figur 5. Andel arbetstagare och avstånd till fönster på arbetet



Opublicerade SLOSH-data.

I en mindre studie prövade man att införa växter i arbetsmiljön som ett alternativ till vy från fönster och en dagsljusliknande belysning. Ohälsotalet minskade för gruppen med intervention (n = 19) jämfört med kontrollgruppen (n = 11) (Evensen, Raanaas, & Patil, 2013). I en annan studie med 565 anställda på olika företag gav växter i kombination med artificiell vy av natur en minskning av antalet sjukdagar och reducerad stress (Bjørnstad, Patil, & Raanaas, 2016).

Elektriskt kontra naturligt ljus

Dygnsvariationen i ljuset ger via icke-visuell signalering till kroppen en anpassning av dygnsrytmen till 24 timmar samt ger visuell information som stödjer vårt seende (Osterhaus, Hemphälä, & Nylén, 2015). Till skillnad från elektriskt ljus varierar dagsljuset kontinuerligt i intensitet, färg och riktning (Trogenza & Wilson, 2011). Det varierar över dagen genom ljus- och mörkerväxling men också mellan årstider. Mängden ljus vi får bestäms av latituden och solens vinkel över horisonten samt graden av molnighet och filtrering. Även under molniga dagar varierar ljuset (Trogenza & Wilson, 2011). Veitch och medarbetare (Veitch, Newsham, Boyce, & Jones, 2008) har föreslagit att psykologiska och fysiologiska effekter av ljus inomhus förmedlas genom tre faktorer där hälsan och välbefinnandet påverkas av

- förekomsten av ljusinsläpp och fönster
- dosen av ljus och mörker
- arkitektonisk estetik.

Man har observerat att den moderna livsstilen minskar dagsdosen av ljus och har en negativ påverkan på sömn (Iglesia et al., 2016) och att introduktionen av elektricitet har försenat sömnen och den dygnsrytmiska fasen (tidpunkt för max och min på en dygnskurva; Moreno et al., 2015). En övergång från litet dagsljusintag (hög andel inomhusvistelse) till en stor dagsljuspåverkan mättes hos en grupp campande försökspersoner i Colorado, USA. Under campingen tidigarelades sömnen och rytmen närmade sig det naturliga soldygnet (Wright et al., 2013). Resultaten visar tydligt att en urban västerländsk livsstil ger svaga impulser till individen, vilket minskar möjligheten att anpassa sig till soldygnet (Roenneberg & Mellow, 2016).

En annan skillnad mellan elektriskt ljus och dagsljus beskrivs bland annat i en översikt (Boyce, Hunter, & Howlett, 2003). Enligt författarna ger dagsljus bättre möjlighet att maximera den visuella prestationen än elektriskt ljus eftersom dagsljuset innehåller fler våglängder som bland annat ger bättre färgåtergivning. Men dagsljus kan också blända och ge skuggor som reducerar visuell prestation, vilket visar att det sätt som dagsljus presenteras på är viktigt. Dessutom anpassas människans beteende för att minska dessa besvär till exempel genom användning av exempelvis keps, solglasögon och i undvikandebeteende.

När belysning värderas av användare får dagsljus klart högre betyg när det gäller psykologisk komfort, färgåtergivning och arbetsprestationer än motsvarande elektrisk belysning (Boyce et al., 2003). Dagsljuset är också gynnsamt för humör, vakenhet och välbefinnande (Borisuit, Linhart, Scartezzini, & Munch, 2015).

Favero (Favero, 2014) har genomfört experiment under svenska förhållanden där ett dagsljusupplyst rum jämfördes med ett artificiellt upplyst rum. Dagsljusrummet gav i snitt 2,5–3,0 gånger så stark belysning som artificiellt ljus. Totalt 21 deltagare fick vistas dagtid i rummen, i tre dagar. Resultatet visar att karaktären på rummen upplevdes som mycket olika när det gäller skuggor, bländning och ljusfördelning där dagsljuset skattades som bättre. Men belysningsstyrkan upplevdes inte som olika mellan rummen, vilket visar betydelsen av att deltagarna anpassade sig till olika ljusstyrkor. Aktiviteten ökade i dagsljusrummet mätt med rörelsemätare, liksom deltagarnas humör och känsla av pigghet.

Närhet till fönster som ökar dagsljusexponering under lunchperioden har visat sig öka piggheten och fysiologisk uppvarvning mätt med hjärnaktivitet (Kaida et al., 2006). Amerikanska forskare lät skolelever i februari månad bära orange glasögon på väg till skolan och resten av

den vakna tiden (Sharkey, Carskadon, Figueiro, Zhu, & Rea, 2011). Dessa glasögon blockerar blå våglängder som ger starkare biologisk påverkan (försenad dygnsrytm mätt med melatonin). Forskarna jämförde med en grupp utan glasögon och fann att detta var avgörande för vilken biologisk påverkan som eleverna fick av ljus under dagen. Skillnaden var speciellt tydlig under perioden mellan uppstigande och ankomst till skolan samt under skoldagen. Det är också under morgontimmarna som morgonljuset tidigarelägger rytmen (se figur 2).

Sammanfattningsvis ger dagsljus hälsofördelar jämfört med elektriskt ljus. Därför bör dagsljus prioriteras och dagsljusliknande elektriska alternativ vara en sekundär lösning. Aries har gjort en sammanställning av hur dagsljus kan implementeras i en hälsomässig byggdesign (Aries, Aarts, & Hoof, 2013):

- Planera in dagsljusöppningar som kan öppnas och tillfälligt ge exponering för fullt spektrum från solen (inklusive ultraviolett och infraröd strålning).
- Designa byggnader med våningar som stimulerar utomhusvistelse, via bottenvåning, verandor och balkonger oberoende av väderlek.
- Planera rum som ger hög vertikal illuminans ($E > 2\,000$ lux) och god avskärmning mot till exempel bländning. Se till att individen själv ges möjlighet att undvika ögontrötthet, huvudvärk, migrän, obehag, bländning och fotosensitiv epilepsi men som också kan ge tillräckligt bra ljusstyrka även för det åldrande ögat.
- Automatiserat bländskydd bör ge optimal tillgång till dagsljus. Speciellt perioden mellan soluppgång och solnedgång (fotoperiod) bör arbetstagare få full tillgång till förändringen i fotoperioden. Individen bör alltid få möjlighet att korrigera ett automatiserat system för att öka den personliga komforten.
- Installera glas i fönster som tillåter fullspektrumljus så att dagsljusets alla våglängder ostört kan komma in i rummet.

Försök med bara elektriskt ljus

Det finns flera försök med blåförstärkt ljus för att bättre stimulera de ljusreceptorer som reagerar starkare på blått (eller en vit dagsljusliknande ljuskälla). I ett fältförsök med 94 kontorsanställda sänkte blåförstärkt ljus självrapporterad dagtidssömnhet, gav bättre prestation och bättre humör, minskade irritationskänslor och ökade kvällströttheten vilket möjliggör ett tidigare sänggående (Viola et al. 2008). Det blåförstärkta ljuset hade mycket hög färgtemperatur (17 000 Kelvin) och används sällan i dag eftersom det anses ge ett alltför blåaktigt intryck. I en studie (Mottram, Middleton, Williams, & Arendt, 2011) jämfördes blått ljus (17 000 Kelvin) med en i dag mer rekommenderad dagsljusliknande temperatur (5 000 Kelvin). I studien deltog 15 individer som arbetade vid Antarktis under

den mörka årstiden och de fick använda ljusterapilampa. Det blå ljuset gjorde att sömnen tidigarelades med 19 minuter, att insomningstiden förkortades och att dygnsrytmen tidigarelades med 45 minuter. Laboratorieförsök med enbart elektriskt ljus har gett liknande effekter (Smolders et al., 2012). En slutsats är att i frånvaro av naturligt dagsljus ger blå frekvenser ett annat sömn- och vakenhetsutfall (minskning av hjärnaktivitet som indikerar dåsigheit) än ett standardiserat vitt ljus, men påverkar inte andra hälsoparametrar. Studien visar vidare att den biologiska påverkan sannolikt är mer beroende av belysningsstyrka än frekvensfördelning när vitt och blått ljus jämförs.

Vuxna visar positiva effekter av ett starkt inomhusljus: ökad vitalitet (Partonen & Lönnqvist, 2000) och lindring av depression hos arbetande vuxna (Leppämäki, Partonen, Hurme, Haukka, & Lönnqvist, 2002). Kognitiva funktioner som kräver hög uppmärksamhet (vigilanstest) stärks av starkt ljus, både hos dem som har sömnbrist (Phipps-Nelson, Redman, Dijk, & Rajaratnam, 2003) och hos utsövda individer (Smolders et al., 2012). I en studie av exekutivt tänkande jämfördes resultat från en dagsljusmiljö med resultat från en miljö med enbart elektriskt ljus, och de i dagsljusmiljö klarade sig signifikant bättre (Münch, Linhart, Borisuit, Jaeggi, & Scartezzini, 2012). En mätning med fMRI-kamera (en magnetresonansteknik) under ett kognitivt test i starkt ljus visade att aktiviteten i mellanhjärnan (talamus) stimulerades.

I en studie av 49 universitetsanställda, med arbetstid under dagen, hade en grupp tillgång till fönster med en dagsljusfaktor > 2 procent medan andra gruppen inte hade tillgång till fönster (Boubekri, Cheung, Reid, Wang, & Zee, 2014a). Cirka hälften bar ljusmätare under två veckor. Gruppen utan tillgång till fönster fick inte mindre ljus på morgonen, men mindre under arbetsdagen, på kvällen och på fritiden. Med kontroll för bakgrundsvariabler visar resultaten att de fönsterlösa hade lägre aktivitet mätt med rörelsemätare, kortare nattsömn (cirka 45 minuter), sämre sömnkvalitet och lägre vitalitet.

Specifika frågeställningar från Arbetsmiljöverket

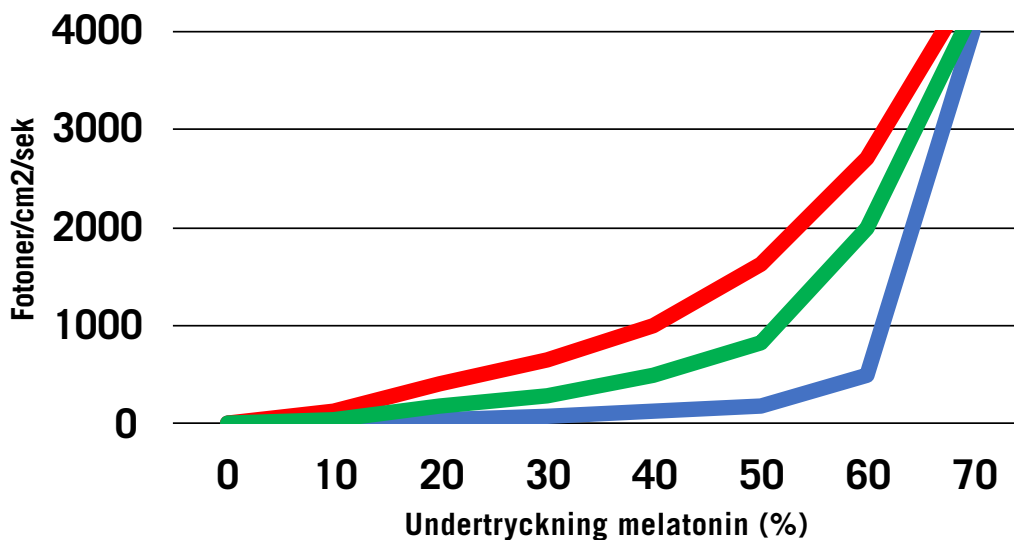
Uppdraget från Arbetsmiljöverket inkluderade ett antal specifika frågor. Här listas de tillsammans med ett svar.

Vilka betydelser för god dygnsrytm har belysningsstyrka, infallsvinklar och spektral sammansättning på den dagsljusmedierade sänkningen av halten melatonin?

Dagsljuset förändras över dagen vad gäller belysningsstyrka, infallsvinklar och spektral sammansättning, i motsats till artificiellt ljus. I stort sett alla våglängder påverkar utsöndringen av melatonin. Figur 6 visar hur mycket energi från olika våglängder som krävs för att ge samma dämpning av melatoninproduktionen, och det framgår att kortare våglängder i det

synliga ljuset (blått) mest effektivt dämpar melatoninpåslaget. Grönt och rött ljus kräver betydligt mer energi för att ge samma effekt. Allt synligt ljus förmår alltså dämpa melatoninproduktionen även om dagsljus som innehåller blå våglängder är mer effektivt.

Figur 6. Ljusenergi och undertryckning av melatonin för olika våglängder



I figuren anges hur mycket melatonin som dämpas (x-axeln, procent) beroende på hur mycket ljus (y-axeln) som krävs för olika våglängder (y-axeln, energi mätt i fotonmängd (antal fotoner/cm²/sekund; $1E+10=1 \times 10+10 = 10\ 000\ 000\ 000$) modifierat efter Thapan, Arendt, and Skene 2001.

Den biologiska påverkan beror på den energi som dagsljusexponeringen ger. Polcirkeln går genom Sverige och landet omfattar breddgraderna 55–69 grader Nord. I Lappland ovanför polcirkeln förekommer vinterdagar med mycket litet dagsljus, och sommardag bjuds på dagsljus dygnet runt. Dessa geografiska skillnader ger också stora skillnader i mängden dagsljus och därmed den biologiska påverkan under olika årstider och platser i landet. Fotoperioden, det vill säga hur många dagsljusstimmar en årstid ger, varierar under året: 0–24 timmar i norr och 7–17,5 timmar i söder. Vintern (december–februari) ger i genomsnitt 5 procent av den årliga ackumulerade globalstrålningen från solen, uppmätt på fem olika platser i Sverige. Hösten ger en liten andel (14 procent) jämfört med vår (38 procent) och sommar (43 procent; SMHI 2015). Sammantaget bidrar den mörka årstiden, höst och vinter, med enbart 19 procent av globalstrålningen. En annan viktig faktor som avgör ljusförhållandena är den vinkel solen har under olika årstider och tider på dygnet. Om solen står i zenit är vinkeln 90 grader och ger en belysningsstyrka motsvarande 100 000 lux. I Sverige är vinkeln som mest 58 grader, och solen ger svagare belysning ju lägre vinkeln är. Lägre solvinklar kan dock ge ökad direktinstrålning från solen in i lokaler (Sundborg, 2016). Detta ökar risken för bländning, och

avskärmningar minskar naturligtvis också dagsljusintaget (Dubois, 2003). Väderlekspåverkan utgör också en viktig faktor; i snitt ger november-januari mindre än 50 soltimmar per månad och maj-juli omkring 250 timmar. Dagsljuspåverkan inomhus varierar därmed mycket när molnfria och molniga dagar jämförs.

Är betydelse av belysningsstyrka, infallsvinklar och spektral variation över dagen så liten att artificiell belysning med en spektral sammansättning som är snarlik dagsljuset kan accepteras som ersättning för dagsljuskravet i § 9?

Så länge det finns stora skillnader i spektral sammansättning mellan dagsljus och elektriskt ljus kommer den icke-visuella biologiska påverkan på dygnsrytmen att variera, men dagsljus ger ändå en totalt större effekt. Även molniga dagar och vintertid ger dagsljus i närheten av fönster en större biologisk påverkan än elektriskt ljus, så dagsljus bör prioriteras i arbetsmiljön. Med ökat avstånd till fönster och mörkare årstid ökar beroendet av elektriskt ljus, men inte heller en dagsljuslik belysning med god spektralfördelning ger samma kvaliteter som dagsljus. Elektriskt belysning är dock nödvändigt på i stort sett alla arbetsplatser med tanke på den reducering av dagsljuset som beror på årstidsväxlingar, reducerad fotoperiod, avskärmning på grund av låg solvinkel och ogynnsamma väderleksförhållanden.

Eftersom människor spenderar en allt större del av sin tid inomhus, särskilt under de mörka vintermånaderna, är det viktigt att reglera byggnaders utformning som motvikt till dagsljusreducerande trender, men på många äldre och nya arbetsplatser är det svårt att ens uppfylla de nuvarande riktlinjerna för dagsljusintag (Rogers & Tillberg, 2015). I urbana miljöer är trenden att minimera fönster för att förbättra energiprestanda, och liknande trender blir troligen bestående på sikt med stora negativa effekter för tillgången till dagsljus i byggnader. En trend har till exempel varit att sälja kommunal mark och främja förtätning för att stärka offentliga finanser, öka skatteintäkterna och reducera infrastrukturkostnaderna. Andra trender berör den arkitektoniska utformningen, till exempel att prioritera högresta fönster gentemot liggande fönster som bättre tar tillvara dagsljuset. Men samtidigt utvecklas belysningstekniska lösningar som är energieffektiva, och belysningsbranschen kommer i framtiden också att erbjuda tjänster som väger in välbefinnandet (Borg, 2018). Dessa tjänster är inte fullt utbyggda men kommer att inbegripa ett dagsljusliknande elektriskt ljus så att den biologiska påverkan blir signifikant för reglering av dygnsrytm. Med sensorer och digitalisering för att programmera dynamiska ljusförlopp går det att anpassa ljus till behovet på arbetsplatsen. Forskare försöker ta fram råd för belysning på arbetsplatsen som optimerar visuell ergonomi och välbefinnande. Mycket av forskningen har handlat om hur skiftgående bättre kan anpassa till udda arbetstider (se till exempel Bjorvatn and Pallesen 2009) men även interventioner för dagtidsarbetande har gett insikt i hur elektriska ljuslösningar kan kompensera förhållanden med dagsljusbrist (Figueiro et al., 2017), (Figueiro et al., 2015).

För arbetstagare som riskerar att få depressiva symtom under den mörka årstiden bör arbetsgivaren kunna erbjuda en ljusbox eller motsvarande så att den sammanvägda ljusmängden uppgår till terapeutiska nivåer – minst 1 000 lux vilket motsvarar dagsljuset en mulen vinterdag. Men Arbetsmiljöverket betonar i allmänna råd gällande dagsljus är det "direkt olämpligt att montera ljuskällor inom synfältet i syfte att uppnå ljusterapieffekter under arbetets gång eftersom detta oftast skapar stark bländning" (se Bilaga 1). Därför bör belysningsstyrkor över 1 000 lux presenteras utan bländning, med utnyttjande av reflekterande material, och de kan möjligen presenteras under begränsade perioder, till exempel på raster eller i ljusthörnor för läsning. Implementeringar bör också utvärderas för att fånga upp eventuella negativa effekter hos användarna.

I vad mån kan artificiellt ljus kompensera för brist på dagsljus i de fall Arbetsmiljöverket av olika skäl beviljat undantag från dagsljuskravet i 9 §. Och vilka negativ och eventuella positiva konsekvenser kan då förmodas uppkomma för berörda arbetstagare?

I några av de specifika frågor som Arbetsmiljöverket ställer har synpunkter lämnats av professor Mark Rea och professor Marian Figueiro vid Lighting Research Center, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, New York. De två forskarna menar att vi måste beakta vilka fördelar ett dagsljus har gentemot de elektriska alternativen. De ställer upp fyra frågor som behöver besvaras:

1. Ger dagsljus bättre visuell prestation?
2. Ger dagsljus en bättre icke-visuell aktivering av hjärnan?
3. Ger dagsljus effektiv anpassning av dygnsrytmer till dagtidsorientering?
4. Ger dagsljus psykologiska fördelar eftersom det möjliggör utblick och kontakt med utomhusmiljön?

Vad gäller den första frågan finns inga tecken på att dagsljus ger en bättre visuell prestation om belysningsstyrkan är jämförbar med den från elektriskt ljus. Studier av visuell prestation visar nämligen att till exempel detektionsförmåga, känslighet för kontraster, reaktionssnabbhet och träffsäkerhet är beroende av de fotoreceptorer (tappar) i fovea som är inblandade i detaljseendet (Rea & Ouellette, 1991), (Nylén, 2012) och att belysningsstyrkan i rummet ligger till grund för vår syneffektivitet. Bländande ljus från fönster kan dock vara ett problem om det saknas bländskydd. Kraven på detaljseende har också minskat på våra arbetsplatser (Löfberg, 1987) vilket reducerar krav på belysningsstyrka i allmänbelysning och ökar acceptans för elektrisk belysning.

För den andra frågan visar nya data att starkt ljus (> 500 lux) ger ökad pigghet dagtid (Kaida et al., 2006) och på natten (Lowden & Åkerstedt, 2012). Men intressant nog ger även ett rött ljus nattetid en vakenhetshöjande effekt (Figueiro, Sahin, Wood, & Plitnick, 2016) trots att det är så olikt dagsljus. Den spektrala känsligheten för icke-visuell stimulering av ljus avseende pigghet är mindre känd men troligtvis går den att jämföra med ögats upplevelse av belysningsstyrka som är beroende av flera typer av synceller.

Den tredje frågan gäller dygnsrytmreglering, framför allt mätt i påverkan på melatoninutsöndringen, och den är väl beskriven i litteratur. Både stavar och ipRGCs stimulerar regleringen av dygnsrytm hos människor (Rea, Figueiro, Bierman, & Bullough, 2010), och båda dessa fotoreceptorer är som mest känsliga för korta (blå) våglängder. Den dygnsrytmiska aktiveringen har en tröskelnivå för att en aktivering ska ske, och en hög andel ljus med blå komponenter under dagen är viktig (högre belysningsstyrka än vad som krävs för visuell stimulans) för att dygnsrytmen ska anpassas till dagtid (jmf eng. circadian entrainment). I detta sammanhang är dagsljus en ideal källa. Men ett elektriskt ljus med samma spektrum, styrka, timing och längd kan delvis ge samma stöd för biologisk dygnsrytmisk dagtidsanpassning som dagsljuset.

För den fjärde frågan anger litteraturen att de flesta uppskattar och föredrar fönster på arbetsplatsen (Boyce et al., 2003). Takfönster och högt belägna ljusinsläpp ersätter inte kvaliteten som ett fönster ger men värderas ändå högre än total avsaknad av dagsljus. Sammanfattningsvis menar de två amerikanska forskarna att policybeslut om dagsljus bör baseras på vilka hälsofördelar som förväntas. Den tredje aspekten ovan ger bäst argument för dagsljus; eftersom ljus behöver nå retina är fönster en ideal källa eftersom de är belägna i det horisontella planet som ger en normal synvinkel. Förutsatt att man slipper bli bländad ger dagsljus en additiv positiv effekt på pigghet och ökade möjligheter till utblick som inte kan ignoreras.

Finns kopplingar mellan psykiskt välbefinnande och tillgång till utblick på arbetsplatser?

Sveriges krav även på utblick är ett tillägg till EU-direktivet. Enligt paragraf 9 anges som föreskrift krav på tillfredställande utblick på stadigvarande arbetsplatser (AFS 2009:2). I de allmänna råd som följer forskrifterna står så här; "Tillgång till dagsljus och utblick är en viktig del i en god arbetsmiljö. Rikligt dagsljus och god utblick bör därför eftersträvas. Varje del av verksamheten som kan utföras i dagsljus bör placeras i lokal med fönster." Vidare anges i råden att betydelsen av att beakta att utblicksfönster syftar till att ge "information för orientering, upplevelse av väder och årstid, omväxling för att motverka tröttande enformighet och en minskad känsla av instängdhet."

Utblick ökar möjligheterna till exponering av dagsljus och bidrar till de positiva effekterna, till exempel en förstärkt dagtidsorienterad dygnsrytm. Daglig utblick med dagsljusintag värderas högt och är förknippat med mentalt välbefinnande (Beute & Kort, 2018). Utblick kan också mycket väl ge mervärden även nattetid, när det inte finns något dagsljus, så dagsljus och utblick bör inte jämföras.

Vilka mekanismer finns för hälsobefrämjande aspekter av utblick?

Inom forskningen finns hypoteser om att utblick ger hjärnan stimulans och en signalering som ger emotionellt stöd och uppmärksamhet (Ulrich, 1991). Dessutom är det möjligt att utblick ger kognitiv stimulans och reducerar mental trötthet (Kaplan, 1995). Dessa typer av stimulering är också stressreducerande och förbättrar humöret (Beute & Kort, 2018). Senare forskning visar vidare att utblick till natur, ger snabbare återhämtning efter en stressreaktion, reducerar mental trötthet och gynnar kognitiva prestationer och färdigheter (Beute & Kort, 2018). Både kort- och långsiktiga positiva hälsoeffekter har rapporterats av naturupplevelse.

Forskning har även konstaterat att utblick i vårdmiljö är gynnsamt för tillfrisknande samt premierar akademisk framgång (exempelvis betyg och provresultat) i skolmiljö (Folkhälsomyndigheten, 2017). Under experimentella förhållanden kan utblick mot träd dämpa det diastoliska blodtrycket jämfört med motsvarande urban utblick (Hartig, Evans, Jamner, Davis, & Gärling, 2003). I en annan studie utsattes studenter av en stressor som bestod av en videofilm om arbetsolyckor med realistiska bilder. Utfallet av psykologiska och fysiologiska variabler indikerade att återhämtningen efter stress blev snabbare och mer komplett när deltagarna exponerades för naturlig miljö (naturfilm) jämfört med film från en urban miljö (Ulrich, 1991). I en annan studie jämfördes välbefinnande i olika miljöer via en app av omkring 20 000 deltagare i England. Genomgående gav exponering för så kallad "gröna" och naturliga omgivningar ett högre välbefinnande än urbana miljöer (MacKerron & Mourato, 2013).

Hur kan man lämpligen kvantifiera kravet på erforderlig mängd dagsljus i föreskriften?

Exponeringskravet i föreskriften måste ställas i relation till det befintliga dagsljuset utomhus (och inte bara angivelser om till exempel antal luxtimmar per dag) eftersom dagsljus exempelvis är helt frånvarande under några vintermånader i den del av Sverige som ligger längst norrut.

Dagsljusexponeringen genom stora fönster varierar beroende på väderlek. En studie från Nederländerna visar till exempel att dagsljuset en molnfri dag hade en färgtemperatur på 6 000 Kelvin i genomsnitt, medan blandad molnighet gav 5 000–6 000 Kelvin och en molnig dag gav 5 300 Kelvin (Begemann, Beld, & Tenner, 1997). Belysningsstyrkan varierade också stort över året. I studien fick deltagarna själva reglera den artificiella belysningen och deras preferenser varierade också stort.

Dagsljusfaktorn för en specificerad punkt, DF_p , räknas som det vanligaste och enklaste måttet för att kvantifiera dagsljus från fönster (Acosta, Munoz, Campano, & Navarro, 2015a). DFP beskriver ett ljusscenario jämfört med en molnig dag i ett rum. Måttet varierar beroende på väderstreck, och fönster mot norr kan ge halva DFP-värdet jämfört med andra väderstreck. Måttet är praktiskt eftersom det ger ett tröskelvärde och det är dessutom rekommenderat som en CIE-standard (Internationella Belysningskommissionen). Mått för dagsljusmätning är till exempel mer dynamiskt orienterade, exempelvis "Daylight Autonomy" (DA). DA motsvarar en procentandel av året då dagsbelysningsstyrkan överskrider en viss nivå (Galatioto & Beccali, 2016a). En sådan nivå skulle till exempel kunna vara 500 lux. Måttet har senare anpassats (cDA) till specifika krav på en arbetsplats: om en arbetsplats kräver 600 lux och bidraget från dagsljus är 500 lux, beräknas relationen till 0,8.

Forskning har visat att DF_p är ett betydelsefullt mått för arkitekter och designer eftersom en prediktion av dagsljus hänger ihop med energisparande och är proportionellt kopplad till storlek på fönster utom för arbetsytorna närmast fönstren. Ett kvadratisk fönster ger intressant nog en högre DF_p än motsvarande fönsteryta i ett liggande fönster (Acosta, Munoz, Campano, & Navarro, 2015b). För rum som inte är alltför stora (< 6 meters rumsdjup), och där hänsyn bör tas till överskuggande balkonger, kan en förenklad metod tillämpas där kvoten mellan golvyta och fönsterarea är vägledande för beräkning av dagsljus. En kvot på 10 procent har varit riktvärde (SBUF et al., 2015). Avskärmningsvinkeln (vinkel för vy till motstående hus) får inte överskrida 30 grader, så urbana miljöer är svåra att utvärdera med metoden. Den är även svår att tillämpa på ovanliga fönstermaterial.

Utvecklingen av olika datorprogram ger betydligt större möjligheter att med god precision predicera den genomsnittliga dagsljusfaktorn (DF_c) för olika arbetsplatser i lokalen, så dessa metoder har sannolikt framtiden för sig. De tar dock inte hänsyn till effekten av direkt solljus (Galatioto & Beccali, 2016b) som bland annat kan ge stora problem med bländning på en arbetsplats. För att lösa detta problem finns förslag på att använda måttet VH Ratio (Vertical to Horizontal illuminance, $VH = EV / EH$). Detta mått för dagsljusilluminanser kan enligt vissa forskare i flera fall ge mer information om dagsljusförhållandena på arbetsplatsen än DFP. Andra utvecklingslinjer har varit att anpassa DFP till latitud och möjligheten att få dagsljusbidrag vid arbetsbord i en lokal. Här kan ett mål vara att ge till exempel 300 lux över 50 procent av en angiven golvyta under åtminstone halva den tid då dagsljus är tillgängligt på en viss geografisk plats (Mardaljevic et al., 2013). Den klassiska mätningen av DF_p behöver kompletteras med nya mått som tar mer hänsyn till årstidsskillnader och där typvärden för det meteorologiska året får större betydelse (Sun, Li, & Xiao, 2017).

Förutsättningar för att fastställa dagsljusexponering på arbetsplatsen bestäms av många faktorer, speciellt i urbana miljöer. Komplexiteten av samverkande faktorer kan bäst beskrivas när dagsljus prediceras med hjälp av programvara som också kan kvantifiera energiutbyte (Nasrollahi & Shokri, 2016). Manuella metoder betraktas som föråldrade (till exempel en punktuppmätt metodik jämfört med mått som ger ett medelvärde för dagsljusfaktorn) för att bestämma ljusförhållanden, och i stället förordas datorsimulerad bestämning av en dagsljusfaktor (SBUF et al., 2015). I SBUF:s förslag poängteras betydelsen av att dagsljusregler kommer in tidigt i byggprocessen jämsides med energiaspekterna. Redan här bör dagsljuskrav säkra kvaliteten i inomhusmiljön. Kostnaderna för att säkerställa dagsljusintag kan därmed bli relativt små i byggprocessen, men samhällskostnaderna blir höga om dagsljuskrav kommer in senare. Tyvärr är utvecklingen med ytmaximering inte positiv för arbetsmiljön och dagsljusindikatorn går inte att tillämpa på moderna byggnader (till exempel om måttet för naturligt yttre dagsljus blockeras av utskjutande balkonger, eller omkringliggande hus). I dessa fall skulle det vara effektivt med till exempel miljöcertifiering som inkluderar dagsljuskrav i byggprocessen (Nordin & Petersson, 2015).

Forskarna vid Lighting Research Center i Troy (LRC, New York) har föreslagit mått för ljusets biologiska effektivitet och har valt att benämna detta cirkadisk styrka (jämför engelskans circadian stimulus, CS, Rea et al. 2010). CS liknar det välkända måttet illuminans, alltså måttet på belysningsstyrka eller ljusflöde över en yta uttryckt i lux. Men CS är ljusets relativa effektivitet, uttryckt i procent, när det gäller att omedelbart dämpa melatoninproduktionen om ljuset presenterats nattetid. Framför allt ger CS ett mått på den icke-visuella styrka som signaleras via de ljusceller som fått beteckningen ipRGCs (intrinsic photo sensitive retinal ganglion cells). Men även stavar och tappar i retina bidrar till icke-visuell signalering till hjärnan. Forskarna tog fram en modell som bygger på tidigare publicerade data och prövade att predicera melatoninnivåer i egna experimentella studier där försökspersoner nattetid utsattes för olika belysningsstyrkor av vitt ljus och melatoninhalter i blod mättes (Figueiro, Rea, & Bullough, 2006). Metodiken har även prövats i fält för mätning av dagsljuseffekter, och en grupp forskare fann att CS bör mätas vertikalt i ögonhöjd. I en lokal med fönster är det viktigt att fastställa vertikalriktningen; många har en arbetsställning utan blickriktning mot ett fönster och då kan en vertikalmätning (utan elektriskt ljus) till exempel vara medelvärdet av 0, 15 och 45 grader mot ett fönster (Bellia, Pedace, & Barbato, 2013). En molnfri vinterdag uppgick CS som mest till 50 procent vid någon tidpunkt på dagen (cirka 2,5 meter från fönster) och som lägst 0 procent. Motsvarande andel en molnig vinterdag var 0–34 procent. Variationen beror på åt vilket väderstreck fönstret vetter och vilken tidpunkt på dagen det gäller. Enbart elektriskt ljus i denna studie bestod av ett varmvitt ljus om 3 000 Kelvin, vilket har liten påverkan på CS (högst 12 procent) och är sannolikt för lite för att enskilt stimulera det biologiska systemet.

Är det vetenskapligt underbyggt att addera exponeringstillfällena över dagen till en total exponeringstid? Kan kravet alternativt utformas som en miniminivå under till exempel varje tvåtimmarsperiod?

Det är fortfarande svårt att definiera vilken belysningsstyrka och exponeringslängd man bör rekommendera i ett dagligt dagsljusintag. Det ljus som människor exponeras för utanför arbetsplatsen kommer också att påverka liksom ljuset som de får på arbetet. Ljus utanför arbetet kan potentiellt ge rytmstörningar, till exempel senarelägga sömn, vilket ökar dagtidströttheten i samband med arbete. Om man beaktar cirkadisk styrka som beskrivits ovan (CS) bör en exponering av 0,3 – mätt i det horisontella plan som personen befinner sig på under 2–4 timmar på förmiddagen – stödja en dygnsrytmisk anpassning. Idealt bör denna stimulans ges via fönster.

Vintertid är tillgången till dagsljus mycket begränsad, speciellt i norra Sverige. Dessutom är många arbetsplatser utformade så att de inte möjliggör något dagsljusintag, oavsett årstid. Här finns två möjligheter för att tillgodose ljusbehovet:

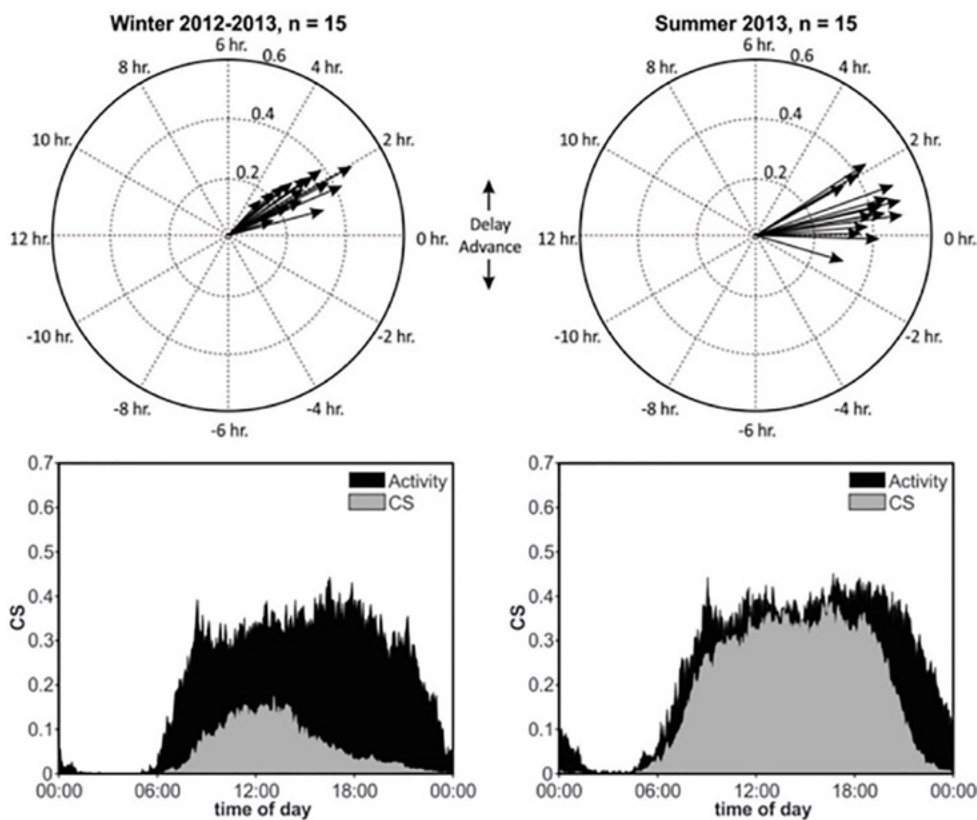
1. Se till att arbetstagare får möjlighet att flytta sitt arbete till en plats med mer dagsljus (till exempel $CS > 0,3$) på morgonen. Detta kan innebära stora förändringar i arbetsrutinerna.
2. Erbjud elektrisk ljus vid arbetet som ger minst $CS > 0,3$ (ögonhöjd) i minst två timmar på förmiddagen. Man kan till exempel erbjuda ljusboxar eller ljusterapilampor.

Om arbetsmiljön bara ger liten dagsljusexponering skulle denna dagsljusbrist kunna kompenseras under lediga dagar genom ökad utomhusvistelse. Detta kan utgöra ett argument för arbetsgivare att undantas från ansvar. SLOSH-data visar också att betydligt fler vistas utomhus på helger jämfört med arbetsdagar. Exponeringen för ljus är dock högre på eftermiddagar (Gerhardsson, 2016) än förmiddagar, vilket inte överensstämmer med rekommenderad exponering av CS på förmiddagarna. Likaså indikerar data att lång utomhusvistelse på lediga dagar bara till viss del kan kompensera för besvär som beror på kort utomhusvistelse på arbetsdagar.

Riktvärdet 0,3 för CS baseras på fältstudier av demenspatienter, vårdgivare, skolelever och äldre samt vaktsheman (Figueiro et al., 2017). I studien av demenspatienter ($n = 28$) och deras skötare ($n = 24$) introducerades ny

elektrisk belysning i ett uppehållsrum. Data samlades in via en ljussensor och en aktivitetsensor som hängde som ett smycke runt halsen. Data liknar de som presenteras i figur 7 där en grupp dagtidsarbetande i Stockholm fick bära sensorer i en vintervecka och en sommarvecka. Om ljusprofilen och aktivitetsprofilen överensstämmer är den dygnsrytmiska anpassningen fullständig (= 0). Vintertid avviker de flesta cirka 2 timmar, vilket antyder att dygnsrytmen avviker (är senarelagd). Varje pil representerar en individs riktning och inställning av dygnsrytm, och längden på pilen anger vilken styrka ljuset ger (CS) för att påverka rytmen. Sommartid finns betydligt större möjligheter till dygnsrytmanpassning.

Figur 7. Aktivitetsprofil och ljusprofil för dagtidsarbetande personer



I figurens nedre del anges aktivitetsprofil (svart) och ljusprofil (grå) över dygnet för dagtidsarbetande ($n = 15$) under vinter (vänster) respektive sommar (höger). Varje persons dygnsrytmiska styrka (CS) anges med en pil. Källa: opublicerad studie av Lowden, Rea och Figueiro.

Måttet på CS har egentligen bara använts fullt ut i ett par studier, i sin senaste utformning (Figueiro et al., 2017), (Acosta, Leslie, & Figueiro, 2017). Måttet bygger på en ljussensor som mäter den spektrala fördelningen av inkommande ljus för röda, gröna och blå våglängder. Ljusinput till sensorn utgörs ofta av en lagring av ljusintensitet över 1-minutsepoker. Eftersom ljusreceptorer samverkar i retina bidrar olika cellgrupper till ett mått

för CS som står i relation till deras effektivitet och mättnad. I en studie exponerades 31 kontorsanställda för $CS > 0,3$ från ankomst till arbetet fram till lunch, och de jämfördes med en grupp om 21 kontorsanställda som fick $CS \leq 0,15$ (Figueiro et al., 2017). Gruppen med mer ljus på arbetet hade en dygnsrytm som var bättre anpassad till dagtid. Vintertid visade rytmen också en bättre anpassning och det var tydligt att en senareläggning var vanlig i båda grupperna. Gruppen med mindre ljus uppvisade en längre insomningstid, mer sömnstörningar och högre depressionspoäng på ett humörindex. Värdena för CS visade starkast effekt på morgonen, men man prövade också ett mått på CS för hela arbetsdagen. Detta värde motsvarade effekterna av morgonvärden för CS även om de var lite svagare.

Sammanfattningsvis menar forskarna från LRC att en viss exponeringsnivå och -längd för dagsljus inte kan specificeras om man inte också beskriver de förväntade effekterna. Den främsta effekten av dagsljus är sannolikt att ge dygnsrytmen möjlighet att anpassas till sol- och mörkerdygnet. Detta underlättar även återhämtning och ökar möjligheten att få en fullgod nattsömn. Goda återhämtningsförhållanden ger också goda arbetsprestationer och förebygger ohälsa på både kort och lång sikt. Som en grund bör dock ett värde om 0,3 eller mer för CS eftersträvas på morgonen, med eller utan dagsljus. $CS > 0,3$ i 2-4 timmar bör ge möjlighet till dygnsrytmanpassning utan att slösa med energi i onödan. Ju senare denna ljuspuls ges, desto sämre blir den biologiska effekten.

Går det fastställa om en dagsljusfaktor på 1 procent är vetenskapligt underbyggd. Ska den mätas upp som ett medelvärde för lokalen eller bör Arbetsmiljöverket efterfråga detta för varje enskild arbetsstation eller skrivbord.

Man bör rent vetenskapligt vara skeptisk till måttet DFP om 1 procent. DFP består av två ljusmätningar: ett värde i horisontalplan inomhus på en arbetsyta och ett värde utomhus. Illuminasvärden lämpar sig väl för visuell prestation men inte lika väl för andra fördelar som dagsljuset ger. För dygnsrytmisk påverkan bör mätningen utföras i ögonhöjd och i horisontell blickriktning (vertikalmätning).

Man kan hävda att ögonblicksmått har litet värde (Mardaljevic et al. 2014). Klimatbaserade värden som uttrycks som UDI eller DA har i stället fått ökad betydelse i både forskningen och praktiken men representerar inte riktigt de icke-visuella effekter som bättre beskrivs genom att ta hänsyn till blickriktning och tid på året. Det finns uppenbara fördelar med att fastställa ljusexponering för de tre distinkta perioder som anges i figur 2 (klockan 04-12, klockan 12-20, klockan 20-04; Mardaljevic et al., 2014), till exempel kan i en teoretisk modell ljusvärden som beräknats summeras över ett år och divideras med antal mätningar.

Kan sekundärt dagsljus innebära försämrade förhållanden, till exempel genom ökad filtrering av blå våglängder, även om dagsljusfaktorn i sig är acceptabel?

I en arbetssituation består infallande ljus till ögat i huvudsak av sekundärt ljus det vill säga via reflekterande material, vilket reducerar speciellt de kortare våglängderna, och ljuset får vid alla tidpunkter under dagen en färgtemperatur om medellånga och långa våglängder, 4 000–6 000 Kelvin (Bellia et al., 2013). I studien av Bellia och medarbetare korrelerade belysningsstyrkan men inte färgtemperaturen väl med CS. Vidare konstaterade man att den biologiska effekten är beroende av lokalens reflekterande material. En slutsats är att den biologiska effekten troligtvis blir svagare än vad dagsljusfaktorn indikerar i lokaler med sekundärt dagsljus.

Är halva arbetstiden i dagsljus tillräckligt?

Ur vetenskaplig synvinkel finns det skäl att dela upp dagen i olika tidsperioder och beskriva dagsljusfaktorn under de olika perioderna. I praktiken bör tre huvudperioder vara aktuella för en dagtidsanställd. Den första är klockan 06-12 (Mardaljevic et al., 2014). Om personen då får tillräckligt dagsljus (se nedan $CS > 0,3$) räcker det sannolikt för bibehållen hälsa och återhämtning. Den andra perioden gäller lunchrasten, cirka 30–60 minuter, då anställda har rätt att lämna arbetslokalerna och alltså kan få ett betydande tillskott av dagsljus. Den tredje perioden omfattar klockan 13-18. Man kan tänka sig att följande gäller för dessa perioder, utifrån till exempel DF_G :

- Om DF_G bra period 1 - liten risk för ohälsosymtom.
- Om DF_G bra enbart period 2 - förhöjd risk för ohälsa på grund av rytmstörning.
- Om DF_G bra enbart period 3 - förhöjd risk för ohälsa på grund av rytmstörning vid oregelbunden livsföring (sena sovvanor).

Kan otillräcklig dagsljusexponering inomhus kompenseras med vistelse utomhus i samband med exempelvis betald förlängd lunchrast?

Troligtvis kan en betald förlängd lunchrast kompensera för brister i DF_G under period 3 och därmed minska risken för rytmstörning vid oregelbunden livsföring. Om kravet på dagsljus inte uppfylls för period 1 bör arbetsgivaren erbjuda individuella lösningar i form av ljusterapilampor eller belysningslösningar med dagsljuslika inslag.

Hur lång vistelse i dagsljus behövs för att halten melatonin i blod ska påverkas? Vilken är den kortaste vistelsetiden i dagsljus som har signifikant påverkan?

I ljus som överstiger 80 lux dämpas melatoninproduktionen, och effekten blir mer effektiv med blå våglängder (se figur 6). Som störst blir effekten när våglängden är nära 460 nm. Därmed har dagsljus en mer effektiv melatoninindämpande effekt än en elektrisk belysning. Det finns experiment som utförts nattetid när melatoninnivåerna är höga, och i försök med läsplatta (Ipad) med full belysningsstyrka (n = 13) var sänkningen av melatonin 7 procent efter en timmes användning och 23 procent efter två timmar (Wood, Rea, Plitnick, & Figueiro, 2013). Man bör betona att individuella skillnader kan ha stor betydelse för att fastställa vilken dos ljus som behövs. Vid en stark påverkan av dagsljus spelar reaktionen hos det åldrande ögat mindre roll, men den relativa effektiviteten hos en 49-åring är halverad (= 0,52) jämfört med en 14-åring när det gäller känslighet för dagsljus. Ur ett arbetslivsperspektiv behöver en 65-åring tre gånger så starkt ljus som en 25-åring för att få samma fotoreception och dygnsrytmisk effekt (Turner & Mainster, 2008). Dessa ålderseffekter får betydligt större konsekvenser vid lägre ljusintensiteter som återfinns inomhus liksom vid de ljusstyrkor som normalt når ögat under den mörka årstiden (Charman, 2003). Som grundorsak till åldersförändringar i ljuskänslighet har angivits ökad pupillsammandragning och grumling av linsen (Turner & Mainster, 2008).

Förslag på inspektionsmetodik

Arbetsmiljöverket eftersöker förslag på metoder som verkets inspektörer kan använda när de utövar tillsyn över kraven på dagsljus och utblick. I detta arbete ingår att föreslå vilka typer av mätningar som är meningsfulla för inspektörerna att ålägga en ansvarig arbetsgivarrepresentant att utföra och rapportera till Arbetsmiljöverket. Ska inspektörerna kräva att arbetsgivaren beräknar dagsljusfaktorer, gör mätningar på arbetsytor, gör individuella beräkningar av tid i dagsljus, noterar hur individerna upplever tillgång respektive eventuell brist på dagsljus och utblick etc. De mått som beskrivs nedan är främst lämpade för kontorsarbete. För en del andra arbetsmiljöer kan måtten för VH och kontrast vara vanskliga att använda, till exempel inom industri och handel där arbetstagare ändrar arbetsposition och vy (Katunský, Dolníková, & Doroudiani, 2017).

Vägledning för inspektörer

Arbetsmiljöverket har tagit fram en vägledning för inspektörer som har tillsyn över dagsljus (Aringer et al., 2011). En tillsyn med kravställning enligt regelverket kan tvinga en granskad verksamhet att flytta för att den ska klara kraven. Därför finns i vägledningen en prioriteringslista för hur krav bör ställas på olika typer av lokaler. Om en ombyggnad eller flytt är orimlig kan inspektörerna i stället kräva att personalutrymmena har god tillgång till dagsljus och utblicksförhållanden. Om det inte heller går kan man kräva att arbetstagaren får rätt till extra pauser i dagsljus. Ibland begär arbetsgivare undantag från regler som får behandlas från fall till fall.

Arbetsmiljöverket har inte som uppdrag att godkänna ritningar för nya byggnader eller ombyggnationer, men kan upplysa om krav och förklara att krav kan komma att ställas på färdiga lokaler, inkluderande att arbetsgivaren gör en konsekvensbedömning av nya lokaler. Vid inspektionen får man göra en avvägning mellan å ena sidan kostnader och tekniska svårigheter för att tillgodose kraven, och å andra sidan den nytta som kraven medför för arbetstagarna.

Vägledningen uppmärksammar att kraven på dagsljus inte kan uppfyllas året om i vissa regioner som därför är undantagna från kraven, och det gäller även lokaler med speciella förhållanden som omöjliggör ljusinsläpp (till exempel affärscentrum, frysrum och lagerlokaler). I vissa fall kan indirekt dagsljus accepteras, till exempel via ljusinsläpp i tak.

Enligt inspektörer uppstår problem när bedömningar anses vaga, till exempel om ett dagsljusintag är "tillfredställande" (AFS 2009:2, 9 §) och arbetsgivaren kanske gör en annan tolkning. Här poängterar inspektörerna fördelen med att ha tydliga riktvärden. En riktlinje kan vara att beakta den tid som anställda vistas i lokaler utan dagsljus. Här har Arbetsmiljöverket tidigare ställt krav på att arbetstagare bör få minst

4 timmars dagsljus och utblick per dag. För lokaler utan dagsljus bör annars paus på minst en timme vara en undre gräns. En annan lösning kan vara att ge arbetstagare minst 15 minuters dagsljus och utblick per tvåtimmarsperiod. Övriga organisatoriska åtgärder kan i tredje hand inbegripa till exempel minskad arbetstid och/eller fler pauser.

Det blir svårt att specificera krav när anställda inte har möjlighet att lämna arbetslokalen eller när lokaler används på ett nytt sätt. Ett exempel är öppna kontorslandskap där ljusexponeringen varierar mycket mellan arbetsytor. Det är också svårt att fånga upp enskilda anställdas speciella behov, till exempel för dem med synfel.

I många fall ger vägledningen tillräcklig information om vilka krav som bör ställas på en arbetsgivare, men när det finns olika tolkningar kan utredande åtgärder behövas. Arbetsmiljöverkets inspektörer kan ålägga arbetsgivaren att bekosta en mätning av ljusförhållanden, som vanligtvis utförs av företagshälsovården eller en annan aktör med specialistkompetens. Man kan också förorda viss mätmetodik. I följande avsnitt behandlas några möjliga mätmetoder, och det är en fördel om inspektörer och Arbetsmiljöverket är bekanta med mätningarnas fördelar och begränsningar samt hur mätresultaten bör tolkas.

Europeisk standard

En ny europeisk standard för dagsljus i byggnader har arbetats fram av CEN (Comité Européen de Normalisation) med bidrag från EU:s medlemsländer (EN17037, European Committee for Standardization, 2018). Under 2018 godkändes ett förslag av de flesta länder inklusive Sverige. Detta förslag har sedan behandlats av SIS (Swedish Standards Institute) och har publicerats i slutet av 2018 i en svenskt orienterad slutversion (SS-EN 17037:2018). Förslaget omfattar en standard för tillgång till dagsljus, utblick, solinstrålning och bländning. En grundtanke är att alla fyra aspekter bör beaktas och anpassas efter verksamhetsinriktningen i lokaler. Glasytor bör ha en transmission om minst 70 procent och dagsljuset bör uppgå till 300 lux i 50 procent av en arbetslokal under åtminstone halva den tid då dagsljus är tillgängligt under dagen. En nivå om 100 lux anses vara en undre gräns för att säkerställa arbetsprestationer. För direkt solinstrålning är ett mål att ett fönster bör ge minst 1,5 timmars solinstrålning dagligen. Här tas hänsyn till omgivande byggnader, överskjutande balkonger etc. För att beräkna bländning är rekommendationen att använda Daylight Glare Probability (DGP, Galatioto & Beccali, 2016b) för arbetsplatser där man läser, arbetar vid dator eller motsvarande. För att fastställa bländning bör luminansen mätas, och standarden beskriver även enklare metoder för detta. En DGP bör inte överstiga 0,45 under mer än 5 procent av vistelsen vid en arbetsstation. För utblick kvantifieras kvaliteten, och hänsyn tas till den synliga vidden i utblick, horisontal synvinkel mot fönster, hur långt utblicken sträcker sig och innehållet i den. En god utblick innehåller komponenter med både himmel, stad eller landskap och mark. Jämfört med

tidigare standard ger de nya riktlinjerna mer konkreta riktlinjer för hur tillgången till dagsljus kan utvärderas och säkerställas på arbetsplatser.

Dagsljusfaktor

Det finns fördelar och nackdelar med olika mått på dagsljus (Rogers & Tillberg, 2015). Dagsljusfaktorn bestämmer DFP i en punkt och är förhållandevis enkel att beräkna med datorstöd eller för hand. Nackdelen är att den inte tar hänsyn till väderstreck, klimat, ort och så vidare. Genomsnittlig DFG är populär och enkel att beräkna med datorprogram. Men precis som med DFP tas inte hänsyn till väderstreck, klimat och så vidare. För DF föreslås en övergång till att mäta genomsnittlig dagsljusfaktor (DFG). Datorsimulering där hänsyn tas till klimatdata (plats och årstid; climate-based data modeling CBDM) håller på att bli standard i byggdesign, men realmätning av yttre och inre ljusförhållanden är fortfarande värdefulla. Datorsimulering bör innehålla en realistisk nivå för utomhusljus en mulen dag men vissa mått kan bli orealistiska om man till exempel inte beaktar omgivande byggnader eller möblering i rummet. Några andra viktiga mått för kvantifiering av ljus är index för färgåtergivning (CRI), färgtemperatur (CCT), ljuseffektivitet (lumens/watt) och bländningsindex (UGR). Dessa mått kan vara enklare att beräkna och lättare att förstå än CBDM exempelvis när olika ljuskällor ska jämföras (Boyce & Smet, 2014).

Utredare av dagsljuskrav (Rogers & Tillberg, 2015) föreslår att dagsljusfaktorn fortsätter att vara förstaval när det gäller fall som inte går att utvärdera enligt standard i Boverkets byggregler (Boverkets byggregler, BBR BFS, 2014). Forskarna rekommenderar att punktmätt dagsljusfaktor ersätts med medeldagsljusfaktor. Som skäl för detta anges att beräkningsnoggrannheten ökar, men även att man slipper osäkerheten vid valet av beräkningspunkt i rum med komplex geometri. Författarna påpekar även att normen inte utesluter användning av komplexa beräkningsmetoder såsom UDI. Vidare finns förslag på hur DF bör beräknas i förhållande till klimatdata för en standardisering i Europa (CEN) (Mardaljevic et al., 2013). I förslaget anges att en median-DFP över året bör vara 300 lux vid skrivbordshöjd över en relevant halva av golvytan under 50 procent av tiden när det finns dagsljus.

DFG som framtagits i byggdesign bör kunna ge Arbetsmiljöverket grundläggande information om ljusförhållanden vid ett visst yrkesarbete. Dessa värden kan vid behov kompletteras med en senare manuell mätning av DFG om det finns risk för att den fysiska miljön förändrats så att den reducerar en verklig DFG.

För att uppskatta dagsljusförhållanden kan ett alternativ vara att beräkna en VH Ratio (Vertical to Horizontal illuminance, $VH = EV / EH$) (Galatioto & Beccali, 2016b). Värdet sträcker sig normalt från cirka 0,2 (klart väder) till 0,3 (mulen dag). Måttet påstås vara mer relevant för den biologiska

effekten än DFP, men i litteraturen finns inga praktiska tillämpningar och riktvärden så VH Ratio behöver utvärderas i fält. Måttet tar hänsyn till bländning från fönster.

Fönsterarea

Fönsterarea är mycket enkel att beräkna för hand och kräver lite indata. Likt andra mått ovan tar det inte hänsyn till väderstreck, klimat, solljus, omgivande byggnader och utskjutande balkonger, avskärmande fönsterglas med mera. Fönsterarea som mått bör inte tillämpas i rum som är djupare än 6 meter. För att beräkna fönsterglasarean kan man använda en förenklad metod enligt SS 91 42 01, och den gäller för rumsstorlekar, fönsterglas, fönstermått, fönsterplacering och avskärmningsvinklar enligt standarden. Då bör ett schablonvärde för rummets fönsterglasarea vara minst 10 procent av golvarean. Det innebär en dagsljusfaktor på cirka 1 procent om standardens förutsättningar är uppfyllda. För rum med andra förutsättningar än de som anges i standarden kan fönsterglasarean beräknas för dagsljusfaktorn 1,0 procent enligt standardens bilaga.

Övriga mått som ibland diskuteras är Useful Daylight Illuminance (UDI), Dagsljusautonomi (DA) och Spatial Daylight Autonomy (SDA). De är kraftfulla för att bestämma dagsljus, solinstrålning och bländning men kräver specialistkunskaper och tar lång tid att beräkna.

Sammanfattningsvis bör en beställd ljusmätning inkludera beräkning av fönsterarean för lokaler som inte är djupare än 6 meter. Som tillägg bör man redovisa avstånd till omgivande byggnader, vertikal vinkel till dessa byggnaders tak och ge information om utskjutande balkonger, avskärmande fönsterglas med mera.

Circadisk styrka

När det gäller ljusets biologiska effekt på individen kan det vara intressant att beräkna circadisk styrka (CS). Basmåttet för CS är 0,0 och det är ett riktvärde för aktivering av människans biologiska system (Figueiro et al., 2017) som bygger på hur mycket melatoninproduktionen dämpas vid motsvarande ljusnivå under en timmes exponering nattetid vid en pupilldiameter om 2,3 mm. CS kan också beräknas med ljussimulering (till exempel DAYSIM; Acosta, Leslie, and Figueiro 2017). Vid 0,7 CS är den biologiska responsen mättad och det kan både dagsljus och elektriskt ljus åstadkomma. Vid 0,35 CS är melatoninindämpningen 50 procent. Som jämförelse finns laborativa försök med personer som utsattes för 5 timmars ljus om 50–160 lux (4 100 Kelvin) i tre dagar. De fick en CS på 0,04–0,15 och för att få 0,35 CS behövs 233 lux för ögat under förmiddagstimmarna (Acosta et al., 2017). CS bör mätas vertikalt i ögonhöjd i en arbetsställning som motsvarar ett upprätt huvud.

Ljusmätning bör alltså göras i vertikalplanet, och ljussensorn placeras under normala förhållanden 30–45 cm ovan arbetsytan.

Arbetsstationer som används regelbundet bör inte ha mindre än 0,1 CS under arbetstimmarna och inte understiga 0,3 CS minst 30 minuter från arbetsdagens start och fram till lunch (klockan 12:00). Arbetstagare kan alternativt erbjudas plats med minst 0,3 CS i 30 minuter fram till lunch. I en tillämpning bör CS beräknas över tid under en arbetsdag och ge minst ett värde för förmiddag och ett totalmått för hela arbetsdagen. I fältförsök har CS också beräknats hos användare som burit ljusmätare i sju dagar. Med ett förenklat mätningförfarande är det fullt möjligt att göra en ljusmätning med stöd av kalkylblad i Excel där ett spektrum kan anges eller val av typbelysning (<http://www.lrc.rpi.edu/programs/lightHealth/index.asp>) (Rea & Figueiro, 2018). Förslagsvis bör en mätmetodik i denna riktning utvecklas i samråd med LRC (Lighting Research Center). Mätresultaten beror på årstid, så mätperioderna behöver preciseras. Förslagsvis bör mätningar ske på hösten eller vintern eftersom ljusbrist har negativ inverkan på psykisk hälsa. Det är bäst att använda dagsljusförhållanden liknande dem som används för att bestämma DFG (en mulen vinterdag). Ett mer praktiskt exempel innebär att man beräknar en kvot mellan väggarea för fönstervägg och fönsterarea, och jämför den med CS i relation till avståndet från fönster (Acosta et al., 2017). Data kan predicera dagsljus i till exempel planerade lokaler.

För mycket direktstrålande ljus

En frågan är hur man maximalt kan utnyttja dagsljuset, och då behövs enligt en studie sannolikt en kompromiss mellan negativ påverkan av bländning, stora kontraster mellan inkommande ljus och omgivningsljus och det dagsljus som ger hälsofördelar och goda prestationer (Araji & Boubekri, 2008). Författarna föreslår att man balanserar dessa faktorer. För arbetstagare som har en vy direkt framför sig, med fönster, blir bländningsfrågan viktig och man måste avskärma direktstrålande solljus med bländskydd. I AFS 1998:5 om bildskärmsarbete finns ett sådant krav i § 3, andra stycket. Vid en arbetsmiljögenomgång bör man kontrollera om det finns risk för direkt solinstrålning och se till att lämplig avskärmning finns tillgänglig. För avskärmningen finns många olika typer av material och utformning, och valet beror bland annat på typ av arbetslokal. Forskning ger också goda indikatorer på lämpliga val som ändå bibehåller dagsljusinslag (Dubois, 2003). En studie beräknade att 1 700 lux i vertikal mätning och 1 900–2 100 lux i horisontalplanet är lämpliga tröskelvärden för att undvika bländning, men angav att de individuella skillnaderna i upplevelse är stora ($n = 44$) (Karlsen, Heiselberg, Bryn, & Johra, 2015). Enligt en annan studie skulle de rekommenderade nivåerna kunna vara en illuminans och luminans som är mindre än 4 000 lux respektive 60 cd/m² i det visuella fältet (Katunský et al., 2017). Den observerade kvoten mellan en illuminansdetalj från till exempel ett takfönster och rummet bör inte vara för stor. Normalt rekommenderas kvoter på max 10:1 när övergripande värden i det visuella fältet beaktas (personlig kommunikation, Arbetsmiljöverket Per Nylén). Där mäts alltså det sammanvägda dagsljusinslaget. Toleransen för bländning är troligen större om det kommer från dagsljus och fönster än motsvarande elektriskt ljus (Borisuit et al., 2015).

Forskningsbehov

Studier som gjorts vid olika årstider ger en indikation på dagsljusets inflytande. Men i de flesta studier som rör effekter av dagsljus på arbetsplatser förekommer en interaktion med elektriskt ljus, och det finns ingen tydlig avgränsning mot effekter av enbart naturligt dagsljus. Därför finns det ett fortsatt behov i forskning för att särskilja dagsljus från elektrisk ljuspåverkan. Den tekniska utvecklingen av bland annat LED-teknik går snabbt framåt och lysdioder kommer i framtiden bli bättre på att efterlikna naturligt ljus, och detta kommer att behöva prövas vetenskapligt. Egna och andras försök har också illustrerat att när dagsljus jämförs med artificiell belysning behövs större grupper för att påvisa effekter. Dessutom bör årsvariationen beaktas för att man ska kunna följa effekter på psykisk hälsa. I en studie visade till exempel melatoninmätningar kvällstid att dygnsrytmen var försenad hos dem som burit ljusavskärmande glasögon, men man fann inga skillnader i sömnmätningar, skattningar av humör och vakenhet eller prestationsresultat. En tidigare studie visade ett liknande mönster (Figueiro & Rea, 2010). Författarna konstaterar att bristen på resultat för vissa variabler kan bero på de små grupperna ($n = 9 + 8$) och att resultatet behöver säkerställas i studier av större grupper.

Sammanfattningsvis finns få studier som undersökt påverkan på hälsa i arbetslivet och dagsljuspåverkan, även om påverkan på psykologiskt välbefinnande och produktivitet är beskrivna ($n = 49$, Boubekri et al. 2014). Effekten av utblick i sig är svårt att särskilja från effekten av dagsljus, men dagsljuseffekten verkar med det nuvarande kunskapsläget väga tyngre för hälsan än effekt av enbart utsiktutblick.

En Cochranöversikt av forskningsrapporter om interventioner med ljus visar att få studier har tillämpat strikt vetenskapliga krav i design (Pachito et al., 2018). Hit hör att utforma försöksgrupper i en randomiserad design och att inkludera jämförbara kontrollgrupper. I en metaanalys anser författarna att evidensen är mycket låg för att vitt ljus (högt Kelvintal) gör människor piggare och mindre irriterbara samt minskar ögonbesvär och huvudvärk, jämfört med traditionell belysning vid dagarbete. Vidare är det låg evidens för att individuella ljusbehandlingsalternativ på arbetet kan förebygga mildare former av SAD och göra deltagarna piggare. (I denna typ av utvärderingar räknas en sänkning av depressionspoäng med 50 procent hos mindre än 60 procent av deltagarna som låg evidens). I översikten (baserad på 2 844 studier) kunde man inte finna någon högkvalitativ studie som jämfört elektriskt ljus med dagsljus i fält.

Forskningen innehåller många beskrivningar av hur ljus påverkar inställning eller fas i dygnsrytm. Fortfarande saknas dock data på hur mycket ljus vi normalt behöver för att på lång sikt bibehålla en god hälsa och undvika fasförskjutningar. Få studier har uppmärksammat betydelsen av fotonhistorik, till exempel hur dagsljusexponering på arbetet

reducerar effekterna av ljuspåverkan senare under kvällen (Rångtall et al., 2016). Men det finns indikation på att dagsljusexponering förbättrar prestationen vid senare arbete nattetid (Figueiro, Nonaka, & Rea, 2014). Det är heller inte klarlagt om dagsljusbrist på vardagar kan kompenseras med dagsljusexponering under helger eller lediga dagar. Sambandet mellan dagsljusexponering och humör är vidare otillräckligt dokumenterad i forskning, liksom hur humöret påverkar produktiviteten (Boyce et al., 2003). Humöret blir antagligen bättre om någon flyttar från en arbetsplats med lite dagsljus till en annan med mycket dagsljus. Likaså är det sannolikt att humöret försämras om någon flyttar till en arbetsplats med sämre dagsljusförhållanden, tills personen har anpassat sig. Flera studier har undersökt ljusets effekt på människa men det är fortfarande oklart hur mycket ljus som behövs under dagtid för att behålla en dagtidsorienterad dygnsrytm (Münch & Bromundt, 2012). Speciellt viktigt är att även i longitudinella studier studera hälsoutfall i relation till ljusexponering. Detta är betydelsefullt att fastställa eftersom människor i dag vistas allt mindre utomhus. Det kan också finnas interindividuella skillnader, till exempel mellan morgon- och kvällsmänniskor, vilket ytterligare behöver belysas. Dessutom bör latitud och byggnadsaspekter spela en stor roll, och troligtvis behövs interdisciplinära samarbeten för att optimera ljusförhållanden och visa på praktiska goda exempel. Det finns ingen uppföljning av hur äldre i arbetslivet påverkas av riktvärden, men det är viktigt att studera eftersom synskillnader är mer markerade vid de belysningsnivåer som är vanliga på arbetsplatser.

Vad gäller betydelsen av utblick krävs ytterligare forskning för att fastställa om introduktion av naturelement i arbetsmiljön har samma effekt på välbefinnandet som en vy från fönster. I en studie fick 958 sjuksköterskor i USA gradera bilder på olika arbetsmiljöer från en skala från 1 till 10. Högst poäng fick en arbetsplats med utblick över ett grönområde medan det var mindre populärt med utblick via balkong och växter inomhus som alternativ (Nejati, Rodiek, & Shepley, 2016). Det är emellertid svårt att koppla vy till hälsoutfall. Eventuellt kan den psykologiska effekten av att se en utblick via en platt-tv vara likvärdig effekten av en äkta utblick, men förhållandevis få studier har studerat utblick i samband med arbete. Flera studier har dock visat positiva hälsoeffekter, speciellt på psykisk hälsa och välbefinnande, av en utblick som inkluderar någon form av naturupplevelse. Enligt den så kallade biofila hypotesen kan denna typ av stimulans gynna välbefinnande och hälsa. Hypotesen är tilltalande men möjliga underliggande neurala processer har inte beskrivits (Figueiro et al., 2014). I vissa studier är det svårt att särskilja effekter av enbart utblick och effekt av dagsljus, och artificiella experimentella metoder som till exempel inbegriper filmvisning är inte alltid realistiska ur ett arbetslivsperspektiv.

För årstidsbunden depression (SAD) fastställde SBU för över tio år sedan att det saknas kontrollerade studier av ljuspåverkan och symtom på depression (SBU, 2007). Det är bland annat svårt att kontrollera för placeboeffekter i en ljusdesign. Uppkomst av psykisk ohälsa kan bero på många saker, och ljusets roll behöver klargöras tydligare i framtida forskning. Det är speciellt longitudinella studier som saknas. Prevalensen av psykisk ohälsa är 1,5 gånger större för kvinnor, vilket visar att kvinnor kan vara mer känsliga för just årstidsskillnader. Orsaken är inte fastställd även om det finns andra skillnader mellan könen som rör årstiderna, till exempel ätbeteendet.

För att mäta dagsljusexponering vid yrkesarbete behöver mått såsom dagsljusfaktorer utvärderas vidare och preciseras. Med hjälp av datorsimulering går det att räkna fram en teoretisk DFG vid nybyggnationer, men värdet reduceras troligen när lokalen fått sin slutliga utformning. DFG kan korrigeras med ett medelvärdesmått utifrån några typexempel. I detta metodarbete kan Arbetsmiljöverket få stöd utifrån några pilotförsök.

Slutsatser

Dagsljusförhållanden på arbetsplatsen har ett samband med hälsoutfall och prestationsförmåga. Därför finns ett tydligt användarperspektiv i de data som redovisas men också en koppling till hur människor rent biologiskt reagerar på ljusexponering i samband med dagtidsarbete. Detta arbetsmiljöområde förväntas få större betydelse i arbetslivet, inte minst eftersom psykisk ohälsa blir ett allt större problem i Sverige. Vi vistas mindre utomhus på fritiden, inomhusarbetet ökar och förtätning och ytmaximering av arbetsytor reducerar exponering för dagsljus. Sammantaget avskärmar vi oss från den evolutionära anpassningen till naturliga ljus- och mörkerväxlingar. Därmed ökar beroendet av elektrisk belysning och närhet till fönster, speciellt i samband med arbete. Vårt nordliga geografiska läge ger också mindre dagsljus höst och vinter, vilket minskar möjligheten att upprätta hälsosamma ljusförhållanden. För att motverka ohälsa och prestationsförsämring behövs rekommendationer för ljus på arbetsplatsen som anpassas till ny kunskap om ljusets biologiska effekter. Därför diskuteras ny ljusmätningsteknik som är mer inriktad mot att beräkna individens faktiska ljusexponering snarare än dagsljusförhållandena i lokalen som sådan.

Dagsljus har generellt positiv inverkan på människors hälsa

Kunskapssammanställningen ger flera resultat som tyder på att dagsljusexponering gör människor piggare och minskar förekomsten av ohälsa:

I tvärsnittsstudier finns ett samband mellan ohälsa och brist på dagsljusexponering, med besvär såsom dagtidströtthet, sömnbesvär, senarelagd dygnsrytm och humörpåverkan speciellt under höst och vinter. Det finns dock inga longitudinella studier så orsakssambanden mellan ljusexponering och hälsa behöver undersökas vidare.

Dagsljus gör människor mer aktiva och piggare samt anpassar dygnsrytmen till en dagtidsorientering, vilket ökar välbefinnandet, hälsan och möjligheterna till återhämtning.

Ljus påverkar oss på olika sätt beroende på styrka, spektralsammansättning, tidpunkt på dygnet och exponeringstid. Förmiddagsljus tidigarelägger dygnsrytmen, eftermiddagsljus upprätthåller en befintlig rytmställning och kvällsljus eller nattljus senarelägger dygnsrytmen.

Arbetstagare föredrar alltid naturligt dagsljus framför elektriska alternativ så länge ljuset inte bländar eller ger för mycket värme. Alla föredrar också att sitta nära fönster och ha utblick, speciellt om utblicken innehåller gröna element. Utblick ger också stimulans, bland annat information om tid, årstidsväxlingar och väder.

Elektriskt ljus ger inte samma kvalitet som dagsljus när det gäller biologisk påverkan, färgåtergivning, skuggbildning och dynamiska förlopp. Fältförsök visar låg evidens för att skillnader mellan dagsljus och elektriskt ljus påverkar hälsa vid dagarbete. Till följd av vårt geografiska läge måste elektriskt ljus finnas tillgängligt för dagarbete.

Allt ljus dämpar melatoninproduktionen, vilket är önskvärt dagtid. Högre belysningsstyrka och ljus som innehåller blå våglängder (dagsljus och vitt ljus) är dock mer effektivt än vanligt förekommande elektriskt ljus.

Visuell prestation behöver inte försämrats av elektriska ljusalternativ. Ett elektriskt starkt ljus har ungefär samma effekt på dygnsrytmen och dagtidsaktiveringen som dagsljus av jämförbar styrka. Närhet till fönster och utblick är svårt att ersätta med elektriskt ljus, men det gäller alltså människors subjektiva preferenser. Det är nämligen svårt att få någon vetenskaplig evidens för betydelsen av utblick.

Dagens mått och mätmetoder har begränsningar

Det finns många olika sätt att mäta tillgången till dagsljus på en arbetsplats, och de har alla sina fördelar och nackdelar:

Dagsljusfaktor (DFP) är ett vanligt och viktigt mått på arbetsplatsens dagsljusstillgång. DFP avspeglar ljusförhållanden under en mulen vinterdag och inkluderar inte bidrag från elektriskt ljus. Nya datoriserade modeller för dagsljusexponering kan ge mer information, men de kräver expertkunskap och är tidskrävande att använda. När det gäller bestämning av dagsljusfaktor bör Arbetsmiljöverkets inspektörer efterfråga ett medelvärde (DFG) i stället för positionsmått (DFP) i en lokal.

Relationen mellan horisontal- och vertikalmått vid arbetsstationen ger mer information än DFP men måttet behöver prövas och vidareutvecklas.

En ny europeisk standard för dagsljus i byggnader (EN17037) har presenterats. Den ger vägledning om metodik, utvärdering, rekommenderade riktvärden för dagsljusexponering och sätt att kvantifiera de fyra viktigaste aspekterna av dagsljus: mängd dagsljus, utblick, bländning och direkt solinstrålning.

Det finns inga entydiga rekommendationer för dagsljusexponering på arbetsplatsen

I dag finns vissa riktlinjer för mängden dagsljus på en arbetsplats, men det behövs mer forskning som tar hänsyn till geografiska och individuella skillnader:

Mätning av cirkadisk styrka (CS; jmf Eng. circadian stimulus) är för närvarande den metod som bäst avspeglar biologisk påverkan av dagsljus. Måttet tar hänsyn till tid på dygnet för ljusexponering. Rekommendationen är styrka om $> 0,3$ CS i minst två timmar på förmiddagen. En arbetsplats bör inte ha mindre än $0,1$ i genomsnittligt CS och ge minst $0,3$ CS i en timme under förmiddagen alternativt tidig lunchperiod.

Man bör rent vetenskapligt vara skeptisk till måttet DFP om 1 procent. DFP utgörs av två ljusmätningar, en i horisontalplan inomhus på en arbetsyta och en utomhus. Illuminansvärden är ett bra mått för visuell prestation men är inte lika bra på att fånga andra fördelar som dagsljuset ger. För att avgöra dygnsrytmisk påverkan bör mätningen utföras i ögonhöjd och i horisontell blickriktning (vertikalmätning).

Arbete i en lokal med ljusbrist ($CS < 0,3$) kan sannolikt kompenseras om lokaler för rast och lunch är väl upplysta av dagsljus. En ytterligare förbättring kan vara förlängd betald lunchtid.

Det behövs mer forskning för att fastställa hur mycket dagsljus som behövs på nordliga breddgrader och hur individuella skillnader (ålder och morgonpigga eller kvällspigga) påverkar rekommenderad ljusexponering. Arbetstagare som är känsliga för humörsänkningar under den mörka årstiden bör erbjudas mer exponering för ljus på förmiddagen.

Referenser

- Acosta, I., Leslie, R., & Figueiro, M. 2017. **Analysis of circadian stimulus allowed by daylighting in hospital rooms.** *Lighting Research & Technology*, 49: 49–61.
- Acosta, I., Munoz, C., Campano, M. A., & Navarro, J. 2015a. **Analysis of daylight factors and energy saving allowed by windows under overcast sky conditions.** *Renewable Energy*, 77: 194–207.
- Acosta, I., Munoz, C., Campano, M. A., & Navarro, J. 2015b. **Analysis of daylight factors and energy saving allowed by windows under overcast sky conditions.** *Renewable Energy*, 77: 194–207.
- Akerstedt, T., Kecklund, G., Alfredsson, L., & Selén, J. 2007. **Predicting long-term sickness absence from sleep and fatigue.** *Journal of Sleep Research*, 16: 341–345.
- Alimoglu, M. K., & Donmez, L. 2005. **Daylight exposure and the other predictors of burnout among nurses in a University Hospital.** *International Journal of Nursing Studies*, 42(5): 549–555.
- Araji, M. T., & Boubekri, M. 2008. **Window Sizing Procedures based on Vertical Illuminance and Degree of Discomfort Glare in Buildings Interiors.** *Architectural Science Review*, 51: 252–262.
- Arbetsmiljöverket. 2016. **Arbetsorsakade besvär 2016: Arbetsmiljöstatistik, Rapport 3:2016.**
- Arendt, J. 2012. **Biological rhythms during residence in polar regions.** *Chronobiology International*, 29: 379–394.
- Aries, M. B. C., Aarts, M. P. J., & Hoof, J. Van. 2013. **Daylight and health: A review of the evidence and consequences for the built environment.** *Lighting Research and Technology*, 47: 6–27.
- Aries, M. B. C., Veitch, J. A., & Newsham, G. R. 2010. **Windows , view , and office characteristics predict physical and psychological discomfort.** *Journal of Environmental Psychology*, 30(4): 533–541.
- Aringer, L., Hoem, A., Nylén, P., Rosenius, U., Sandkull, K., Wigforss, A., Wooremaa-nilson, S., & Åhlander, G. 2011. **VägledningsPM, REM2009/41: 1–17.**
- Begemann, S. H. A., Beld, G. J. Van Den, & Tenner, A. D. 1997. **Daylight , artificial light and people in an office environment , overview of visual and biological responses.** *International Journal of Industrial Ergonomics*, 20: 231–239.
- Bellia, L., Pedace, A., & Barbato, G. 2013. **Lighting in educational environments : An example of a complete analysis of the effects of daylight and electric light on occupants.** *Building and Environment*, 68: 50–65.

Beute, F., & Kort, Y. A. W. de. 2018. **Health & Place The natural context of wellbeing : Ecological momentary assessment of the influence of nature and daylight on affect and stress for individuals with depression levels varying from none to clinical.** *Health & Place*, 49: 7-18.

Bjorvatn, B., & Pallesen, S. 2009. **A practical approach to circadian rhythm sleep disorders.** *Sleep Medicine Reviews*, 13: 47-60.

Bjørnstad, S., Patil, G. G., & Raanaas, R. K. 2016. **Nature contact and organizational support during office working hours : Benefits relating to stress reduction , subjective health complaints , and sick leave.** *Work*, 53: 9-20.

Borg, N. 2018. **LED-revolutionen - utmaningar och möjligheter för Sverige.**

Borisuit, A., Linhart, F., Scartezzini, J.-L., & Munch, M. 2015. **Effects of realistic office daylighting and electric lighting conditions on visual comfort, alertness and mood.** *Lighting Res Technol*, 47: 192-209.

Boubekri, M., Cheung, I. N., Reid, K. J., Wang, C. H., & Zee, P. C. 2014a. **Impact of windows and daylight exposure on overall health and sleep quality of office workers: A case-control pilot study.** *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 10: 603-612.

Boubekri, M., Cheung, I. N., Reid, K. J., Wang, C. H., & Zee, P. C. 2014b. **Impact of windows and daylight exposure on overall health and sleep quality of office workers: A case-control pilot study.** *Journal of Clinical Sleep Medicine*.

Boverkets byggregler, BBR BFS. 2014.

Boyce, P., Hunter, C., & Howlett, O. 2003. **The Benefits of Daylight through Windows.** *Lighting Research Center*, 1: 1-88.

Boyce, P., & Smet, K. 2014. **LRT symposium ' Better metrics for better lighting ' - a summary.** *Lighting Research & Technology*, 46: 619-636.

Cajochen, C., Zeitzer, J. M., Czeisler, C. A., & Dijk, D. 2000. **Dose-response relationship for light intensity and ocular and electroencephalographic correlates of human alertness.** *Behavioral Brain Research*, 115: 75-83.

CEN. European Committee for Standardization. 2018. **Daylight in buildings.** CEN-CENELEC Management Centre: Bryssels. EN 170037:2018: 1-15.

Charman, W. N. 2003. **Age, lens transmittance, and the possible effects of light on melatonin suppression.** *Ophthalmic and Physiological Optics*, 23: 181-187.

- Chotai, J., Smedh, K., Johansson, C., Nilsson, L.-G., & Adolfsson, R. 2004. **An epidemiological study on gender differences in self-reported seasonal changes in mood and behaviour in a general population of northern Sweden.** *Nordic journal of psychiatry*, 58: 429–37.
- Crowley, S. J., Molina, T. A., & Burgess, H. J. 2015. **A week in the life of full-time of fi ce workers : Work day and weekend light exposure in summer and winter.** *Applied Ergonomics*, 46: 193–200.
- Czeisler, C. A., Richardson, G. S., Zimmerman, J. C., Moore-Ede, M. C., & Weitzman, E. . 1981. **Entrainment of human circadian rhythms by light dark cycles: a reassessment.** *Photochem Photobiol*, 34: 239–247.
- Daugaard Pedersen, S. 2017. **Occupational light exposure, melatonin, and vitamin D.** Aarhus University.
- Dubois, M.-C. 2003. **Shading devices and daylight quality: an evaluation based on simple performance indicators.** *Lighting Research and Technology*, 35: 61–74.
- Dumont, M., & Beaulieu, C. 2007. **Light exposure in the natural environment: Relevance to mood and sleep disorders.** *Sleep Medicine*, 8: 557–565.
- Evensen, K. H., Raanaas, R. K., & Patil, G. G. 2013. **Potential health benefits of nature-based interventions in the work environment during winter. A case study.** *Psycology*, 4: 67–88.
- Favero, F. 2014. **Light (and dark) rhythms.** Half-Time Seminar Report, KTH, KTH: 1–73.
- Figueiro, M. G., Hunter, C. M., Higgins, P., Hornick, T., Jones, E., Plitnick, B., Brons, J., Rea, M. S., Stokes, L., & Veterans, C. 2015. **Tailored Lighting Intervention for Persons with Dementia and Caregivers Living at Home.** *Sleep Health*, 1: 322–330.
- Figueiro, M. G., Nonaka, S., & Rea, M. S. 2014. **Daylight exposure has a positive carryover effect on nighttime performance and subjective sleepiness.** *Lighting Research & Technology*, 46: 506–519.
- Figueiro, M. G., & Rea, M. S. 2010. **Lack of short-wavelength light during the school day delays dim light melatonin onset (DLMO) in middle school students.** *Neuro Endocrinol Lett*, 31: 92–96.
- Figueiro, M. G., Rea, M. S., & Bullough, J. D. 2006. **Circadian effectiveness of two polychromatic lights in suppressing human nocturnal melatonin,** 406: 293–297.
- Figueiro, M. G., Sahin, L., Wood, B., & Plitnick, B. 2016. **Light at Night and Measures of Alertness and Performance : Implications for Shift Workers.** *Biological Research for Nursing*, 18: 90–100.

- Figueiro, M. G., Steverson, B., Heerwagen, J., Kampschroer, K., Hunter, C. M., Gonzales, K., Plitnick, B., & Rea, M. S. 2017. **The impact of daytime light exposures on sleep and mood in office workers.** *Sleep Health*, 3: 204–2015.
- Folkhälsomyndigheten. 2017. **Ljus och hälsa. En kunskapssammanställning om dagsljusets betydelse i inomhusmiljö.**
- Foster, R. G., & Kreitzman, L. 2014. **The rhythms of life : what your body clock means to you!** *Exp Physiol*, 4: 599–606.
- Galatioto, A., & Beccali, M. 2016a. **Aspects and issues of daylighting assessment : A review study.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 66: 852–860.
- Galatioto, A., & Beccali, M. 2016b. **Aspects and issues of daylighting assessment : A review study.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 66: 852–860.
- Gerhardsson, K. M. 2016. **Light at Home survey : Summary of results for LRC.** Lunds universitet, 1–31.
- Grimaldi, S., Partonen, T., Saarni, S. I., & Aromaa, A. 2008. **Indoors illumination and seasonal changes in mood and behavior are associated with the health-related quality of life.** *Health and Quality of Life Outcomes*, 8: 1–8.
- Hanson, L. L. M., Leineweber, C., Persson, V., Hyde, M., Theorell, T., & Westerlund, H. 2018. **Cohort Profile : The Swedish Longitudinal Occupational Survey of Health (SLOSH).** *International Journal of Epidemiology*, 0: 1–11.
- Hartig, T., Evans, G. W., Jamner, L. D., Davis, D. S., & Gärling, T. 2003. **Tracking restoration in natural and urban field settings.** *J of Environmental Psychology*, 23: 109–123.
- Heil, D. P., & Mathis, S. R. 2002. **Characterizing free-living light exposure using a wrist-worn light monitor.** *Applied Ergonomics*, 33: 357–363.
- Hubalek, S., Schierz, C., & Brink, M. 2010. **Office workers ' daily exposure to light and its influence on sleep quality and mood.** *Lighting Research and Technology*, 42: 33–50.
- Iglesia, H. O., Fernández-Duque, E., Golombek, D. A., Lanza, N., Duffy, J. F., Czeisler, C. A., & Vaggia, C. R. 2015. **Access to electric light is associated with shorter sleep duration in a traditionally hunter-gatherer community.** *Journal of Biological Rhythms*, 30: 342–350.
- Iglesia, H. O., Moreno, C., Lowden, A., Louzada, F., Marqueze, E., Levandovski, R., Pilz, L. K., Vaggia, C., Fernandez-Duque, E., Golombek, D. A., Czeisler, C. A., Skene, D. J., Duffy, J. F., & Roenneberg, T. 2016. **Ancestral sleep.** *Current Biology*, 26: R271–R272.

- Juzeniene, A., Brekke, P., Dahlback, A., Andersson-Engels, S., Reichrath, J., Moan, K., Holick, M. F., Grant, W. B., & Moan, J. 2011. **Solar radiation and human health**. Reports on Progress in Physics, 74: 56pp.
- Kaida, K., Takahashi, M., Haratani, T., Otsuka, Y., Fukasawa, K., & Nakata, A. 2006. **Indoor exposure to natural bright light prevents afternoon sleepiness**. Sleep, 29: 462–469.
- Kaida, K., Takahashi, M., & Otsuka, Y. 2007. **A Short Nap and Natural Bright Light Exposure Improve Positive Mood Status**. Industrial Health, 45: 301–308.
- Kaplan, S. 1995. **The restorative effects of nature: Toward an integrative framework**. Journal of Environmental Psychology, 16: 169–182.
- Karlsen, L., Heiselberg, P., Bryn, I., & Johra, H. 2015. **Verification of simple illuminance based measures for indication of discomfort glare from windows**. Building and Environment, 92: 615–626.
- Katunský, D., Dolníková, E., & Doroudiani, S. 2017. **Integrated Lighting Efficiency Analysis in Large Industrial Buildings to Enhance Indoor Environmental Quality**. Buildings, 7: 47.
- Khalsa, S. B. S., Jewett, M. E., Cajochen, C., & Czeisler, C. A. 2003. **A phase response curve to single bright light pulses in human subjects**. J Physiol, 549: 945–952.
- Koller, M., Härma, M., Laitinen, J. T., Kundi, M., Piegler, B., & Haider, M. 1994. **Different patterns of light exposure in relation to melatonin and Cortisol rhythms and sleep of night workers**. Journal of Pineal Research, 16: 127–135.
- Küller, R., Ballal, S., Laike, T., & Mikellides, B. 2007. **The impact of light and colour on psychological mood : a cross-cultural study of indoor work environments** The impact of light and colour on psychological mood : a cross-cultural study of indoor work environments. Ergonomics, 49: 1496–1507.
- Lambert, G. W., Reid, C., Kaye, D. M., Jennings, G. L., & Esler, M. D. 2002. **Effect of sunlight and season on serotonin turnover in the brain**. The Lancet, 360: 1840–1842.
- LeGates, T., Fernandez, D., & Hattar, S. 2014. **Light as a central modulator of circadian rhythms, sleep and affect**. Nat Rev Neurosci, 15: 443–454.
- Leger, D., Bayon, V., Elbaz, M., Philip, P., & Choudat, D. 2011. **Underexposure to light at work and its association to insomnia and sleepiness. A cross-sectional study of 13296 workers of one transportation company**. Journal of Psychosomatic Research, 70: 29–36.

- Leppämäki, S. J., Partonen, T. T., Hurme, J., Haukka, J. K., & Lönnqvist, J. K. 2002. **Randomized trial of the efficacy of bright-light exposure and aerobic exercise on depressive symptoms and serum lipids.** *The Journal of clinical psychiatry*, 63: 316–321.
- Lowden, A., Lemos, N. A. M., Gonçalves, B. S. B., Öztürk, G., Louzada, F., Pedrazzoli, M., & Moreno, C. R. 2019. **Delayed sleep in winter related to natural daylight exposure among subarctic day workers.** *Clocks & Sleep* 1: 105-116.
- Lowden, A., & Åkerstedt, T. 2012. **Assessment of a New Dynamic Light Regimen in a Nuclear Power Control Room Without Windows on Quickly Rotating Shiftworkers – Effects on Health, Wakefulness, and Circadian Alignment: A Pilot Study.** *Chronobiology international*, 29: 641–649.
- Löfberg, H. A. 1987. **Räkna med dagsljus.** Statens institut för byggnadsforskning, 1–63.
- MacKerron, G., & Mourato, S. 2013. **Happiness is greater in natural environments.** *Global Environmental Change*, 23: 992–1000.
- Mardaljevic, J., Andersen, M., & Christoffersen, J. 2014. **A framework for predicting the non-visual effects of daylight - Part II: The simulation model.** *Lighting Research and Technology*, 46: 388–406.
- Mardaljevic, J., Christoffersen, & Raynham, P. 2013. **A proposal for a European standard for daylight in buildings.** *Lux Europa 2013 12th European Lighting Conference*, At Krakow, Poland, 1–14.
- Markussen, S., & Røed, K. 2015. **Daylight and absenteeism - Evidence from Norway.** *Economics and Human Biology*, 16: 73–80.
- Mills, P. R., Tomkins, S. C., & Schlangen, L. J. M. 2007. **The effect of high correlated colour temperature office lighting on employee wellbeing and work performance.** *Journal of Circadian Rhythms*, 5: 1–9.
- Moreno, C. R. C., Vasconcelos, S., Marqueze, E. C., Lowden, A., Middleton, B., Fischer, F. M., Louzada, F. M., & Skene, D. J. 2015. **Sleep patterns in Amazon rubber tappers with and without electric light at home.** *Scientific Reports*, 5: 1–11.
- Mottram, V., Middleton, B., Williams, P., & Arendt, J. 2011. **The impact of bright artificial white and “blue-enriched” light on sleep and circadian phase during the polar winter.** *Journal of Sleep Research*, 20 (1 PART II): 154–161.
- Münch, M., & Bromundt, V. 2012. **Light and chronobiology: Implications for health and disease.** *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 14: 448–453.

Münch, M., Linhart, F., Borisuit, A., Jaeggi, S. M., & Scartezzini, J.-L. 2012. **Effects of prior light exposure on early evening performance, subjective sleepiness, and hormonal secretion.** Behavioral Neuroscience, 126: 196–203.

Nasrollahi, N., & Shokri, E. 2016. **Daylight illuminance in urban environments for visual comfort and energy performance.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, 66: 861–874.

Nejati, A., Rodiek, S., & Shepley, M. 2016. **Using visual simulation to evaluate restorative qualities of access to nature in hospital staff break areas.** Landscape and Urban Planning, 148: 132–138.

Nordin, K., & Petersson, V. 2015. **Dagsljus i Miljöbyggnad. En studie om dagsljusets relevans och del i certifieringsprocessen.** Akademin för teknik och miljö, 139.

Nylén, P. 2012. **Syn och belysning i arbetslivet (1:1).** Prevent.

Osterhaus, W., Hemphälä, H., & Nylén, P. 2015. **Lighting at computer workstations.** Work, 52: 315–328.

Pachito, D. V., Eckeli, A. L., Desouky, A. S., Corbett, M. A., Partonen, T., Rajaratnam, S. M. W., & Riera, R. 2018. **Workplace lighting for improving mood and alertness in daytime workers.** Cochrane Database of Systematic Reviews, (3).

Parsons, M. J., Moffitt, T. E., Gregory, A. M., Goldman-Mellor, S., Nolan, P. M., Poulton, R., & Caspi, A. 2015. **Social jetlag, obesity and metabolic disorder: Investigation in a cohort study.** International Journal of Obesity, 39: 842–848.

Partonen, T., & Lönnqvist, J. 2000. **Bright light improves vitality and alleviates distress in healthy people.** Journal of Affective Disorders, 57: 55–61.

Phipps-Nelson, J., Redman, J. R., Dijk, D.-J., & Rajaratnam, S. M. W. 2003. **Daytime Exposure to Bright Light, as Compared to Dim Light, Decreases Sleepiness and Improves Psychomotor Vigilance Performance.** Sleep, 26: 695–700.

Potter, G. D. M., Skene, D. J., Arendt, J., Cade, J. E., Grant, P. J., & Hardie, L. J. 2016. **Circadian Rhythm and Sleep Disruption : Causes , Metabolic Consequences , and Countermeasures.** Endocrine Reviews, 37: 584–608.

Radetsky, L. C., Rea, M. S., Bierman, A., Figueiro, M. G., 2017. **Circadian Disruption : comparing humans with mice** Chronobiology International, 30.

Rastad, C., Ulfberg, J., & Lindberg, P. 2008. **Light room therapy effective in mild forms of seasonal affective disorder-A randomised controlled study.** Journal of Affective Disorders, 108: 291–296.

- Rastad, C., Ulfberg, J., & Lindberg, P. 2011. **Improvement in fatigue, sleepiness, and health-related quality of life with bright light treatment in persons with seasonal affective disorder and subsyndromal SAD.** *Depression Research and Treatment*, 543906: 1-10.
- Rea, M. S. 2015. **Light - Much More Than Vision.** Rensselaer Polytechnic Institute, 1-16.
- Rea, M. S., & Figueiro, M. G. 2018. **Light as a circadian stimulus for architectural lighting.** *Lighting Research and Technology*, 50: 497-510.
- Rea, M. S., Figueiro, M. G., Bierman, A., & Bullough, J. D. 2010. **Circadian light.** *J Circadian Rhythms*, 8: 1-10.
- Rea, M. S., & Ouellette, M. J. 1991. **Relative visual performance: A basis for application.** *Lighting Research & Technology*, 23: 135-144.
- Roenneberg, T., & Mellow, M. 2016. **The circadian clock and human health.** *Current Biology*, 26: 432-443.
- Roenneberg, T., Wirz-justice, A., & Mellow, M. 2003. **Life between clocks : Daily temporal patterns of human chronotypes.** *J Biol Rhythms*, 18: 80-90.
- Rogers, P., & Tillberg, M. 2015. **En genomgång av svenska dagsljuskraV, SBUF 12996, 1-63.**
- Rångtall, F. H., Ekstrand, E., Rapp, L., Lagermalm, A., Liethof, L., Olaya, M., Lingfors, D., Broman, J., Schiöth, H. B., & Benedict, C. 2016. **Two hours of evening reading on a self-luminous tablet vs . reading a physical book does not alter sleep after daytime bright light exposure.** *Sleep Medicine*, 23: 111-118.
- Samel, A., & Gander, P. 1995. **Bright light as a chronobiological countermeasure for shiftwork in space.** *Acta Astronautica*, 36: 669-683.
- Savides, T. J., Messin, S., Senger, C., & Kripke, D. F. 1986. **Natural Light Exposure of Young Adults.** *Physiology & Behavior*, 38: 571-574.
- SBU. 2007. **Ljusterapi vid depression samt övrig behandling av årstidsbunden depression, Uppdatering (166:2): 1-14.** Retrieved from <http://www.sbu.se/sv/Publicerat/Gul/Ljusterapi-vid-depression-samt-ovrig-behandling-av-arstidsbunden-depression/>
- SBUF, Rogers, P., Tillberg, M., Bialecka_Colin, E., Österbring, M., & Mars, P. 2015. **En genomgång av svenska dagsljuskraV, ID: 12996: 1-158.**
- Scheuermaier, K., Laffan, A. M., & Duffy, J. F. 2010. **Light exposure patterns in healthy older and young adults.** *Journal of Biological Rhythms*, 25: 113-122.

- Schweizer, C., David, R., Bayer-oglesby, L., Gauderman, W. J., Ilacqua, V., Juhani, M., Lai, H. K., Niewenhuijsen, M., & Künzli, N. 2007. **Indoor time – microenvironment – activity patterns in seven regions of Europe**. Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology, 17: 170–181.
- Sharkey, K. M., Carskadon, M. A., Figueiro, M. G., Zhu, Y., & Rea, M. S. 2011. **Effects of an advanced sleep schedule and morning short wavelength light exposure on circadian phase in young adults with late sleep schedules**. Sleep Medicine, 12: 685–692.
- SIS. 2018. **Dagsljus i byggnader**. Svensk Standard SS-EN 17037:2018.
- SMHI. 2015. **Solstrålning i Sverige**. Retrieved from <http://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/solstralning-i-sverige-1.89984>
- Smolders, K. C. H. J., de Kort, Y. A. W., & Cluitmans, P. J. M. 2012. **A higher illuminance induces alertness even during office hours: Findings on subjective measures, task performance and heart rate measures**. Physiology and Behavior, 107: 7–16.
- Stansfeld, S., & Candy, B. 2006. **Psychosocial work environment and mental health - A meta-analytic review**. Scandinavian Journal of Work, Environment and Health, 32: 443–462.
- Stevens, R. G., & Rea, M. S. 2001. **Light in the Built Environment : Potential Role of Circadian Disruption in Endocrine Disruption and Breast Cancer**. Cancer Causes and Control, 12: 279–287.
- Sun, J., Li, Z., & Xiao, F. 2017. **Analysis of Typical Meteorological Year selection for energy simulation of building with daylight utilization**. Procedia Engineering, 205: 3080–3087.
- Sundborg, B. 2016. **Licentiate Thesis: Energy Savings by Using Daylight for Basic Urban Shapes With a Case Study of Three Different Street Types**. KTH Royal Institute of Technology, Department of Urban Planning & Environment.
- Thapan, K., Arendt, J., & Skene, D. J. 2001. **An action spectrum for melatonin suppression : evidence for a novel non-rod , non-cone photoreceptor system in humans**. Journal of Physiology, 535: 261–267.
- Tregenza, P., & Wilson, M. 2011. **Daylighting: Architecture and Lighting Design**. Routledge.
- Turner, P. L., & Mainster, M. A. 2008. **Circadian photoreception : ageing and the eye ' s important role in systemic health**. Br J Ophthalmol, 92: 1439–1444.
- Ulrich, R. 1991. **Effects of interior design on wellness: theory and recent scientific research**. Journal of Health Care Interior Design, 3: 1068–1132.

- Veitch, J. A., Newsham, G. R., Boyce, P. R., & Jones, C. C. 2008. **Lighting appraisal, well-being, and performance in open-plan offices: A linked mechanisms approach.** *Lighting Research and Technology*, 40: 133-151.
- Viola, A. U., James, L. M., Schlangen, L. J. M., & Dijk, D. 2008. **Blue-enriched white light in the workplace improves self-reported alertness, performance and sleep quality.** *Scand J Work Environ Health*, 34: 297-306.
- Waterhouse, J., Minors, D., Folkard, S., Owens, D., Atkinson, G., MacDonald, I., Reilly, T., Sytnik, N., & Tucker, P. 1998. **Light of domestic intensity produces phase shifts of the circadian oscillator in humans.** *Neuroscience Letters*, 245: 97-100.
- Wood, B., Rea, M. S., Plitnick, B., & Figueiro, M. G. 2013. **Light level and duration of exposure determine the impact of self-luminous tablets on melatonin suppression.** *Applied Ergonomics*, 44: 237-240.
- Wright, K. P., Mchill, A. W., Birks, B. R., Griffin, B. R., Rusterholz, T., & Chinoy, E. D. 2013. **Report Entrainment of the Human Circadian Clock to the Natural Light-Dark Cycle.** *Current Biology*, 23: 1554-1558.
- Zadeh, R. S., Shepley, M. M., Williams, G., Sung, S., & Chung, E. 2014. **The Impact of Windows and Daylight on Acute-Care Nurses' Physiological, Psychological, and Behavioral Health.** *Health Environments Research and Design Journal*, 7: 35-61.
- Zadeh, S. R., Shepley, M., Sadatsafavi, H., Owora, A. H., & Krieger, A. C. 2017. **Alert Workplace From Healthcare Workers' Perspective: Behavioral and Environmental Strategies to Improve Vigilance and Alertness in Healthcare Settings.** *HERD: Health Environments Research & Design Journal*, X: 1-17.

Bilaga 1. Nuvarande föreskrifter

Nuvarande föreskriftskrav gällande dagsljus i AFS 2009:2

9 § Vid stadigvarande arbetsplatser, i arbetslokaler och personalutrymmen som är avsedda att vistas i mer än tillfälligt, ska det normalt finnas tillfreds-ställande dagsljus och möjlighet till utblick.

Allmänna råd

Till 9 § Tillgång till dagsljus och utblick är en viktig del i en god arbetsmiljö. Rikligt dagsljus och god utblick bör därför eftersträvas. Varje del av verksamheten som kan utföras i dagsljus bör placeras i lokal med fönster.

Dagsljus har förutom som belysning ett egenvärde. Dagsljus är positivt för hälsotillståndet genom att ge fysiologiskt nödvändig stimulans för människans dygns- och årsrytmer, orientering i tid och rum samt naturlig uppfattning av rummets och föremåls skiftningar i färg och form.

Tillgången till dagsljus beror bland annat av fönstrens utformning, orientering, storlek och placering i höjd. För arbetslokal med rumsdjup mindre än 6–8 m kan väggfönster oftast ge tillfredsställande dagsljus om fönsterglasarean uppgår till ca 10 % av golvarean. Större glasarea kan behövas till exempel om andra byggnader skärmar av dagsljuset. Andra lösningar kan bli aktuella för höga eller djupa rum. Sekundärt ljus, som fås genom fönster från annat, direkt belyst utrymme kan ibland ge godtagbart dagsljus.

I vissa fall kan dagsljus inte komma ifråga på grund av verksamhetens art. Exempel på fall då dagsljus helt eller delvis brukar kunna utelämnas är: lokal för fotografiska arbeten, bergverkstad, kraftstation förlagd under jord, lagerlokal i källarvåning, servicelokal för underjordisk anläggning om loka-len måste ligga i anslutning till anläggningen, frys- och kylrum, affärscentra med stor golvyta samt lokal där det för att erhålla en fullgod produkt är nödvändigt att ha en liten fönsteryta, till exempel för att hålla lufttemperatur och luftfuktighet i lokalen konstanta.

I arbetslokal utan fönster är det viktigt att särskild omsorg ägnas åt den artificiella belysningen, ventilationen, inredningen och färgsättningen. Det är dock direkt olämpligt att montera ljuskällor inom synfältet i syfte att uppnå ljusterapieffekter under arbetets gång eftersom detta oftast skapar stark bländning.

Om dagsljus saknas i arbetslokalerna är det särskilt viktigt att utrymmen för raster och pauser har fönster.

I vissa fall är tillgång till dagsljus och utblick av mindre betydelse och kan utelämnas. Detta gäller exempelvis personalutrymmen som klädrum, omklädningsrum, torkrum, tvätt- och duschrum och toaletterum, utrymmen där man normalt vistas under mycket kort tid.

Förutom att vara källa för dagsljus ger fönstren möjlighet till utblick. Utblicksfönster ger kontakt med omgivningen med syfte att ge information för orientering, upplevelse av väder och årstid, omväxling för att motverka tröttnande enformighet och en minskad känsla av instängdhet. Känslan av instängdhet kan uppstå särskilt i mindre lokaler och lokaler med liten rumshöjd.

Med fönster som ger utblick avses normalt placerade väggfönster mot det fria. Ibland kan också högt placerade väggfönster eller takfönster ge värdefull kontakt med omvärlden.

Om inte direkt utblick är möjlig upplevs det normalt som värdefullt att kunna se ut över ett dagsljusbelyst rum.

av.se

Vår vision: Alla vill och kan skapa en bra arbetsmiljö

